

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده‌ی قطعات داغ نیروگاهی

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر مهرداد آقایی

✦ مهندس فرید بشیری

✦ مهندس صفر علی خطیر

✦ مهندس محمد تقی سلیمانی

✦ مهندس پرویز فردنیا

✦ مهندس خسرو قیوم

✦ دکتر سید ابراهیم موسوی ترشیزی

✦ مهندس محسن مهدی‌زاده

✦ مهندس اسماعیل نمازی

مدیر پروژه: مهندس معصومه رعیت‌پور

گروه پژوهشی متالورژی

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

طبق گزارشات شرکت توانیر مجموع توان تولیدی برق کشور در سال ۹۱، ۶۸ هزار و ۹۳۲ مگاوات بوده است که در این میان ۵۷ هزار و ۵۴۱ مگاوات از کل ظرفیت تولید برق کشور مربوط به نیروگاههای حرارتی، هزار و بیست مگاوات نیروگاه اتمی، ۹ هزار و ۶۸۶ مگاوات واحدهای برق آبی، ۲۱۹ مگاوات انرژیهای نو و ۴۶۶ مگاوات مربوط به نیروگاههای مولد مقیاس کوچک یا تولید پراکنده است [۱]. با توجه به آمار ارائه شده نقش نیروگاههای حرارتی در تولید برق کشور روشن می‌گردد. این نوع نیروگاهها از اجزای متفاوتی تشکیل شده‌اند که قطعات داغ آنها به دلیل قرارگیری در شرایط دشوار کاری در معرض انواع آسیب قرار دارند. در واقع این قطعات به دلیل شرایط پیچیده، همواره در معرض تخریب‌های ناگهانی قرار دارند. مکانیزم‌های تخریبی مانند خزش، خستگی، خوردگی، ذرات خارجی و برهم کنش این عوامل، می‌تواند عمر این قطعات را به شدت کاهش دهد.

هرچند پیش‌بینی عمر این قطعات، معمولاً توسط شرکت سازنده صورت می‌پذیرد. اما استفاده غیر استاندارد از نیروگاهها، تغییرات غیر قابل پیش‌بینی در سیکل بهره‌برداری و تغییرات ریزساختاری که منجر به تغییر در خواص می‌شود، سبب شده این قطعات معمولاً به عمر پیش‌بینی شده خود نرسند. این تخریب‌های زود هنگام در شرایط پیش‌بینی نشده می‌تواند از جنبه‌های مختلف ضررهای هنگفتی متوجه نیروگاهها کند. هزینه مواد که از جنس آلیاژهای گرانبه و دارای عناصر تشکیل دهنده استراتژیک هستند و پیچیدگی روشهای تولید آنها، آسیب دیدن سایر قطعات و از کار افتادگی نیروگاه، از جمله مشکلاتی است که در شرایط تخریب غیرقابل پیش‌بینی به وجود می‌آید. مجموعه توضیحات فوق به خوبی اهمیت آگاهی از عمر مصرف شده و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاههای حرارتی را مشخص می‌کند. از طرفی ممکن است برخی اجزا هنوز دچار آسیب نشده و امکان بکارگیری آنها فراهم باشد که این مساله می‌تواند به لحاظ اقتصادی کمک شایانی به بهره‌برداران بنماید. از اینرو امروزه مبحث عمر باقیمانده تجهیزات نیروگاهی به عنوان یک محور مهم در برنامه‌ریزی کلان کشورهای صنعتی به دلیل جنبه‌های اقتصادی و حتی سیاسی آن مطرح بوده و محققین و دانشمندان بسیاری در کشورهای مختلف جهان مشغول فعالیت در این زمینه می‌باشند. حساسیت و پیچیدگی این مسئله به قدری است که از آن نه تنها به عنوان یک موضوع آکادمیک و یا یک فعالیت صرفاً تحقیقاتی بلکه به عنوان تکنولوژی برآورد عمر باقیمانده نام برده می‌شود. این مسئله به خصوص وقتی بیشتر اهمیت می‌یابد که دریابیم روز به روز بر تعداد نیروگاههایی که مدت زمان زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و حتی بعضی عمر طراحی خود را نیز سپری کرده‌اند، اضافه می‌شود. لذا پروژه حاضر تحت عنوان "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی" در دست اجراست.

فهرست مطالب

۲	۱- تدوین مبانی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....
۳	۱-۱- تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند.....
۴	۱-۱-۱- تبیین سطح تحلیل.....
۶	۱-۱-۲- تبیین افق زمانی تحلیل.....
۷	۱-۱-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی.....
۹	۱-۲- تبیین مشخصه های فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....
۹	۱-۲-۱- ابعاد ماهیت.....
۱۴	۱-۲-۲- چرخه عمر.....
۱۵	۱-۳- ضرورت توسعه و دلایل توجیه پذیری طرح فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....
۱۵	۱-۳-۱- دلایل فنی.....
۱۶	۱-۳-۲- دلایل سیاسی.....
۱۸	۱-۳-۳- اقتصادی.....
۲۱	۱-۴- زیست محیطی.....
۲۲	۱-۵- دلایل قانونی.....
۳۲	۱-۴- مراجع.....
	پیوست: معرفی شرکتهای خارجی فعال در زمینه تخمین عمر قطعات داغ.....

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- پراکندگی نیروگاههای بخاری داخل کشور ۵

شکل ۱-۲- پراکندگی نیروگاههای گازی داخل کشور ۵

شکل ۱-۳- پراکندگی نیروگاههای چرخه ترکیبی داخل کشور ۶

مقدمه

از آنجا که پژوهشگاه نیرو قصد ورود به حوزه مدیریت تحقیقات و تثبیت جایگاه خود در این خصوص را دارد، شناسایی فناوری‌های مورد نیاز صنعت برق و انرژی ضروری بوده و نتایج آن به عنوان مدارک پشتیبان جهت فعالیتهای آتی به کار گرفته خواهد شد. از جمله طرحهای مطرح در این زمینه طرح تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی است.

به کمک نتایج این طرح می‌توان اطلاعات مناسبی در اختیار مدیران صنعت برق و انرژی، به منظور برنامه‌ریزی جهت تعمیر و یا تعویض و خرید قطعات جایگزین ارائه داد و از تخریب‌های ناگهانی و توقف‌های بی‌برنامه جلوگیری نمود. همچنین نتایج این طرح بستر مناسبی برای جهت دادن به پروژه‌های مختلف در حوزه اکتساب فناوری تخمین عمر ایجاد می‌نماید. در این راستا پروژه حاضر با هدف تدوین سند راهبردی تخمین عمر انجام شده است.

امید است فعالیتهای صورت گرفته راهگشای مناسبی برای انجام فعالیتهای گسترده، هدفمند و مفید در زمینه تخمین عمر قطعات داغ نیروگاههای حرارتی باشد.

تدوین مبانی سند توسعه فناوری ارزیابی
وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ
نیروگاهی

۱-۱- تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند

در دنیای امروز انرژی از مسائل اساسی و زیربنایی است و ساختار اقتصادی و سیاسی کشورها به چگونگی دسترسی به انرژی، نحوه مصرف و قیمت آن بستگی دارد. در کشورهای مختلف با سطوح اقتصادی متفاوت، اعم از توسعه یافته و در حال توسعه، انرژی و مسائل مربوط به آن در کلیه جهت‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های توسعه عمیقاً تأثیرگذار است. در حال حاضر در کلیه کشورها موتور محرک هرگونه تحول اقتصادی، امنیت انرژی و سهولت دسترسی به آن می‌باشد. انرژی الکتریکی در بین گونه‌های مختلف انرژی به دلایل متعدد از جمله پاک بودن، سهولت مصرف و امکان تبدیل به انواع دیگر انرژی از ویژگی‌های مطلوب و منحصر به فرد برخوردار است.

در واقع برق به عنوان صنعت زیر بنایی در فرآیند توسعه اقتصادی کشور و ایجاد زیرساخت‌های توسعه نقشی ارزنده و اساسی دارد و بسترهای لازم را برای پویایی و رشد کشور در زمینه‌های گوناگون اقتصادی، صنعتی، فرهنگی و اجتماعی فراهم می‌سازد. از این رو حرکت مستمر کشور در مسیر توسعه اقتصادی و ارتقاء سطح رفاه اجتماعی، تلاش مداومی را در افزایش ظرفیت تولید انرژی برق طلب می‌کند.

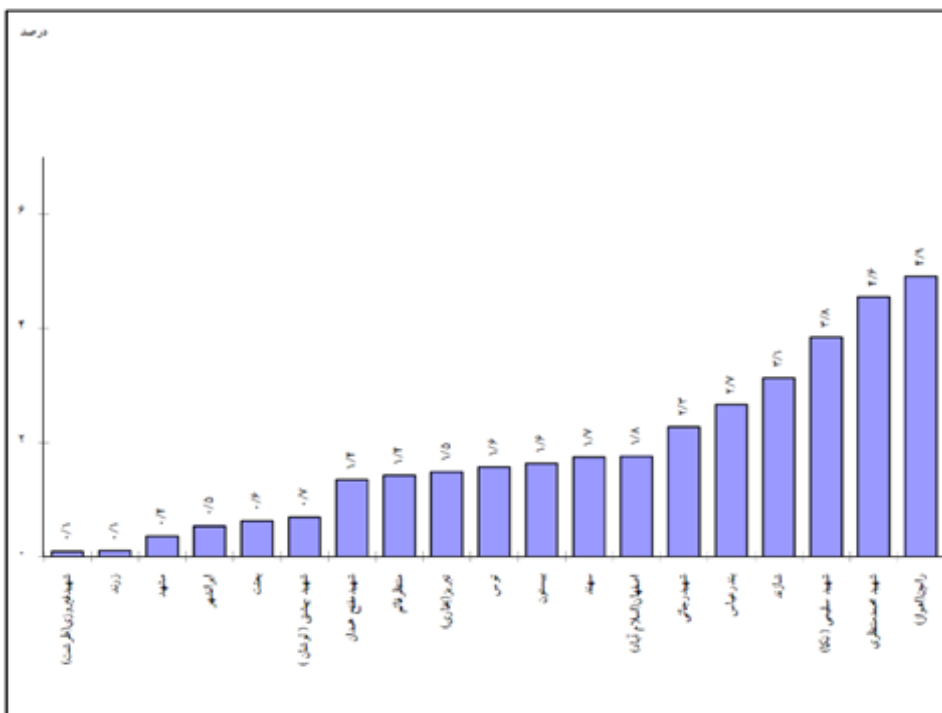
تاریخچه پرفراز و نشیب صنعت برق ایران نمایانگر یک قرن تلاش دست اندرکاران در جهت توسعه کمی و کیفی این صنعت است به طوری که در طول این سال‌ها و به خصوص پس از پیروزی انقلاب اسلامی، بی وقفه شاهد تحولات و پیشرفت‌های چشمگیر در عرصه‌های گوناگون صنعت برق کشور بوده‌ایم که این امر حاصل تلاش و کوشش خستگی ناپذیر نیروهای توانمند داخلی است.

اکنون صنعت برق کشور پس از سالیان متمادی درصدد گشودن دریچه‌های نو و بالندگی افزون‌تر است. پی‌ریزی بازار برق و توجه به مسایل زیست محیطی، افزایش بهره‌وری، بهینه‌سازی تاسیسات موجود از جمله اقدامات مهمی است که در سال‌های اخیر از سوی کارگزاران این صنعت مادر با جدیت دنبال می‌شود. در این راستا پروژه حاضر با هدف تدوین سند راهبردی ارزیابی

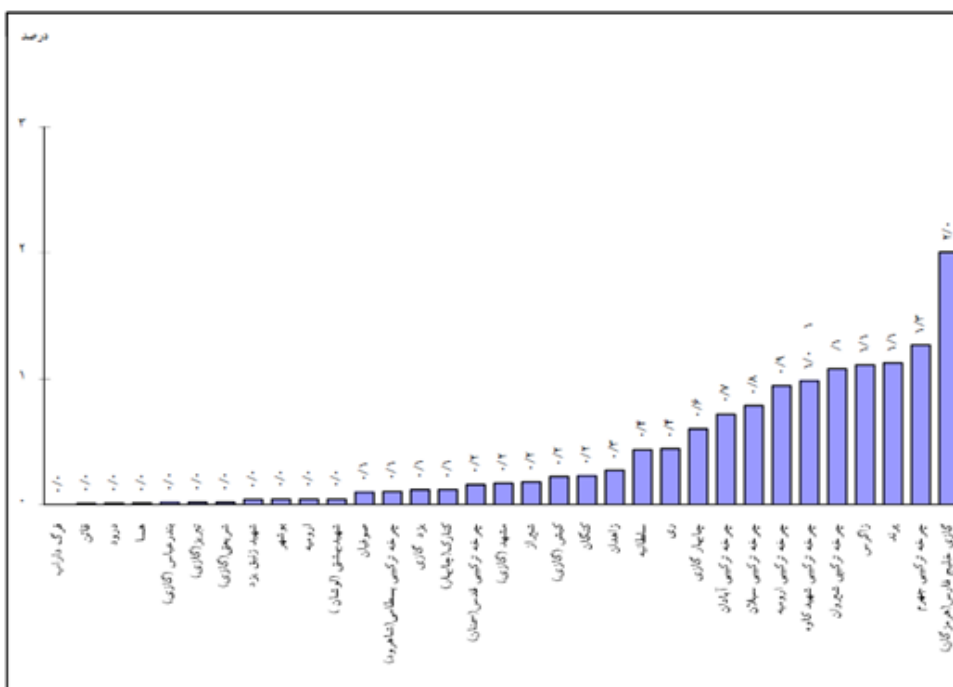
وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تعریف شده است تا با برنامه‌ریزی دقیق، امکان فعالیت‌های هدفمند در جهت تخمین عمر قطعات و به دنبال آن افزایش بهره‌وری، بهینه‌سازی تاسیسات و تامین مطمئن برق میسر گردد.

۱-۱-۱- تبیین سطح تحلیل

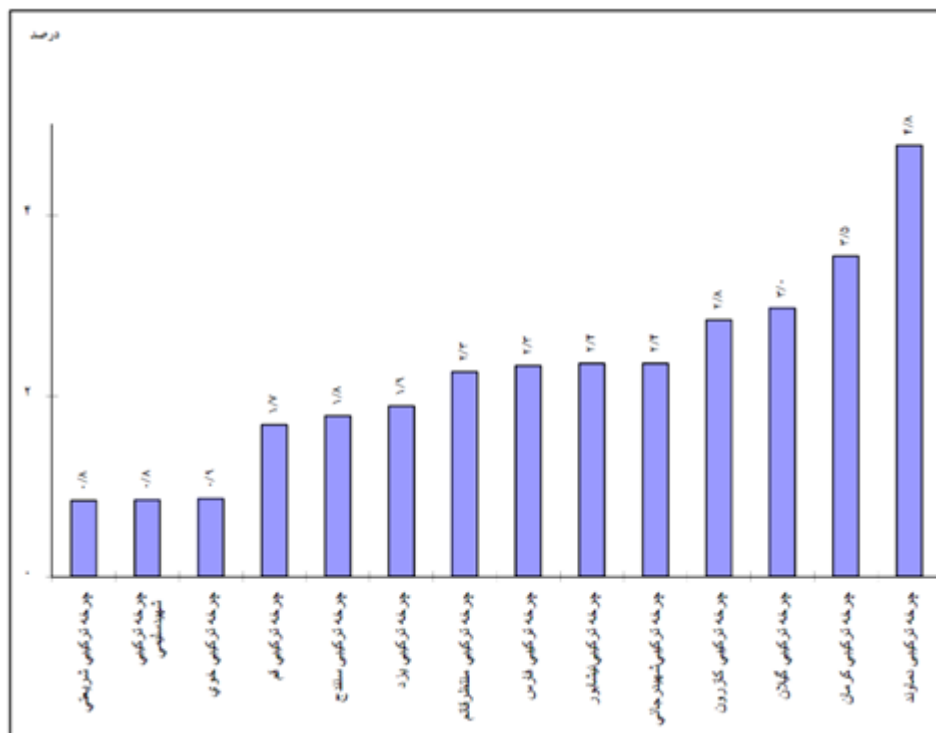
تامین انرژی الکتریکی به عنوان یک رکن راهبردی، اساس توسعه فرهنگی، اجتماعی، علمی و صنعتی هر کشوری می باشد. به همین جهت صنعت برق در اسناد بالادستی و برنامه های توسعه‌ای، خصوصاً آخرین برنامه توسعه جمهوری اسلامی ایران در ابعاد وسیع و از جنبه های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. جایگاه بخش تولید در صنعت برق، جایگاهی ممتاز و مهم به شمار می آید. حجم سرمایه‌گذاری انجام شده و سطح تکنولوژی و دانش فنی بکار گرفته شده در این بخش از شاخص‌های نشان دهنده سطح این اهمیت می‌باشند. در این راستا نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی عمده برق مورد نیاز کشور را تولید می‌نمایند. نیروگاه‌های مذکور با طراحی‌های مختلف، عمر کارکرد مختلفی داشته و در استانهای مختلف ایران توسعه یافته‌اند. پراکندگی نیروگاه‌های حرارتی داخل کشور به شرح زیر است.



شکل ۱-۱ - پراکندگی نیروگاههای بخاری داخل کشور



شکل ۱-۲ - پراکندگی نیروگاههای گازی داخل کشور



شکل ۱-۳- پراکندگی نیروگاههای چرخه ترکیبی داخل کشور

با در نظر داشتن پراکندگی نیروگاههای حرارتی در داخل کشور، پروسه تخمین عمر قطعات حساس نیروگاههای حرارتی به عنوان یک طرح ملی مطرح است و با توجه به گستردگی قطعات و آلیاژهای مورد استفاده در آنها لازم است که به صورت برنامه ریزی شده جهت دستیابی به دانشی که توسط آن امکان تخمین عمر کلیه قطعات با هر نوع تنوع آلیاژی و شرایط کارکرد، فراهم گردد، تلاش کرد. در واقع همانگونه که در سایر کشورها اعم از پیشرفته و در حال پیشرفت، فعالیتهای روزافزونی جهت دستیابی به این دانش صورت می گیرد، لازمست که در کشور ما و در سطح ملی نسبت به این امر اقدام گردد.

۱-۱-۲- تبیین افق زمانی تحلیل

با توجه به اینکه فن آوری تخمین عمر به عنوان یک طرح ملی مطرح است، هدایت مسیر توسعه این طرح و هدف گذاری و تدوین سیاست اجرایی آن لازمه توسعه موفق طرح می باشد. هدف کلان این طرح شناسایی نظام مند حوزههای فناورانه

راهبردی و نیز ارائه سیاست‌ها، راهبردها، راه‌کارها و برنامه‌های ساختار یافته برای توسعه حوزه تخمین عمر است. تا بر این اساس با استخراج اولویتها و تدوین برنامه‌های لازم طرح تخمین عمر به صورت هدفمند و با حداکثر توان علمی لازم بهترین نتیجه را کسب نماید. در واقع هدف از در نظر گرفتن افق زمانی برای فناوری تخمین عمر، برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال می‌باشد تا کلیه فعالیتهای مرتبط با فناوری مذکور به صورت هدفمند و با برنامه پیشرفت نمایند. یکی از ورودیها برای تعیین افق زمانی تحلیل، اسناد بالادستی می‌باشد از اینرو با استناد به اسناد بالادستی نظیر سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و برنامه راهبردی بلند مدت وزارت نیرو که از سال ۸۵ در سطح ستاد وزارتخانه و شرکت‌های مادر تخصصی در جریان است. با توجه به اهداف ذکر شده در سند ۱۴۰۴ و در نظر داشتن نقش و سهم فناوری تخمین عمر در تامین اهداف این سند (به خصوص تامین رفاه اجتماعی، خود اتکایی، توسعه پایدار کشور از طریق تامین برق مورد نیاز صنایع مختلف، ایجاد تعادل بین منابع و مصارف و...) لازم است فناوری تخمین عمر جهت تحقق اهداف اسناد مذکور توسعه داده شود. فلذا افق زمانی میان مدت (ده ساله) برای این فناوری در نظر گرفته می‌شود.

در این برنامه‌ریزی لازم است روند آتی نیروگاههای حرارتی، اتفاقات ممکن، تغییرات محتمل که به نوعی می‌توانند بر فرآیند تصمیم‌گیری تأثیر داشته باشند لحاظ شوند. بدین ترتیب امکان انجام فعالیت‌های مفید در توسعه این فناوری فراهم خواهد شد.

۱-۱-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی

سیستم، یک مفهوم نظری قابل پیاده‌سازی در زمینه‌های کاربردی مختلف است. بر این اساس، تعریف سیستم در هر زمینه کاربردی ضروری است. یکی از اصلی‌ترین راه‌های تعریف یک سیستم، مرزبندی آن است. مرزبندی نظام نوآوری باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری برخوردار باشد. بنابراین به عنوان مهمترین بعد از فاز تحلیل مدیریت فرآیند گذرا، ضروری است تا به مرزبندی سیستم مورد مطالعه پرداخته شود.

در مبحث ارزیابی وضعیت و تعیین عمر باقیمانده قطعات داغ، لازم است با اشراف کامل بر اجزای آسیب‌پذیر نیروگاههای حرارتی که در معرض دمای بالا قرار دارند، نسبت به شناسایی این اجزا جهت برنامه‌ریزی‌های آتی اقدام گردد. در این راستا

جهت شناسایی قطعات داغ نیروگاهی که لازم است نسبت به ارزیابی عمر آنها اقدام شود، قطعات در دو دسته کلی اجزای نیروگاههای گازی و نیروگاههای بخاری تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) قطعات داغ نیروگاههای گازی

قطعات داغ نیروگاههای گازی شامل کلیه اجزای سیستم احتراق از قبیل لاینر، ترانزیشن پیس، میکسینگ چمبر، اینرکیسینگ و... در کنار کلیه اجزای بکار رفته در توربین گاز اعم از پره‌های ثابت و متحرک، روتور، شروود سگمنتها و پیچها، می‌باشند. اجزای مذکور در هر واحد نیروگاهی شرایط طراحی، نوع آلیاژی و شرایط کارکرد خاص خود و در نتیجه مکانیزمهای تخریبی خاص خود را دارا می‌باشند.

ب) نیروگاههای بخاری

در نیروگاههای بخاری مهمترین قطعاتی که نیاز به تخمین عمر دارند شامل اجزای مختلف بویلر و توربین هستند که به شرح زیر می‌باشند.

مهمترین اجزای بویلر شامل لوله‌های بویلر اعم از واتروالها، لوله‌های سوپرهیتر، کلیه ری‌هیترها، کلیه هدرها، درام و لوله‌های بخار می‌باشند.

مهمترین اجزای توربین نیز شامل پره‌های توربین، روتور، پوسته‌ها، انواع ولوها، جعبه‌های بخار، پوسته‌ها و پیچها می‌باشند.

بر حسب نوع نیروگاه بخاری، نوع آلیاژهای بکار رفته در قسمتهای مختلف توربین و بویلر متفاوت بوده که هر یک بطور جداگانه نیاز به بررسی دارند.

۱-۲- تبیین مشخصه های فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

فناوری در مجموعه‌ای از ابزار، مهارت‌ها، دانش و اطلاعات جلوه می‌کند که به اجزای فناوری معروف هستند. نه تنها عدم حضور یکی از این اجزا، بلکه عدم هماهنگی میان آنها در کارایی و اثربخشی فناوری موثر است. این تعریف می‌تواند گستره‌ی وسیعی از فناوری‌ها را تحت پوشش قرار دهد. وجود برداشت‌های مختلف از فناوری بر عدم قطعیت در تدوین گام‌های ضروری در سند ملی توسعه فناوری می‌افزاید. برای مهار این عدم قطعیت ضروری است تا به ارائه یک طبقه‌بندی از ابعاد فناوری پرداخته شود.

هر فناوری را می‌توان بر حسب ویژگی‌های متمایز کننده در گروه و دسته‌ای از فناوری‌ها جای داد. به منظور داشتن نتایج به دور از انحراف از واقعیت، اسناد راهبردی باید بر اساس ویژگی‌های خاص هر گروه فناوری تنظیم گردد. به عبارت دیگر لازم است تا از ابزارهای سیاست‌گذاری و نیز روش‌شناسی‌های تدوین راهبرد متناسب با هر گروه فناوری استفاده گردد. برای محقق شدن این هدف، ضروری است تا جایگاه فناوری مورد نظر را با ارائه یک طبقه‌بندی از مفهوم فناوری معین نمود.

در طبقه‌بندی فناوری از ابعاد مختلف، فناوری‌های دارای مشخصات مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. این کار تصمیم‌گیری در مورد فناوری‌های هم‌گروه را در مراحل بعدی تدوین اسناد ملی فناوری تسهیل خواهد نمود. در واقع بررسی جایگاه فناوری از ابعاد ماهیت و چرخه عمر و تصویری از خصوصیات فناوری ارائه می‌نماید. آگاهی از این مشخصه‌ها بر نوع تصمیم‌گیری در مراحل بعدی تدوین سند اثرگذار خواهد بود.

۱-۲-۱- ابعاد ماهیت

الف) سابقه فناوری

یکی از مسائل مطرح در خصوص مشخصه‌های هر فناوری، سابقه حضور فناوری و شکل‌گیری آن می‌باشد. بر اساس سابقه حضور، فناوریها به دو دسته فناوری‌های موجود و فناوریهای نوین تقسیم می‌شوند. فناوری جدید به فناوری گفته می‌شود که برای اولین بار مورد استفاده قرار می‌گیرد و فناوریهایی که بازار آنها شکل گرفته است را می‌توان در جرگه فناوریهای موجود دانست. شایان ذکر است که در این تقسیم‌بندی لازم نیست که فناوری نوین لزوماً نو ظهور باشد بلکه می‌تواند سالها قبل خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد.

با توجه به نحوه مرزبندی فناوریهای موجود و نوین لازمست که جهت گنجاندن فناوری تخمین عمر در یکی از این دو گروه (فناوری نوین و فناوری موجود) نگاهی به سوابق فعالیتهای صورت گرفته در این زمینه داشته باشیم. در کشورهای پیشرفته از مدتها قبل در باره موضوع برآورد عمر باقیمانده قطعات بحرانی نیروگاه کار کرده و سمینارها و کنفرانسهای متعددی برگزار نموده‌اند. اما این موضوع در کشور ما نسبتاً جدید بوده و فعالیتهای پراکنده‌ای در این زمینه صورت گرفته است. در نگاه اول به نظر می‌رسد که فناوری تخمین عمر در دسته فناوریهای موجود در داخل کشور است چرا که بارها و بارها در این خصوص بحث شده است و حتی پروژه‌هایی در این زمینه انجام شده‌اند. در حالیکه اگر کمی عمیق‌تر به موضوع نگاه کنیم و نظر متخصصین امر را در این زمینه جویا شویم درمی‌یابیم که لازمست با در نظر داشتن تنوع آلیاژهای بکار رفته در اجزای مختلف و تنوع روشهای تخمین عمر هر قطعه و تعدد قطعات اظهار نظر صورت گیرد. با بررسی فعالیتهای صورت گرفته در خارج کشور و مقایسه آن با فعالیتهای داخلی مشخص می‌شود که درصد بسیار ناچیزی از این فناوری در داخل کشور موجود است. در واقع این فناوری در مرحله رشد خود قرار داشته و جهت دستیابی به نتایج مطلوب نیاز به صرف وقت و هزینه بسیار زیادی دارد. با توجه به عمر کارکرد نیروگاههای موجود (اعم از صنایع نیروگاهی، نفتی و شیمیایی فعال) و وقفه‌های ایجاد شده در ساخت نیروگاههای جدید، اهمیت توجه به موضوع تخمین عمر بیش از پیش نمایان می‌گردد.

(ب) ساده و یا پیشرفته بودن فناوری

جهت اظهار نظر در خصوص ساده و یا پیشرفته بودن هر فناوری یکسری معیارهایی مطرح می‌باشند. به عنوان مثال در صورتی که فناوری پیچیده باشد، هزینه تحقیق و توسعه آن زیاد باشد، فناوری سهم بسزایی در قیمت تمام شده خدمات یا کالا

داشته باشد و علاوه بر این فناوری علم محور باشد، از نشانه‌های یک فناوری پیچیده است در غیر اینصورت فناوری در جرگه فناوریهای ساده در می‌آید. در خصوص فناوری تخمین عمر نیز پارامترهای مطرح شده در فوق، ذیلاً به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

فناوری مجموعه‌ای از فرایندها، روش‌ها، فنون، ابزار، تجهیزات، ماشین‌آلات و مهارت‌هایی است که توسط آن‌ها کالایی ساخته شده و یا خدمتی ارائه می‌گردد. در فناوری تخمین عمر هدف ارائه خدمت است. این فناوری با وجود تنوع نیروگاه‌های موجود، طراحی‌های مختلف در تولید قطعات و گستردگی آلیاژهای مورد استفاده، تنوع ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در بخش‌های مختلف، تنوع خواص مکانیکی و فیزیکی آلیاژها، پیچیدگی روند تغییرات ایجاد شده در هر قطعه و هر آلیاژ به یک فناوری با پیچیدگی زیاد تبدیل شده است.

از طرفی با توجه به گران قیمت بودن برخی قطعات داغ از جمله سوپرآلیاژها، بالا بودن هزینه آزمایشات و بررسی‌های لازم جهت تخمین عمر و در برخی موارد طولانی بودن آزمایشات، پرهزینه بودن نمونه‌سازیه‌ها، در مجموع هزینه تحقیق و توسعه فناوری تخمین عمر بالا می‌باشد.

همچنین فناوری تخمین عمر بر پایه آزمایشات مختلف و یا بر اساس محاسبات مربوطه انجام می‌شود. در کلیه آزمایشات تنظیم شرایط آزمایش، نمونه‌برداری‌ها، نمونه‌سازیه‌ها، تحلیل‌ها، محاسبات و... بر مبنای استانداردها، مقالات، پتنت‌ها، دستورالعمل‌های سازندگان و سوابق تخریب قطعات صورت می‌گیرد. در واقع هر مرحله از فعالیتهای تخمین عمر نیاز به دستورالعمل خاص خود دارد. بر این اساس فناوری تخمین عمر یک فناوری علم محور است.

با توجه به ویژگی‌های ذکر شده برای فناوری تخمین عمر (پیچیدگی فناوری، بالا بودن هزینه تحقیق و توسعه، نقش زیاد آن در قیمت نیروگاه و بالطبع برق تولیدی و علم محور بودن آن) این فناوری در جرگه فناوریهای پیچیده می‌باشد.

ج) تناسب فناوری

فناوری مناسب به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً فناوری پیشرفته یا نو ظهور نیست. به عنوان مثال استفاده کارا و موثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکان‌پذیر است که زیرساختهای لازم و مهارت‌های انسانی مورد نیاز از قبل وجود داشته باشد. یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه این است که همواره می‌خواهند اختلاف سطح فناوری خود را با کشورهای پیشرفته از بین ببرند و این کار را از طریق انتقال فناوری‌های پیچیده و پیشرفته انجام می‌دهند. در بسیاری از موارد، شرایط لازم برای انجام انتقال در کشور گیرنده وجود ندارد. این در حالی است که فناوری‌های با درجه پیچیدگی کمتر ولی جدید می‌تواند به طور مؤثری آنها را در رسیدن به اهدافشان کمک نماید.

نیاز به فناوری تخمین عمر با توجه به توضیحات فوق و با در نظر داشتن عمر کاری نیروگاه‌های گازی و بخاری داخل کشور، کاملاً محسوس است علاوه بر این آگاه‌سازی بهره‌برداران به لزوم انجام تخمین عمر از طریق برگزاری سمینارها و کنفرانسها و ارائه مقالات و.... انجام گرفته است و دید روشنی نسبت به تجهیزات مورد نیاز این فناوری و روند تامین آنها وجود دارد و از برخی امکانات آزمایشگاهی موجود و تجربیات اولیه نیز می‌توان بهره جست. به نظر می‌رسد که زیرساخت اولیه لازم برای توسعه این فناوری تا حدودی فراهم گردیده است. اما مسائل و مشکلاتی نیز پیشرو قرار دارد. از جمله موارد زیر:

- نیروی انسانی
- مستندات و استانداردها و پتنت‌ها و....
- تجهیزات آزمایشگاهی و پرتابل
- نرم‌افزار

در نظر داشتن کمبودهای موجود در فناوری تخمین عمر، وضعیت این فناوری را روشن می‌سازد.

در خصوص تجهیزات آزمایشگاهی:

تجهیزات لازم برای تخمین عمر را می‌توان در دو دسته تجهیزات متداول و تجهیزات پیشرفته بررسی نمود. تجهیزات متداول تخمین عمر نیز در کشور ما به تعداد لازم و در برخی موارد با مشخصات فنی لازم وجود ندارد. در خصوص شناسایی و تامین تجهیزات پیشرفته نیز به دلیل سهولت کار با این تجهیزات و تاثیر آنها در افزایش سرعت و دقت فرآیند تخمین عمر، فعالیتهایی صورت گرفته است.

مستندات و استانداردها و پتنت‌ها و....:

در کشورهای پیشرفته با صرف وقت و هزینه زیاد اطلاعات گسترده‌ای در خصوص خواص مواد، روند تغییرات آنها و... صورت گرفته است به گونه‌ای که جهت تخمین عمر هر قطعه ضمن استفاده از آرشیوهای اطلاعاتی موجود، روال کار و آزمایشات کاملاً مشخص می‌باشد در حالیکه این اطلاعات بعضاً به صورت محرمانه بوده و منتشر نمی‌شوند و یا هزینه تهیه آنها بسیار زیاد است.

نیروی انسانی:

یکی دیگر از مهمترین عناصر فناوری تخمین عمر نیروی انسانی متخصص است. در کشور ما کمبود نیروی انسانی متخصص جهت برنامه‌ریزی و اجرای پروسه تخمین عمر، کاملاً محسوس است.

نرم‌افزار:

از دیگر مسائل مطرح در فناوری تخمین عمر بکارگیری نرم‌افزارهای پیشرفته است که در دو بخش تامین نرم‌افزارهای لازم و آموزش این نرم‌افزارها جهت بکارگیری آنها در مراحل مختلف پروسه تخمین عمر قابل بحث است. در این خصوص متأسفانه فعالیت قابل توجهی صورت نگرفته است.

با در نظر داشتن موارد مذکور می‌توان نتیجه گرفت که زیرساخت توسعه این فناوری تا حدودی فراهم شده؛ ولی لازمست فعالیتهای گسترده و هدفمندی در این زمینه صورت گیرد.

د) حوزه کاربرد فناوری: فناوری در محصول بکار میرود یا در فرآیند تولید محصول؟

یکی دیگر از مواردی که در تعیین ماهیت فناوری باید مشخص گردد اینست که فناوری مورد نظر در محصول بکار می‌رود یا در فرآیند تولید محصول؟ در خصوص فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، کاملاً واضح است که فناوری در فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۲-۲- چرخه عمر

با توجه به اهمیت فرآیند تخمین عمر، در کشورهای مختلف سرمایه‌گذاری عظیمی جهت این امر صورت گرفته است. در کشورهای پیشرفته از مدتها قبل درباره موضوع برآورد عمر باقیمانده قطعات بحرانی نیروگاه کار شده و سمینارها و کنفرانسهای متعددی برگزار شده و تجهیزات آزمایشگاهی گسترده‌ای در این زمینه فراهم نموده‌اند. با توجه به توسعه بازار تخمین عمر در کشورهای پیشرفته و تعدد و گستردگی شعبات شرکتهای فعال در این زمینه و در نظر داشتن سود حاصل از اجرای این فناوری، فناوری مذکور در کشورهای پیشرفته در مرحله بلوغ می‌باشد فعالیتهای ذکر شده در پیوست در خصوص توسعه شرکتهای مختلفی که در زمینه تخمین عمر فعالیت می‌نمایند نشان‌دهنده سوابق کاری گسترده در زمینه تخمین عمر است. گرچه انتظار می‌رود که با ظهور آلیاژهای جدید با خواص جدید و توسعه نیروگاههایی با طراحی جدید، این فناوری وارد مرحله جدیدی شود. اما این موضوع در کشور ما نسبتاً جدید بوده و فعالیتهای پراکنده‌ای در این زمینه صورت گرفته است. لذا جهت اظهار نظر دقیق‌تر در خصوص چرخه عمر این فناوری نیز می‌توان از دید مفهومی و مدیریتی به قضیه نگریست. در ایران شرکتهای معدودی هستند که در زمینه تخمین عمر فعالیت دارند و در واقع رقابت جدی در این زمینه بین شرکتهای وجود ندارد از طرفی با توجه روند افزایشی عمر کارکرد نیروگاهها، روز به روز بر تعداد نیروگاههایی که متقاضی فناوری مذکور هستند افزوده خواهد شد بنابراین درآمد حاصل از توسعه این فناوری روند افزایشی خواهد داشت همچنین با توسعه نیروگاههای جدید در سالهای آتی و توسعه آلیاژهای جدید لازمست فناوری مذکور مدام در حال توسعه و به روزرسانی باشد. با در نظر داشتن موارد مذکور می‌توان نتیجه گرفت که فناوری تخمین عمر در داخل کشور در ابتدای مرحله رشد قرار دارد.

۱-۳- ضرورت توسعه و دلایل توجیه پذیری طرح فناوری ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به محدودیت منابع انسانی و سرمایه لازم جهت پیشبرد تحقیقات و اسناد راهبردی، لازمست که دلایل اولویت داشتن هر طرح در قالب توجیهات فنی، اقتصادی، زیست محیطی، سیاسی و دلایل قانونی، مطرح گردد. در این راستا این بخش از گزارش به دلایل توجیهی اولویت داشتن سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی پرداخته است.

۱-۳-۱- دلایل فنی

با توجه به نقش عظیم نیروگاههای حرارتی در تولید برق کشور و با در نظر داشتن ساعات کارکرد این نیروگاهها توجه به مساله نگهداری و تعمیرات نیروگاهها اهمیت پیدا می کند. در مساله نگهداری قطعات حساس، اصلی ترین گام برآورد عمر باقیمانده است. در واقع قطعات به دلیل کارکرد در شرایط دما و تنش بالا، دارای عمر محدودی می باشند و در حین کار تحت تأثیر انواع آسیبهای متالورژیکی از قبیل خوردگی داغ، خزش، خستگی، برهم کنش خزش-خستگی و نظایر اینها قرار می گیرند. در طراحی اولیه میزان محدودی از این آسیبها در نظر گرفته شده است، اما با توجه به اینکه در عمل شرایط واحد با شرایط پیش بینی شده در طراحی اولیه بطور دقیق مطابقت نمی کند، هر واحد بر حسب نحوه بهره برداری تاریخچه خاصی دارد. عمر باقیمانده واحد یا قسمتهای مختلف آن را می توان با انجام آزمایشها و مطالعات مختلف، تعیین و با برنامه ریزی و پیش بینی لازم، از توقفهای غیرمترقبه جلوگیری نمود. از اینرو از لحاظ فنی انجام این پروژه در بردارنده مزایای زیر است:

اهداف تخمین عمر باقیمانده

جلوگیری از خروجهای اضطراری

جلوگیری از تعویض‌های غیرضروری

تنظیم مناسب فواصل بازرسی، تعمیر و تعویض

اصلاح و بهینه‌کردن شرایط بهره‌برداری

افزایش عمر واحد

استفاده مطلوب از امکانات موجود

پایدارسازی تولید

۱-۳-۲- دلایل سیاسی

قطعات دما بالای مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی به دلیل شرایط کارکرد (دما و تنش بالا) در معرض آسیب‌های مختلفی قرار دارند و جلوگیری از تخریب آنها اجتناب ناپذیر است. در حالیکه با بهره‌برداری مناسب و بازرسی‌ها و ارزیابی‌های به موقع امکان به تعویق انداختن تخریب میسر می‌گردد. در واقع با انجام بازرسی‌های لازم، ارزیابی و تخمین عمر قطعات و... می‌توان نسبت به شناسایی و رده‌بندی قطعاتی که نیاز به تعمیر و یا تعویض دارند، اقدام نمود. این امر سبب جلوگیری از خروج‌های اضطراری و استفاده مطلوب و مطمئن از امکانات موجود می‌گردد. چرا که در غیر اینصورت، تخریب برخی از قطعات می‌تواند باعث وارد نمودن آسیب‌های جدی به سایر اجزا گردد و خسارات جبران‌ناپذیری را به بار آورد. توجه به امر ارزیابی وضعیت و تعیین عمر باقیمانده قطعات به خصوص در شرایط تحریم و شرایطی که اوضاع اقتصادی کشور با مشکلاتی مواجه شده از اهمیت دوچندانی برخوردار است. چرا که در شرایط تحریم اغلب صنایع با سه مشکل مالی که بیشترین تاثیر را بر فعالیت آنها داشته مواجهند.

۱- افزایش قیمت مواد اولیه

۲- مشکل نقل و انتقال پول به کشورهای خارجی

۳- عدم گشایش اعتبار اسنادی

در اصل به دلیل انزوای اقتصادی ناشی از تحریم، دستیابی به شیوه‌های تامین اقتصادی قطعات و تخصیص بهتر منابع با بحران مواجه می‌گردد و تولید غیر اقتصادی و گران می‌شود.

از عوامل موثر در افزایش قیمت مواد اولیه و قطعات، افزایش و مخاطره ریسک در مبادله کالا است. افزایش ریسک موجب زیاد شدن هزینه‌های معاملات و مبادله، افزایش قیمت بیمه و هزینه‌های حمل و نقل و در مجموع از دست دادن فرصت‌های مناسب برای مبادله و گران تر شدن قیمت تمام شده محصولات و یا مواد اولیه می‌شود.

همچنین در شرایط تحریم بیشتر تامین کنندگان و تولید کنندگان از پذیرش LC از بانک‌های ایرانی خودداری نموده و تقاضای LC از بانک‌های خارجی را داشته‌اند. از طرفی در گزارش سندیکای صنعت برق یکی از تبعات تحریم، عدم پایبندی طرف‌های خارجی به قراردادهای منعقد شده است. قطع همکاری شرکت‌های بزرگی که بعضاً از معدود تامین کنندگان برخی از کالاهای استراتژیک مورد نیاز هستند و تکنولوژی ساخت برخی از قطعات مهم تنها در اختیار این تعداد معدود از شرکت‌ها است، تامین این اقلام را با مشکل جدی مواجه کرده است. اکثر این قطعات و یا مواد قیمت‌های بالایی داشته و در صورت عدم تامین آنها از سوی فروشندگان قبلی شرکت‌ها می‌بایست به دنبال منابع جدید باشند که آن هم دوره زمانی مربوط به خود و هزینه‌های مضاعف را به دنبال خواهد داشت و در برخی موارد موجب جایگزین شدن مواد اولیه و یا قطعاتی با کیفیت و تکنولوژی پایین‌تر می‌شود که این امر در کارایی نیروگاهها تاثیر دارد.

از دیگر مشکلات می‌توان به طولانی شدن زمان حمل کالاهای وارداتی اشاره نمود. بسیاری از شرکت‌های بین‌المللی بیمه از تعامل با شرکت‌های حمل و نقل کالای ایران خودداری می‌کنند. کشتی‌های ایرانی پس از تحریم‌ها با مشکلاتی روبرو شده‌اند. طولانی شدن زمان حمل کالا مشکلات دیگری را برای صنایع به همراه دارد که از سوی فعالان صنعت برق مهم تا بسیار مهم ارزیابی شده است.

از طرفی راهکارهای ارائه شده برای عبور از تحریم‌ها، مثل گذشته به راحتی قابل اجرا و راهگشا نیست. علاوه بر آن مطالبات شرکت‌های تولید برق از مجموعه دولت از یک سو و تحریم‌های اعمال شده از سوی دیگر عرصه را بر فعالان این صنعت تنگ کرده است.

علاوه بر موارد فوق، در برخی قطعات نیروگاهی که امکان ساخت آنها فراهم بوده است، به دلیل تحریم مشکلاتی حادث گردیده که تولید را مشکل‌ساز نموده است (مواردی مانند مشکل در تامین مواد اولیه، فرسودگی ماشین‌آلات و تاسیسات و...).

۱-۳-۳- اقتصاد

رشد اقتصاد کشورهای پیشرفته در چند دهه اخیر نشان می‌دهد که افزایش درآمد ملی و تولید ناخالص داخلی، همگام با رشد نوآوری‌های فنی و افزایش سهم برق در سبد انرژی مصرفی است. چنین تأثیراتی تصادفی نبوده و آنچنانکه تحلیل‌های علمی و مستدل نشان می‌دهند حاکی از نقش انکارناپذیر فناوریهای مبتنی بر انرژی الکتریکی در تحقق اهداف توسعه ملی، افزایش کیفیت زندگی، افزایش درآمد ملی و کاهش مصرف انرژی در واحد تولید ناخالص داخلی می‌باشد.

با توجه به نقش تامین برق اهمیت فراهم‌سازی شرایط لازم برای تامین پایدار برق در کشور روشن می‌گردد. در کشور ما بسیاری از نیروگاههای موجود، کسر عمده‌ای از عمر خود را مصرف کرده‌اند و قطعات آنها دچار تخریب و زوال شده است. از طرفی اجزای مذکور غالباً قیمت بالایی دارند (به دلیل گران بودن آلیاژهای مصرفی و لزوم حفظ شرایط خاص در ساخت این اجزا) از اینرو استفاده بیشتر از این قطعات تا پایان عمر مفید آنها (که ممکن است حتی بیشتر از عمر طراحی آنها باشد) باعث کاهش هزینه‌های نگهداری نیروگاهها می‌گردد. در نتیجه صاحبان نیروگاهها علاقه زیادی به استفاده بیشتر از این قطعات بر اساس سیستمهای تخمین عمر، بویژه برای قطعات پر هزینه و حساس دارند. چرا که شکست یک قطعه حساس ممکن است منجر به از کار افتادن یک سال نیروگاه شود که این امر زیانهای اقتصادی فراوانی در بر خواهد داشت. بنابر آنچه گفته شد، استفاده بیشتر از قطعات داغ باعث کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد، در نتیجه هزینه تولید برق (دلار به ازای هر کیلووات)

کاهش می‌یابد. اما استفاده بیشتر از قطعات باید بر اساس سیستمهای مدیریت عمر صورت گیرد تا نیروگاه در حد بالایی از ایمنی کار کند.

به عنوان مثال در کشور ما درصد زیادی از برق تولید کشور توسط توربینهای گازی تولید می‌شود و در سالهای اخیر نیز اکثر واحدهای جدید در دست احداث، گازی هستند. این نیروگاههای گازی نیاز بسیار زیادی به تعویض پرها دارند که این نیاز بوسیله خرید از شرکتهای داخلی و خارجی تامین می‌شود. هزینه تعویض این پرها بیش از ۲۵ درصد هزینه تاسیس یک نیروگاه جدید خواهد بود. بنابراین به تعویق انداختن یک ساله تعویض پرها می‌تواند بیش از ۱۰۰۰۰۰ دلار صرفه جویی در بر داشته باشد، نمونه‌ای از محاسبات اقتصادی مربوط به صرفه‌جویی حاصل از استفاده بیشتر از قطعات در زیر ارائه شده است (قیمتهای ارائه شده بر مبنای قیمت‌های دلار در چند ساله گذشته است و هدف از ارائه چنین محاسباتی نشان دادن نقش فناوری تخمین عمر در صرفه‌جویی اقتصادی نیروگاههاست).

نمونه‌ای از محاسبه مزایای اقتصادی استفاده بیشتر از پره‌های متحرک ردیف اول توربینهای گازی مختلف مورد

استفاده نیروگاههای کشور

نیروگاه سیکل ترکیبی فارس دارای ۶ واحد توربین گازی از نوع GE F9 ساخت شرکت آلتوم می‌باشد. ظرفیت اسمی هر واحد ۱۲۳/۵ مگاوات است. فواصل بازدید محفظه احتراق ۸۰۰۰ ساعت و بازدید مسیرهای داغ ۲۴۰۰۰ ساعت می‌باشد. لازم به ذکر است که در اینجا منظور از ساعت، همان ساعت کارکرد معادل می‌باشد. قیمت هر دست (۹۲ عدد) پره متحرک ردیف اول توربین GEF9، حدود ۴۰۰۰۰۰ یورو است که با احتساب هر یورو معادل ۴۱۵۵۰ ریال، قیمت خرید هر دست از این پرها حدود ۱۶۶۲۰۰۰۰۰۰ ریال خواهد شد. عمر اسمی این پرها نیز ۷۲۰۰۰ - ۴۸۰۰۰ ساعت می‌باشد.

بنابراین با فرض اینکه بتوان از یک دست از این پرها پس از پایان عمر اسمی به مدت ۲۴۰۰۰ ساعت دیگر (تا زمان بارزسی بعدی) استفاده نمود، سود حاصل از این کار به این ترتیب محاسبه می‌گردد:

قیمت یک ردیف پره * درصد عمر اضافی یک ردیف پره = سود حاصل

$$\text{عمر اضافی یک ردیف پره} = \frac{\text{عمر اسمی یک ردیف پره}}{\text{عمر اسمی یک ردیف پره}}$$

عمر اسمی یک ردیف متحرک پره ردیف اول GEF9 همانگونه که ذکر شد بین ۴۸۰۰۰ تا ۷۲۰۰۰ می باشد که عمر اسمی را بطور میانگین $48000 + 72000 = 60000$ ساعت در نظر می گیریم.

۲

$$\text{درصد عمر اضافی یک ردیف پره} = \frac{24000}{60000} = 0.4$$

$$\text{سود حاصل (ریال)} = 1662000000 * 0.4 = 664800000$$

در نتیجه سود حاصل از استفاده بیشتر از پره های GE F9 به مدت یک اورهال بالغ بر ۶۶۴۸۰۰۰۰۰۰ ریال خواهد شد.

علاوه بر موارد ذکر شده اطلاعات مربوط به پره های متحرک ردیف اول توربین گازی از نوع متیسویشی-وسیتنگهاوس مدل MW701D نیروگاه قم در ذیل آورده شده است:

هر دست از این پره ها، دارای ۱۳۰ پره و قیمت هر پره ۵۰ میلیون ریال می باشد، بنابراین قیمت یک دست پره معادل ۶۵۰۰ میلیون ریال است. (قیمتها مربوط به قبل از گران شدن دلار است) این پره ها عمر اسمی ۵۰۰۰۰ ساعت دارند و بعد از هر ۱۶۰۰۰ ساعت کارکرد معادل با ۷۵۰ استارت بازرسی می گردند.

اگر بتوان از یک دست از این پره های متحرک ردیف اول به مدت ۱۶۰۰۰ ساعت کارکرد معادل یعنی تا زمان بازرسی بعدی بیشتر استفاده نمود، سود حاصل بدین ترتیب خواهد بود:

$$\text{(ریال)} \quad ۲۰۸۰۰۰۰۰۰۰ = ۶۵۰۰ * ۱۶۰۰۰ = \frac{\text{سود حاصل}}{۵۰۰۰۰}$$

ملاحظه می‌گردد که استفاده بیشتر از پره‌ها سود سرشاری در بر خواهد داشت.

استفاده بیشتر از پره‌های توربین اگر چه باعث کاهش هزینه تعویض پره‌ها می‌گردد ولی احتمال شکست و تخریب پره‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین باید از شرایط پره مطمئن بود تا بتوان در حد بالایی از ایمنی از پره استفاده کرد. برای این کار باید سیستم‌های مدیریت و تخمین عمر پره بکار گرفته شود.

۱-۳-۴- زیست محیطی

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 ۱ 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 هزینه های تولید می‌گردد. در چنین واحدهایی علاوه بر افزایش هزینه های بهره‌برداری و نگهداری، آلودگیهای زیست محیطی افزایش می‌یابند

. توانبخشی^۲ واحدها روشی با صرفه به لحاظ اقتصادی برای کاستن از هزینه‌های تولید برق در نیروگاه‌های قدیمی و افزایش توان آنها و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی است. در واقع، توانبخشی مناسب بر روی یک نیروگاه قدیمی علاوه بر کاهش قیمت تولید برق به دلیل افزایش توان خروجی نیروگاه و بهبود راندمان تولید، به دلیل رعایت استانداردهای جدید و سختگیرانه

1 Aging

2 Rehabilitation

تر زیست محیطی باعث کاهش آلودگیهای زیست محیطی می گردد. چرا که در سالهای اخیر، به لحاظ زیست محیطی و با توجه به وضع قوانین سخت گیرانه تر میزان آلاینده‌های زیست محیطی باید در سطح استاندارد نگه داشته شود.

فرآیند و روش استاندارد یک پروژه توانبخشی شامل ارزیابی شرایط واحد و اطمینان از میزان عمر باقیمانده تجهیزات و سپس اقدامات لازم جهت توانبخشی است. از اینرو فعالیت در زمینه ارزیابی عمر باقیمانده قطعات حساس نیروگاهی که از گامهای اساسی جهت توانبخشی هر واحد است، میتواند در راستای توانبخشی هر واحد و به دنبال آن بهبود شرایط زیست محیطی آن عمل نماید.

نتایج بدست آمده از اجرای طرح توانبخشی بر روی یک نیروگاه قدیمی ۲۴۰۰ MW (شامل چهار واحد ۶۰۰ MW) زغال سوز در امریکا بطور خلاصه در زیر آمده است :

۱. افزایش توان تولیدی ماکزیمم هر واحد به میزان ۱۰ درصد
۲. افزایش میزان تولید برق به میزان ۳۵ درصد
۳. افزایش میزان آمادگی واحدها به میزان ۱۵ درصد
۴. افزایش راندمان ضمن کاهش آلاینده های NOx و SOx
۵. افزایش زمان بین خروج واحد جهت تعمیرات از ۱ سال به ۳ سال

۱-۳-۵- دلایل قانونی

توجیه پذیری قانونی توسعه فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی، بر اساس بررسی و مطالعه اسناد ملی بالادستی صورت می گیرد. این بررسی با هدف تعیین میزان مطابقت، تأثیرپذیری و همراستایی کلی توسعه فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی، با اهداف و سیاستهای کلان کشور انجام می گیرد. در این راستا اسناد بالادستی زیر مورد بررسی قرار گرفته اند:

❖ چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴؛

❖ سند وزارت نیرو؛

❖ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی مقام معظم رهبری

❖ سیاست‌های کلی علم و فناوری

❖ نقشه جامع علمی کشور

❖ سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف

❖ سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی

الف) سند چشم‌انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴

در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران کشوری است:

➤ توسعه یافته

➤ برخوردار از دانش پیشرفته

➤ توانا در تولید علم و فناوری

➤ متکی بر تولید ملی

➤ بهره‌مند از محیط زیست مطلوب

➤ دست یافته به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه

و کشورهای همسایه)

➤ تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم

➤ توسعه کارآمد

➤ دارای تعامل سازنده و موثر با جهان بر اساس اصول عزت، حکمت و مصلحت

سند چشم انداز به طور مستقیم وارد بحث انرژی نشده است. ولی در موضوعات مختلف بدان اشاره دارد و یا می‌توان برداشت نمود که در حوزه مرتبط با فناوری‌های تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی تاثیرگذار است، که در ادامه به طور خلاصه ذکر می‌گردد:

در یکی از بندهای ویژگی‌های جامعه مطلوب، ذکر گردیده است که ایران کشوری دست یافته به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در مقیاس منطقه‌ای است که این امر را می‌توان در موضوع تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی به صورت خاص مورد توجه قرار داد؛ در واقع می‌توان جهت‌گیری‌های چشم انداز ۲۰ ساله را در جهت استفاده از حداکثر ارزش افزوده منابع طبیعی دانست که می‌بایست به سمت اتکا به علم و دانش و فناوری و سرمایه‌های انسانی و اجتماعی حرکت کرد. که این بحث در اسناد مصوب دیگر نیز به چشم می‌خورد

سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو

بر اساس این سند وزارت نیرو در راستای عرضه با کیفیت و پایدار برق، آب و خدمات فاضلاب گام بر می‌دارد، به نحوی که ضمن مدیریت عرضه و تقاضا از محیط زیست هم حفاظت کند. در این راستا چشم انداز وزارت نیرو به شکل زیر بیان شده است

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

وزارت نیرو با بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش‌های پیشرفته مدیریت و همچنین توسعه فناوری‌های نوین سازگار با محیط‌زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می‌دهد. یکی از مهمترین فناوری‌ها که موجبات این پیشرفت را

فراهم می‌آورد فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد که با پیشرفت در زمینه‌ی این فناوری‌ها نه تنها از نظر زیست‌محیطی میزان خسارات کاهش می‌یابد بلکه این امر زمینه‌ی ورود به بازارهای جهانی در این حوزه را نیز فراهم می‌کند.

وزارت نیرو رشد پایدار بخش آب و برق کشور را با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف، ارتقای بهره‌وری و مشارکت منابع انسانی به عنوان ارزشمندترین سرمایه محقق می‌سازد. به علاوه وزارت نیرو در بخش برق و انرژی چشم انداز زیر را برای خود در نظر گرفته است:

وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبری شبکه برق در منطقه تثبیت گردد که برای نیل به این هدف دستیابی به جدیدترین و کارآترین فناوری‌ها و روش‌ها در زمینه‌ی تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی امری الزامی است.

▪ چشم انداز در بخش آموزش، پژوهش و فناوری

وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری با برخورداری از مدیریت دانش محور و ظرفیت‌های غنی مغزافزاری، نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و سازمانی و مشارکت مؤثر بخش غیردولتی، در حوزه‌های سرمایه‌های انسانی متخصص و کارآمد و توسعه دانش و فناوری در صنعت آب و برق سرآمد در منطقه خواهد بود و می‌توان از فناوری‌های نوین تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی به عنوان یک از مهم‌ترین و تاثیرگذارترین فناوری‌های عصر حاضر نام برد که از پتانسیل فراوانی برای آموزش و پژوهش برخوردار می‌باشد. در ادامه بخش از راهبردهای وزارت نیرو که به نوعی می‌تواند با حوزه تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی مرتبط باشد، آورده شده است:

راهبردهای وزارت نیرو

ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر:

✓ افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها

✓ سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیت‌های صنعت برق

ارتقاء سطح دانش، پن و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر:

✓ گسترش پژوهش‌های کاربردی و توسعه‌ای و ارتقاء سطح تحقیق و توسعه

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

• راهبردهای بخش برق و انرژی

بهبود فرآیند سیاست‌گذاری در بخش برق و انرژی:

- تهیه و تدوین برنامه جامع انرژی کشور

ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی:

- شناسایی و بررسی فرصت‌ها و مزیت‌های بخش برق و انرژی

افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها:

- استفاده از فناوری نوین و تجهیزات با راندمان بالا

سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیت‌های صنعت برق:

- ارتقاء سطح ایمنی و سلامتی شهروندان در مقابل خطرات و مسائل زیست‌محیطی صنعت برق

- تهیه طرح جامع زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعت برق

• راهبردهای بخش آموزش، پژوهش و فناوری

✓ استقرار و ارتقاء نهاد و نظام سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و راهبری مؤثر آموزش، پین و فناوری صنعت آب و برق و

ایفای نقش مؤثر در مراجع مرتبط

✓ توسعه همکاری‌های مشترک با سازمان‌های مردم‌نهاد و مراکز علمی و پژوهشی داخلی و خارجی از طریق:

- تعریف و اجرای پروژه‌های تحقیقاتی ملی و بین‌المللی مشترک

- توسعه و انتقال فناوری

- به‌هنگام‌سازی آموزش‌های مرتبط با فناوری‌های جدید

- ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فناوری‌های جدید (مثل فناوری‌های مرتبط با تخمین عمر قطعات داغ

نیروگاهی) و انتقال و بومی‌سازی آنها

▪ راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

- ایجاد تعادل منطقی بین تولید داخلی و واردات کالاها و خدمات مورد نیاز به منظور ارتقاء فن‌آوری، کیفیت

کالا و خدمات، کارائی و خوداتکائی بنگاه‌های بخش پشتیبانی

- حمایت از انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نو مورد نیاز و به کارگیری فناوری‌های دارای مزیت نسبی بالا

بر اساس مطالب ذکر شده در سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی وزارت نیرو، از تکالیف بخش برق و انرژی این است که

وزارت نیرو به ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده

اقدام نماید. در این سند در رئوس برنامه‌های بخش برق و انرژی بر افزایش بازده نیروگاه‌ها، کاهش خروج‌های اضطراری

واحدهای تولید برق و عناصر شبکه و نیز کاهش تلفات شبکه تاکید شده است که فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی

می‌تواند سهم عمده‌ای در جلوگیری از تلفات انرژی و کاهش خروجی‌های اضطراری و افزایش بازده نیروگاه‌ها داشته باشد. از

دیگر موارد عنوان شده در این سند اشاره به این امر می‌باشد که وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری عهده‌دار

ارتقای دانش و مهارت‌های منابع انسانی، توسعه‌ی پژوهش و فناوری، افزایش آگاهی‌های عمومی و خلاقیت و نوآوری در

راستای تامین نیازهای صنعت آب و برق است.

از طرفی از سیاست های کلی برنامه ی پنجم توسعه در بخش امور علمی و فناوری، دست یابی به فناوری های پیشرفته ی مورد نیاز و نیز دستیابی به جایگاه دوم علمی و فناوری در منطقه و تثبیت آن در برنامه ی پنجم می باشد. که یکی از مهم ترین و تاثیرگذارترین این فناوری ها، فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی می باشد که پیگیری و دستیابی به این فناوری و جدیدترین و پربازده ترین روش های مربوط به آن می تواند نقش پررنگی در پیشرفت صنعت برق کشور داشته باشد.

ب) سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی

با هدف تأمین رشد پویا و بهبود شاخص های مقاومت اقتصادی و دستیابی به اهداف سند چشم انداز بیست ساله، سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی با رویکردی جهادی، انعطاف پذیر، فرصت ساز، مولد، درون زاء، پیشرو و برون گرا در بهمن سال ۱۳۹۲ هجری شمسی توسط مقام معظم رهبری ابلاغ گردید.

دو مورد از سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی که از سوی مقام معظم رهبری ابلاغ شده است، برنامه ریزی تولید ملی متناسب با نیازهای صادراتی و شکل دهی بازارهای جدید و نیز افزایش تولید داخلی نهادها و کالاهای اساسی (بوژه در اقلام وارداتی)، و اولویت دادن به تولید محصولات و خدمات راهبردی و ایجاد تنوع در مبادی تأمین کالاهای وارداتی با هدف کاهش وابستگی به کشورهای محدود و خاص می باشد. با توجه به این سیاست ها دستیابی به فناوری های نوین در زمینه ی صنعت برق در کنار برطرف سازی وابستگی های کشور ایران به دیگر کشورهای صاحب این دست فناوری ها و بی اثرسازی تحریم های موجود، می تواند فرصت صادر کردن این فناوری ها به سایر کشورها را نیز فراهم کرده و سودآوری بسیاری را برای کشور رقم بزند که یکی از مهمترین و موثرترین این فناوری ها، فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی می باشد و طبق سیاست های عنوان شده دستیابی به جدیدترین و کاراترین روش ها در زمینه ی این فناوری باید در دستور کار پژوهشگاه ها قرار بگیرد.

پ) سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف

سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف در سال ۱۳۸۹، توسط مقام معظم رهبری ابلاغ گردید. از موارد اشاره شده در این سند، افزایش بازدهی نیروگاه ها، اولویت دادن به افزایش بهره وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی را می توان مرتبط با توسعه فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی دانست.

در واقع با توجه به اینکه با استفاده از فناوری های تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه ها می توان زمینه ی افزایش عمر قطعات داغ نیروگاهی و به تبع آن افزایش عمر نیروگاه ها را فراهم سازی نمود و از خروج های اضطراری جلوگیری کرده و مدت زمان توقف کار نیروگاه ها را کاهش داد. هم چنین استفاده از این فناوری ها منجر به کاهش زیان های ناشی از فرسودگی های زود هنگام قطعات داغ نیروگاهی، که اغلب بسیار گران قیمت می باشند، و کاهش تلفات ناشی از ازکارافتادگی و یا دیگر آسیب های ناشی از فرسودگی قطعات داغ نیروگاهی، می گردد. از طرفی با بررسی امکان بکارگیری فناوری های جدید و به روز در زمینه ی تخمین عمر، می توان حداکثر استفاده را از قطعات و تجهیزات نیروگاهی برد و بدین صورت از صرف هزینه های اضافی جلوگیری به عمل آورد و در جهت کاهش وابستگی های غیر ضروری گام برداشت. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده می توان گفت توسعه ی فناوری های نوین تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی در صنعت برق، در راستای سیاست های ذکر شده می باشد.

ت) سیاست های کلی علم و فناوری

سیاست های کلی علم و فناوری در سال ۱۳۹۳ توسط مقام معظم رهبری ابلاغ گردید. موارد زیر را از این سند می توان به نوعی مرتبط با توسعه فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی دانست:

- جهاد مستمر علمی با هدف کسب مرجعیت علمی و فناوری در جهان با تأکید بر:
 - تولید علم و توسعه ی نوآوری و نظریه پردازی
 - ارتقاء جایگاه جهانی کشور در علم و فناوری و تبدیل ایران به قطب علمی و فناوری جهان اسلام
 - توسعه ی علوم پایه و تحقیقات بنیادی
 - دستیابی به علوم و فناوری های پیشرفته با سیاستگذاری و برنامه ریزی ویژه

• بهینه سازی عملکرد و ساختار نظام آموزشی و تحقیقاتی کشور به منظور دستیابی به اهداف سند چشم انداز و شکوفایی علمی با تأکید بر:

- مدیریت دانش و پژوهش و انسجام بخشی در سیاستگذاری، برنامه ریزی و نظارت راهبردی در حوزه علم و فناوری و ارتقاء مستمر شاخص‌ها و روزآمدسازی نقشه ی جامع علمی کشور با توجه به تحولات علمی و فنی در منطقه و جهان
- ساماندهی نظام ملی آمار و اطلاعات علمی، پژوهشی و فناوری جامع و کارآمد
- افزایش بودجه تحقیق و پژوهش به حداقل ۴٪ تولید ناخالص داخلی تا پایان سال ۱۴۰۴ با تأکید بر مصرف بهینه منابع و ارتقاء بهره‌وری

• گسترش همکاری و تعامل فعال، سازنده و الهام بخش در حوزه علم و فناوری با سایر کشورها و مراکز علمی و فنی معتبر منطقه‌ای و جهانی بویژه جهان اسلام همراه با تحکیم استقلال کشور، با تأکید بر:

- توسعه ی صنایع و خدمات مبتنی بر علوم و فناوری‌های جدید و حمایت از تولید و صادرات محصولات دانش بنیان و متکی بر فناوری‌های بومی بویژه در حوزه های دارای مزیت و ظرفیت، با اصلاح امر واردات و صادرات کشور
- اهتمام بر انتقال فناوری و کسب دانش طراحی و ساخت برای تولید محصولات در داخل کشور با استفاده از ظرفیت بازار ملی در مصرف کالاهای وارداتی

ث) نقشه جامع علمی کشور

نقشه جامع علمی کشور در چارچوب رهنمودهای رهبر کبیر انقلاب اسلامی (ره)، مقام معظم رهبری و قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران بوده و با پیش‌بینی سازوکارهای لازم بروز رسانی، توانایی تبیین ساحت علمی الگوی اسلامی- ایرانی پیشرفت را دارا می‌باشد. موارد زیر را از این سند می‌توان به نوعی مرتبط با توسعه فناوری تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی دانست:

بخش ۱-۱- سند: ارزشهای بنیادی نقشه جامع علمی کشور

علم و فناوری کمال آفرین، توانمندساز، ثروت آفرین و هماهنگ با محیط زیست و سلامت معنوی، جسمی، روانی و اجتماعی
آحاد جامعه؛

بخش ۲-۲ سند: اهداف کلان نظام علم و فناوری کشور

- دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان؛
- دستیابی به توسعه علوم و فناوری های نوین و نافع، متناسب با الویت ها و نیازها و مزیت های کشور و انتشار و به کارگیری آنها در نهادهای مختلف آموزشی و صنعتی و خدماتی

بخش ۲-۳ سند: اهداف بخشی نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

تثبیت جایگاه کشور در: فناوری های نوین تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی

بخش ۴-۱ - سند: راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری در کشور

راهبرد کلان ۱: اصلاح و انسجام بخشیدن به ساختارها و نهادهای علم و فناوری و هماهنگ سازی نظام تعلیم و تربیت در مراحل سیاست گذاری و برنامه ریزی کلان

راهبرد کلان ۲: توجه به علم و تبدیل آن به یکی از گفتمانهای اصلی جامعه و ایجاد فضای مساعد، شکوفا و مولد علم و فناوری بر مبنای آموزه های اسلامی از طریق توسعه و تعمیق و بکارگیری مؤلفه های فرهنگی، اجتماعی و سیاسی

راهبرد کلان ۳: جهت دادن چرخه علم و فناوری و نوآوری به ایفای نقشی موثرتر در اقتصاد

۱-۴-مراجع

1-Internet document, www.shafaf.ir

2-Balevic D, “ Heavy – Duty gas turbine operating and maintenance considerations”, GER ,2004.

۳-گزارش تحقیق و بررسی جامع قطعات داغ توربین های گازی، شرکت مدیریت تولید برق ری -

4-R.Viswanathan, “ Damage Mechanisms and Life Assessment of High – Temperature Components “ , ASMInt, 1995, pp. 415-430.

۵- اطلاعات کسب شده از نیروگاههای مختلف

6-A.H.Mayer, ”ABB Advanced Turbine System Program”, ATS Review Meeting 1999.

7-ABB power generation, Gas turbine developments and manufacturing project, the GT13E2 gas turbine, 1998.

8-WWW.VGB.ORG

9-WWW.LABORELEC.COM

10-www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/services/power.../SB.p

11-criepi.denken.or.jp/en

12-www.cesi.it

13-www.liburdi.com/liburdiengineering/analysis-life

14-A.H.Mayer, ”ABB Advanced Turbine System Program”, ATS Review Meeting 1999.

پیوست: معرفی شرکتهای خارجی فعال در زمینه تخمین عمر قطعات داغ

شرکت intertech -

به عنوان مثال شرکت intertech یکی از شرکتهای فعال در زمینه ارزیابی عمر باقیمانده قطعات داغ در آمریکا است که زمینههای فعالیت این شرکت در زیر آورده شده است:

Power Plant Condition Assessments are conducted for:

Boiler Equipment

Economizer

Steam Drum

Waterwalls

Boiler Tube

Headers

Attemperators and Link Piping

Fans

Air Heater

Casing

Low-NOx burners

High Energy Piping

Main Steam Piping

Hot Reheat Piping

Cold Reheat Piping

Extraction Steam Piping

Condensate Piping

Feedwater Piping

Turbine and Generator Equipment

HP/IP Rotor

HP/IP Casings

LP Rotor

LP Casing

Throttle Valves

Governor Valves

Reheat Stop Valves

Intercept Valves

Generator

Feedwater Heaters

Condenser

Deaerator Tank

Deaerator Storage Tank

Boiler Feed Pumps

Circulating Water Pumps

Heat Exchangers

Blowdown Tank

شرکت - SULZER

شرکت SULZER مدعی است که توانمندی لازم را جهت ارائه راهکار قابل اعتماد برای کارکرد قطعات حساس نیروگاهی داراست. این شرکت با راه حل‌های نوآورانه سبب ایجاد و تقویت موقعیت رقابتی و تولید برق با صرفه اقتصادی بیشتر گردیده است.

شرکت SULZER ضمن اشراف کامل بر مکانیزم‌های تخریبی حاکم بر اجزای مختلف نیروگاهی و شناسایی عوامل محدود کننده عمر آنها، قادر به تخمین عمر اجزا و افزایش عمر آنها می‌باشد. این شرکت دارای بیش از ۱۰۰ شعبه در کشورهای مختلف است. برخی از شعبات این شرکت در نقاط مختلف در زیر آورده شده است:

زامبیا، یمن، ویتنام، ونزوئلا، آمریکا، انگلیس، امارات متحده عربی، اوکراین، ترکمنستان، ترکیه، تایلند، تایوان، اسپانیا، سوئیس، سوئد، سودان، سنگاپور، عربستان، روسیه، رومانی، قطر، پرتغال، هلند، پرو، فیلیپین، پاکستان، عراق، مکزیک، مالزی، لیبی، کویت، کره، قزاقستان، ژاپن، ایتالیا، اسرائیل، اندونزی، هند، هنگ کنگ، آلمان، فرانسه، اتیوپی، دانمارک، چین، شیلی، بلغارستان، برزیل، بوسنی و هرزگووین، بلژیک، بلاروس، بحرین، آذربایجان، استرالیا، آرژانتین.

SULZER

Sulzer Turbo Services

Gas Turbine Life Assessment



Borescopic inspection of a turbine disk



Borescopic inspection

Gas turbine manufacturers specify that the rotating element of the gas turbine has limited life, based on the number of fired hours run, and the number of starts. It is recommended, depending on the make and model of the gas turbine, that a complete "life assessment" inspection be performed on the rotor. This inspection normally is called for at 100,000 or 200,000 hours depending on the machine.

Sulzer Turbo Services Engineers have developed a complete "Rotor Life Assessment Inspection" that is equal to or surpasses the inspection process of the OEMs. The rotor is unstained, reattached, and balanced as part of the procedure.

The inspections performed include:

- Traverse harness of rotor disks
- Magnetic particle testing of disassembled rotor
- Ultrasonic inspection
- Borescopic inspection of disk bores
- Phased array ultrasonics of compressor disks
- Eddy current testing of turbine and compressor disks
- Array eddy current inspection of FA class turbine disks
- Eye consistent inspection of FA class turbine disks
- In-situ metallography and replication of turbine and compressor disks
- Chemical analysis of turbine and compressor disks

Upon completion of the inspections, our Engineers prepare a report of the condition of all component parts and offer our recommendation as to any repairs or replacement parts that may be needed. Then the rotor is reattached and balanced for return to service for the next recommended interval.

All of these services are performed on-site. We invite you to call or visit and discuss the "Rotor Life Assessment Inspection" in more detail and tour our facility. Please contact your Sales Representative for more information on our services.



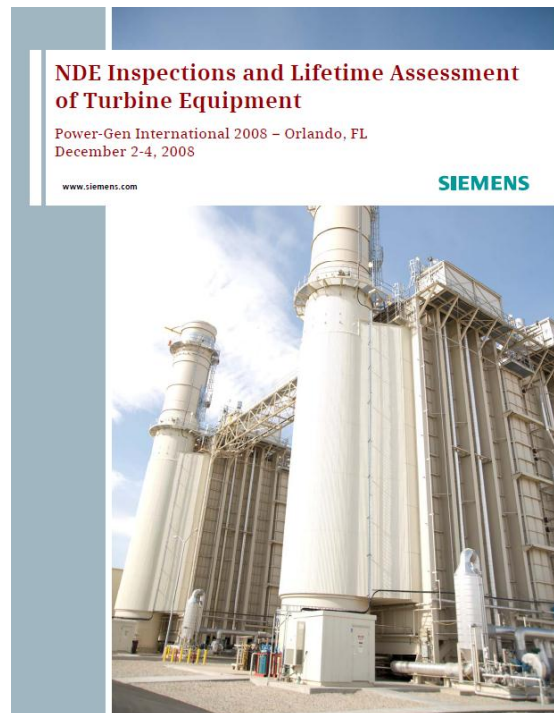
Phased array UT inspection

Magnetic particle testing

Sulzer Turbo Services
11810 Old La Porte Rd.
La Porte, TX 77571 USA
Tel: +1 281 867 2700
Fax: +1 281 867 2830
www.sulzer.com

شکل ۱- نمونه‌ای از خدمات شرکت شرکت SULZER در زمینه تخمین عمر

- شرکت Siemens



یکی از مهمترین اهداف شرکت Siemens، افزایش قابلیت اطمینان نیروگاهها و بهینه سازی عملکرد نیروگاههاست. در واقع این شرکت با بکارگیری افراد متخصص، نیازمندیهای کارفرمایان خود را که بهره‌برداران نیروگاهی هستند، برآورده می‌سازد. پرسنل این شرکت با تلاش شبانه‌روزی خود درصدد کسب رضایت مشتریان هستند. کارشناسان مذکور سعی نموده که همواره در دسترس باشند و با اعمال تمهیدات مناسب در زمینه نگهداری پیشگیرانه و تعمیرات به موقع، در قالب برنامه‌های زمان‌بندی کارفرمایان، به نحو احسن عمل نمایند. این شرکت با ارائه خدمات مشاوره‌ای به نیروگاهها نقش بسزایی در بهینه‌سازی بهره‌برداری، تخمین عمر و افزایش عمر نیروگاهها دارد. همچنین علاوه بر ارتقای سیستم‌ها، امکان ارائه مشاوره جهت اقتصادی‌تر نمودن و به صرفه‌تر کردن عملکرد نیروگاهها وجود دارد. خدمات مشاوره‌ای مذکور، در کل چرخه عمر هر نیروگاه و با در نظر داشتن امکانات موجود عملی خواهد شد.

علاوه بر موارد فوق، شرکت زیمنس طیف وسیعی از آموزشهای مرتبط با کارکرد نیروگاهها در چرخه عمر و ارزیابی تجهیزات ارائه می‌دهد. این آموزشها می‌تواند در کلاس و یا در محل نیرو پرسنل مستقر باشند. آموزش می‌تواند در قالب شبیه‌سازی اجزای نیروگاه و یا در یک نیروگاه و در شرایط واقعی باشد.

برخی از مهمترین زمینه‌های کاری شرکت زیمنس عبارتند از:

شناسایی علل زوال قطعات و مکانیزمهای شکست:

- خزش

- خستگی (LCF و HCF)

- واکنش خزش و خستگی

- پیر شدن حرارتی (درشت شدن کاربیدها و...)

- خوردگی

- ایجاد ترک ناشی از خوردگی تنشی

- سایش و سایر آسیبهای مکانیکی

متدولوژی تخمین عمر در شرکت زیمنس تحت عنوان LTA (Life Time Assessment) می‌باشد. این

متدولوژی به بررسی عمر باقیمانده اجزای نیروگاهی که شامل طیف وسیعی از قطعات هستند می‌پردازد.

تخمین عمر اجزای نیروگاهی در شرکت زیمنس شامل سه گام اساسی است:

گام اول:

بررسی غیر مخرب تجهیزات برای شناسایی و ردیابی معایب و ترکها

گام دوم:

بررسی‌های متالورژیکی جهت بررسی میزان تخریب و زوال مواد

گام سوم:

متدهای کامپیوتری جهت تحلیل مکانیک شکست

برخی از مهمترین تجهیزاتی که فعالیتهای گسترده‌ای در زمینه تخمین عمر آنها در شرکت زیمنس صورت گرفته است عبارتند از:

- پره‌های ثابت و متحرک توربین
- پوسته توربین
- پیچها
- شرود
- اجزای محفظه احتراق
- اجزای بویلر (با در دست داشتن اطلاعات اولیه‌ای همچون فشار، دما، شار جرمی، کیفیت آب، شار حرارتی و مشخصات هندسی قسمتهای مختلف بویلر)

از جمله نقاط قوت شرکت زیمنس گستردگی شعبات این شرکت در نقاط مختلف جهان است. شکل () پراکندگی شعبات مختلف شرکت زیمنس را نمایش می‌دهد. زیمنس مدعی است که مشتری در هر نقطه دنیا که باشد، می‌تواند روی خدمات این شرکت حساب کند و امروزه حدود ۲۰٪ از فعالیتهای مرتبط با صنعت برق به نوعی با این شرکت همکاری دارند.

پرسنل این شرکت علاوه بر مهارت لازم و طی دوره‌های تخصصی مورد نیاز، از انعطاف‌پذیری، شور و اشتیاق به کار، مشتری مدار بوده و احترام خاصی برای مشتریان قائلند.



شکل ۲- نمایش پراکندگی شعبات متعدد شرکت زیمنس در نقاط مختلف دنیا

– شرکت GE

شرکت GE یکی از شرکتهای فعال در زمینه تخمین عمر است که دارای شعبات متعددی در کشورهای مختلف است. لیست این کشورها به تفکیک قارهها، ذیلا آورده شده است.

شعبات مستقر در آفریقا:

- الجزایر
- آنگولا
- مصر
- غنا
- کنیا
- نیجریه
- آفریقای جنوبی

شعبات مستقر در آمریکا:

- آرژانتین
- برزیل
- کانادا
- شیلی
- کلمبیا
- مکزیک
- پرو

• ایالات متحده

• ونزوئلا

شعبات مستقر در آسیا:

• بحرین

• کامبوج

• چین

• هند

• اندونزی

• ژاپن

• کره

• مالزی

• میانمار

• فیلیپین

• سنگاپور

• تایوان

• تایلند

• ویتنام

شعبات مستقر در استرالیا:

نیوزیلند

شعبات مستقر در اروپا:

اتریش

• بلژیک

• استرالیا

• جمهوری چک

• دانمارک

• فنلاند

• فرانسه

• آلمان

• یونان

• مجارستان

• ایرلند

• ایتالیا

• لوکزامبورگ

• هلند

• نروژ

• لهستان

• پرتغال

• رومانی

- روسیه

- اسپانیا

- سوئد

- سوئیس

- انگلستان

شعبات مستقر در خاور میانه:

- عراق

- اسرائیل

- اردن

- کویت

- لبنان

- عمان

- پاکستان

- قطر

- عربستان سعودی

- ترکیه

- امارات متحده عربی

- شرکت dnv kema

شرکت DNV GL با بکارگیری ابزارهای مناسب و از طریق مانیتورینگ قطعات حساس نیروگاهی، امکان تخمین عمر این اجزا را فراهم آورده است. این شرکت معتقد است که اگر بازرسی‌های لازم به موقع و با ابزار مناسب صورت گیرد و بر این اساس عمر باقیمانده اجزای حساس نیروگاهی مشخص گردد، پروسه بسیار مفید و سودآوری انجام شده است چرا که بر این اساس علاوه بر اینکه بهره‌برداری سیستم در بالاترین حد قابلیت اطمینان انجام می‌شود، هزینه‌های نگهداری به کمترین مقدار خود می‌رسد.

شرکت DNV GL با بکارگیری تجهیزات پیشرفته و مانیتورینگ قطعات حساس علاوه بر کسب اطلاعات ذی‌قیمت در خصوص روند تخریب قطعات و تخمین عمر آنها، هزینه‌های نگهداری را به میزان قابل توجهی کاهش داده است. برخی از ابزارهای مورد استفاده در این شرکت ذیلاً آورده شده‌اند:

- SPICA for creep and fatigue rate of base metal and heat affected zones
- KEMCOP for fireside corrosion monitoring
- KEMBUS and KEMWAT for on-line, on-stream wall thickness monitoring
- Fitness-for-Purpose and CFD modeling for defect sizing assessment
- Process water operator support system
- Pulse Chlorination and BioGEORGE for cooling water monitoring
- FlameBeat for on-line gas turbine combustion monitoring
- TurboTherm and BladeLife for gas turbine blades and vanes.

عمده فعالیت‌های شرکت مذکور روی قطعات زیر متمرکز است:

پره‌های ثابت و متحرک توربین‌های گازی و سایر قطعات مسیر گاز داغ

سیستم احتراق توربین‌های گازی

بررسی پدیده خستگی و خزش در اجزای بویلر و توربین

بررسی کاهش ضخامت اجزای مختلف از طریق مانیتورینگ

بررسی خوردگی اجزای بویلرهای نیروگاهی

ارزیابی پوشش‌های بکار رفته در تجهیزات نیروگاهی

افزایش عمر نیروگاهها

شعبات شرکت DNV GL:

شرکت DNV GL با توجه به حجم گسترده فعالیتهايش داراي چندین شعبه در نقاط مختلف جهان است.

الف) شعبه آمریکا با شماره تماس زیر:

+1 781 273 5700

ب) شعبه آسیا با شماره تماس زیر:

T +86 10 6562 7888

ج) شعبه اروپا با شماره تماس زیر:

T +49 228 44 690 00

د) شعبات آفریقا، خاورمیانه و هلند با شماره تماسهای زیر:

T +31 26 356 3500

T +971 4 299 3070

- شرکت EPRI

شرکت EPRI (Electric Power Research Institute) یک موسسه تحقیقاتی در آمریکا است که در زمینه صنعت برق فعالیت می‌نماید. این موسسه در مرحله اول جهت انجام تحقیقات مرتبط با صنعت برق در آمریکا در سال ۱۹۷۳ میلادی ایجاد شد و پس از آن بصورت بین‌المللی فعالیت‌های خود را توسعه داد. این موسسه به عنوان یک سازمان مستقل و غیرانتفاعی جهت مدیریت برنامه تحقیقاتی صنعت برق آمریکا، تاسیس شد. در واقع تاثیر برق در زندگی مدرن، باعث ایجاد چنین موسسه-ای شد. این موسسه در حال حاضر خدمات خود را به بیش از هزار موسسه در چهل کشور دنیا ارائه می‌دهد و بیش از نهصد اختراع را به ثبت رسانده است. یکی از زمینه‌های اصلی فعالیت‌های این موسسه، تحقیق در زمینه تخمین عمر انواع مختلفی از توربینها و آلیاژهای بکار رفته در اجزای مختلف نیروگاههای بخاری و گازی است.

- شرکت ERA

شرکت ERA یکی از شرکتهای با تکنولوژی بالا است که در انگلیس تاسیس شده است و تحت عنوان انجمن تحقیقات صنعت برق انگلیس شناخته می‌شود. شرکت مذکور پیشرو در مشاوره مهندسی بوده و سبب تامین ایمنی و افزایش قابلیت اطمینان از کارکرد قطعات حساس می‌باشد که ارائه خدمات منحصر به فرد در زمینه تخمین عمر و ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاههای حرارتی و اتخاذ تصمیمات مناسب جهت بهبود روند کاری این صنعت را جزو افتخارات خود می‌داند. برخی از مهمترین زمینه‌های کاری این شرکت در زیر آورده شده است:

-مدیریت ریسک

- تخمین عمر اجزای نیروگاههای بخاری

- تخمین عمر اجزای مختلف نیروگاههای گازی

- تخمین عمر اجزای مختلف نیروگاههای سیکل ترکیبی

- بررسی خستگی سازه‌های مهندسی

- ارائه سیستم‌های هوشمند جهت نگهداری قطعات دما بالا

- ارزیابی وضعیت قطعات دما بالا

- گردآوری اطلاعات و مدلسازی جهت تخمین عمر قطعات دما بالا

- بررسی علل شکست قطعات دما بالا

شرکت مذکور علاوه بر شعبات خود در انگلیس، دارای شعبه‌ای در خاور میانه (شعبه امارات) است.

- شرکت LIBURDI

شرکت LIBURDI یک شرکت فعال در زمینه تخمین عمر است. شرکت مذکور دارای شعبات متعددی در کانادا و آمریکا و یک شعبه در چین است. عمده فعالیت‌های کاری این شرکت در رابطه با نیروگاههای حرارتی به شرح زیر است:

- تخمین عمر و افزایش عمر قطعات

- جوانسازی قطعات داغ از طریق عملیات حرارتی

- مانیتورینگ قطعات داغ

- طراحی-مهندسی

- بازسازی قطعات داغ

- پوشش‌دهی قطعات داغ

- شرکت WOOD GROUP

شرکت WOOD GROUP یک شرکت خدمات بین‌المللی انرژی با حدود ۷ بیلیون دلار فروش خدمات در سال است. که

حدود چهل و سه هزار نفر در سراسر جهان و در ۵۰ کشور مختلف در زیرمجموعه‌های این شرکت فعالیت می‌نمایند.

فعالیت‌های شرکت WOOD GROUP در طیف وسیعی بوده و شامل خدمات مهندسی، پشتیبانی تولید، مدیریت تعمیر و

نگهداری، تعمیرات اساسی نیروگاهها و خدمات به صنایع نفت و گاز و تولید انرژی در سراسر جهان است.

برخی از زمینه‌های فعالیتی مرتبط با نیروگاههای حرارتی در شرکت مذکور شامل موارد ذیل است:

- تخمین عمر

- ارزیابی خستگی

- آنالیز شکست

- بازرسی غیرمخرب تجهیزات

- مکانیک شکست

- خوردگی

- انتخاب مواد و...

در زیر به برخی از دفاتر این شرکت در شهرهای مختلف مختلف اشاره شده است:

• لندن

• دهلی

- کوالا لامپور
- جاکارتا
- ملبورن
- پرت
- ریودوجانیرو
- Hostone و...

- شرکت CRIEPI

شرکت CRIEPI یک شرکت ژاپنی است که به منظور توسعه یک سیستم قوی و انعطاف‌پذیر جهت تامین انرژی ژاپن تاسیس شده است. این شرکت به عنوان ستون برق صنعت برق ژاپن بوده و دارای سه محور اصلی است که نشاندهنده جهت فعالیتهای تحقیقاتی شرکت می‌باشند. بر این اساس سیستم مذکور قادر به تولید و انتشار نتایج تحقیقات علمی جهت بهبود تامین انرژی برق ژاپن است. محورهای یاد شده به شرح ذیل می‌باشند:

- مدیریت ریسک

به منظور کنترل خطرات مرتبط با تامین پایدار برق، فعالیتهای گسترده‌ای صورت می‌گیرد و راه‌های مفیدی جهت کاهش خطرات مربوطه ارائه خواهد شد.

- بهبود عملکرد آینده

در واقع هدف اصلی بهبود فعالیتهای مرتبط با نگهداری و تعمیرات اجزای نیروگاهی جهت اطمینان از تامین پایدار برق است. این مهم مأموریت اصلی صنعت برق بوده و فعالیتهای گسترده‌ای جهت بهتر شدن فناوری عملیات نگهداری و تعمیرات صورت گرفته است.

- توسعه زیرساخت مناسب تامین/تقاضای برق جهت تولید برق در آینده

در واقع فعالیتهای مرتبط با تامین برق برای نسلهای بعدی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و هدف از انجام این فعالیتهای تامین زیرساخت مناسب عرضه/ تقاضا برای برق ، بهره‌وری بیشتر در عرصه تولید نیرو و بکارگیری راهکارهای مناسب با رویکرد به سمت صرفه‌جویی است.

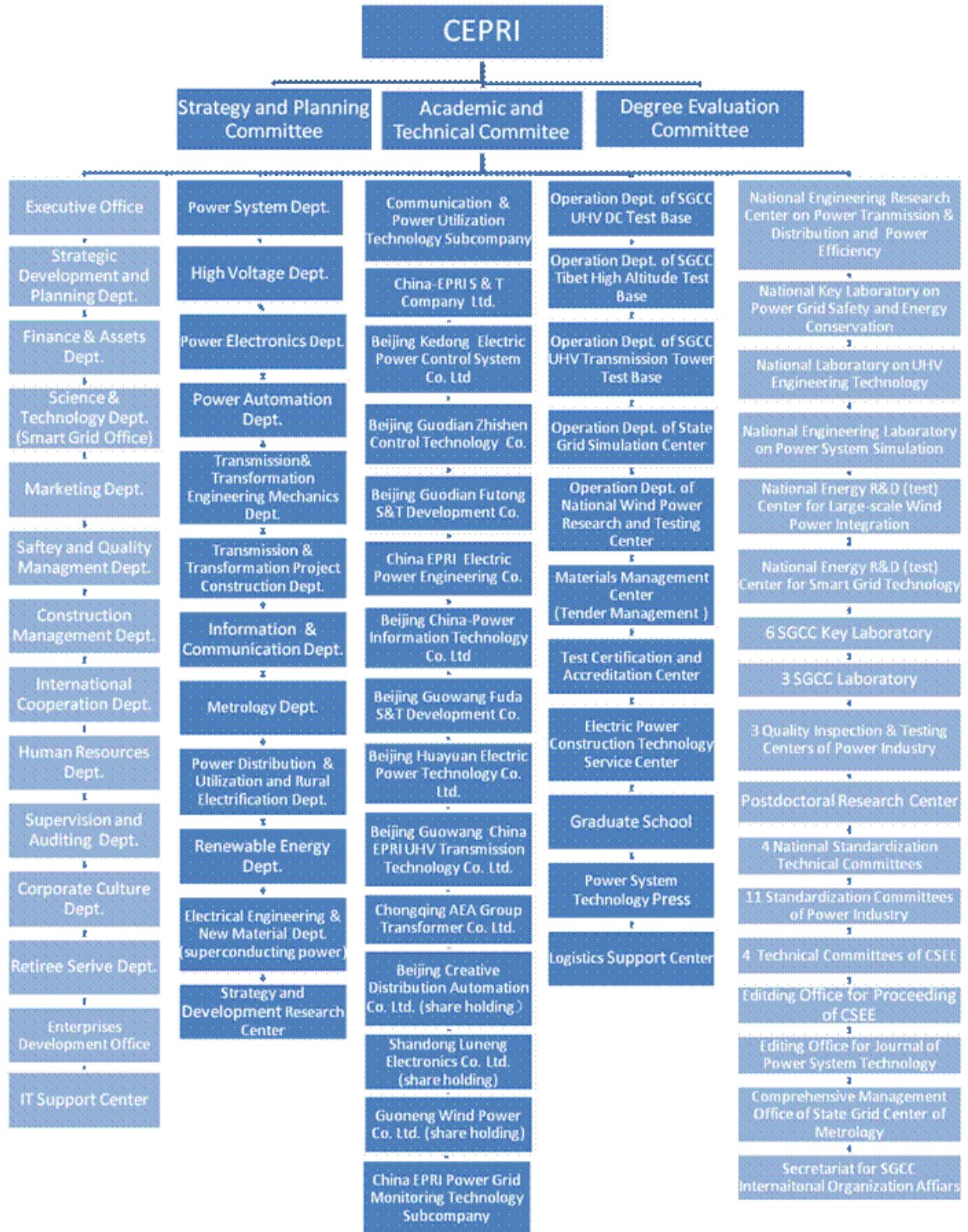
- موسسه تحقیقات برق چین

موسسه تحقیقات برق چین در سال ۱۹۵۱ تأسیس شده است و یک موسسه تحقیقاتی جامع و تحت نظر دولت چین می‌باشد. هدف اصلی این موسسه بکارگیری کارشناسان مجرب، ارائه بهترین خدمات و توسعه و به روزرسانی فعالیتهای مرتبط با صنعت برق و در نهایت کسب رضایت مشتریان است.

یکی از مهمترین زمینه‌های کاری این شرکت نگهداری و تعمیرات نیروگاههاست که بخش مهمی از آن شامل تخمین عمر اجزای مختلف نیروگاهی می‌باشد.

در حال حاضر این موسسه دارای بیست گروه پژوهشی، شش شرکت تجاری و یک مرکز تحقیقاتی مهندسی (مرکز تحقیقات مهندسی ملی) و تعداد زیادی آزمایشگاه می‌باشد. طی سالیان اخیر تلاشهای گسترده‌ای جهت سرعت بخشیدن به استفاده از خروجی پین در صنعت و ترویج و توسعه محصول صورت گرفته است.

علاوه بر موارد فوق‌الذکر، بخش مهمی از فعالیتهای موسسه تحقیقات برق چین، به فعالیت در زمینه استاندارد اختصاص داده شده است که شامل سه کمیته استاندارد می‌باشد. یکی از این سه کمیته، کمیته ملی تعمیرات، نگهداری بر اساس وضعیت اجزا و مانیتورینگ آنلاین تجهیزات است. چارت موسسه مذکور در زیر آورده شده است.



شرکت LABORELEC

شرکت LABORELEC یک مرکز تخصصی در صنعت برق و انرژی است. این مرکز در سال ۱۹۶۲ به منظور حمایت از شرکتهای برق بلژیک تأسیس شد. مشاوره‌های کاری و تحقیقاتی این مؤسسه نقش بسزایی در بهبود انعطاف‌پذیری، افزایش راندمان و کارایی بخشهای مختلف تولید، انتقال و توزیع برق داشته است.

این مؤسسه توانایی ارائه پیشنهاد پژوهش و خدمات تخصصی در حوزه‌های مختلف صنعت برق را داراست و در این زمینه فعالیتهای گسترده‌ای را در نقاط مختلف دنیا انجام داده است. دفتر مرکزی این شرکت در نزدیکی بروکسل قرار دارد. علاوه بر این شعباتی در هلند، آلمان و خاورمیانه دارد و یک شرکت تابعه نیز در شیلی داراست.

همچنین شرکت LABORELEC، توانایی مشاوره و پشتیبانی در بخشهای مختلف فرآیند تولید نیرو را داراست و قابلیت برنامه‌ریزی جهت کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری نیروگاهها، از جمله توانمندیهای این شرکت می‌باشد. کارشناسان مجرب این شرکت، دارای توانمندیهای شایان توجهی در زمینه‌های تخمین عمر و افزایش عمر انواع تجهیزات صنعت برق می‌باشند. برخی از زمینه‌های کاری و خدماتی این شرکت عبارتند از:

- مانیتورینگ قطعات داغ
- تخمین عمر و افزایش عمر
- تست‌های غیرمخرب
- احتراق
- حفاظت در برابر خوردگی و پوشش
- آزمایشگاه مواد
- آنالیز شکست
- ارتعاشات

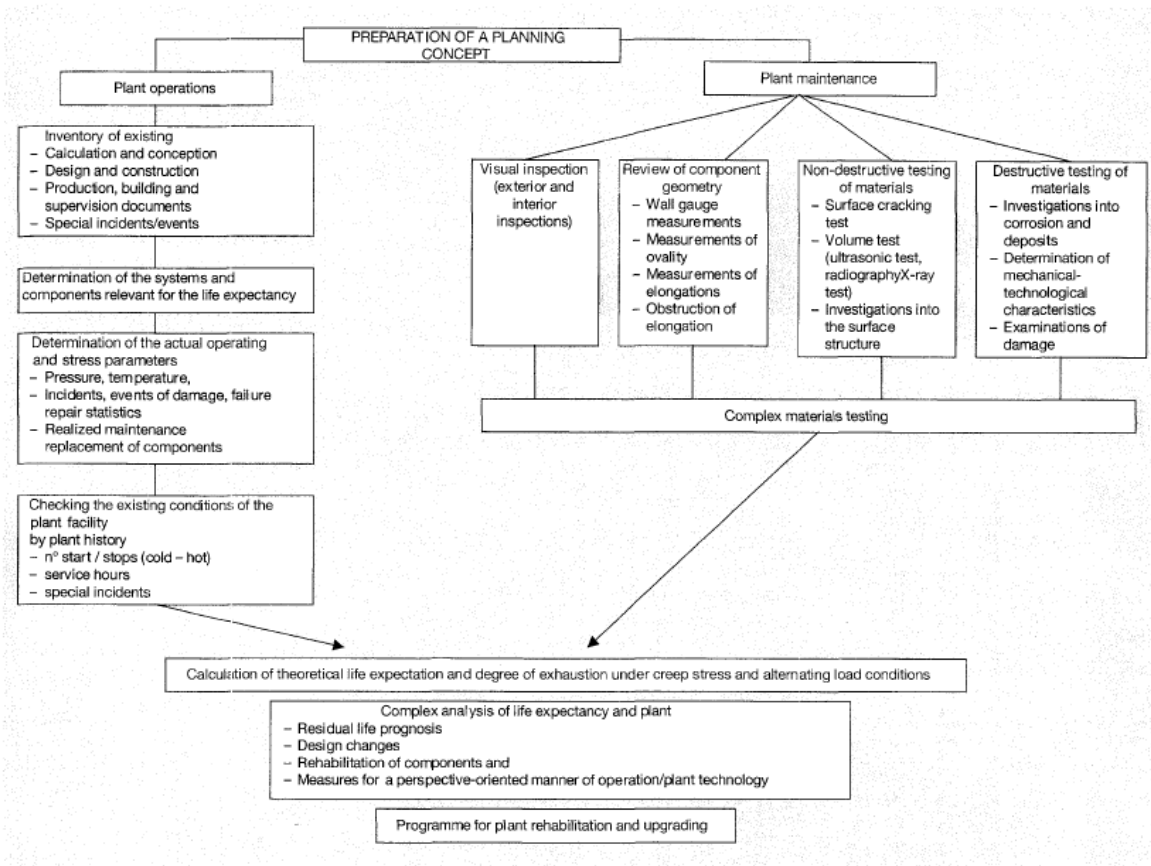


Figure 1. The LABORELEC 3-Level RLT methodology.

– شرکت VGB Power Tech

شرکت VGB Power Tech، انجمن فنی اروپا برای تولید برق است. کلمه VGB دارای اهمیت تاریخی است و مربوط به زمانی است که در سال ۱۹۲۰ این انجمن با همکاری دهها شرکت مرتبط با صنعت برق تاسیس شد. (به مناسبت انفجار یک دیگ بخار در دوسلدورف، این نامگذاری صورت گرفت). هدف اصلی این انجمن تولید مطمئن و پایدار برق برای تمامی نسلهاست. سایر فعالیتهای این مجموعه شامل برنامه ریزی، بهره برداری از نیروگاههای مختلف، نصب واحدهای نیروگاهی، هماهنگ سازی پروژههای مرتبط با تحقیق و توسعه در صنعت برق می باشد. موسسه مذکور دارای ۵۰۸ نفر پرسنل مجرب

است که ۴۷۲ نفر آنها از کشورهای عضو اتحادیه اروپا، ۱۹ نفر از کشورهای غیر از اتحادیه اروپا و ۱۷ نفر از ۱۱ کشور خارج از اروپا می‌باشند.

این موسسه، خدمات مختلفی از جمله مشاوره فنی در مسائل مرتبط با نیروگاهها ارائه می‌دهد. از جمله مهمترین فعالیتهای آن میتوان به فعالیتهای زیر اشاره کرد:

- مانیتورینگ و تخمین عمر تجهیزات مختلف نیروگاهی

- تخمین عمر لوله‌های بخار

- ارزیابی عمر خزشی لوله‌های بویلر

- مدیریت عمر

- ارزیابی خستگی در تجهیزات نیروگاهی

- انجام محاسبات تنش جهت بررسی عمر باقیمانده در خم لوله‌ها

- بررسی علل شکست تجهیزات نیروگاهی

علاوه بر موارد مذکور، گروه‌های کاری VGB به طور مداوم در زمینه توسعه و انتشار دستورالعملها و کاربرگهای اطلاعاتی که به عنوان استاندارد مبنای نیرو اپراتورهای نیروگاهی قرار می‌گیرند، فعالیت می‌نمایند.

- شرکت CESI

شرکت CESI با هدف توسعه بهینه تکنولوژی صنعت برق و مدیریت تجهیزات مرتبط با این صنعت تاسیس شده است. این شرکت در طی پنجاه سال در زمینه‌های مختلف در تست تجهیزات، ارزیابی وضعیت تجهیزات مختلف، مطالعات سیستم و... فعالیتهای گسترده‌ای انجام داده است. این شرکت در سراسر جهان موردکاوپهای متعددی را با موفقیت به انجام رسانده است. شرکت CESI با در دست داشتن ابزار مناسب و تخصص لازم، خدمات وسیعی را به صنعت برق سراسر جهان ارائه می‌دهد. در واقع CESI به عنوان یک شرکت پیشرو در ارائه خدمات فنی صنعت برق مطرح است. این شرکت یک مرکز مستقل و با تجربه است و عمده فعالیتهای آن نیاز به نوآوری دارد. شرکت مذکور به صورت شبکه‌ای فعالیت می‌نماید و متشکل از ۱۰۰۰ فرد

خبره بوده که در اقصی نقاط جهان فعالیت می‌نمایند. و فعالیتهای آنان از طریق نمایندگی‌های مستقر در سی و پنج کشور جهان پی‌گیری می‌شود. شعبات این شرکت در اروپا، خاورمیانه، آفریقا، آمریکای شمالی و آسیا مستقر می‌باشند. عمده خدمات این شرکتها در قالب راهکارهای پیشنهادی و عملی در جهت مقابله با چالش‌های تجهیزات صنعت برق می‌باشد. با توجه به گسترش روزافزون نیاز به انرژی الکتریکی، طیف وسیعی از قطعات فلزی جهت کارکرد در دمای بالا در نیروگاههای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این قطعات به دلیل قرارگیری در شرایط دشوار کارکرد در معرض آسیب‌های مختلف قرار دارند لذا لازمست که این تجهیزات در مراحل مختلف کارکرد مورد ارزیابی و تخمین عمر قرار گیرند و در موقع مناسب نسبت به جایگزینی آنها اقدام شود. شکل ۳ چرخه کاری قطعات را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمایش چرخه عمر تجهیزات و نقش تخمین عمر در ارزیابی آنها

در واقع هر قطعه دارای سه مرحله است:

ساخت

کارکرد عادی

کارکرد در آخر عمر

نحوه کارکرد در هر مرحله از عمر تاثیر مستقیم بر سایر مراحل دارد. علاوه بر این هر قطعه میتواند روی سایر اجزا تاثیر داشته باشد.

پیچیدگی ارتباط قطعات با یکدیگر و تقاضای رو به رشد برق باعث گردیده که شرکت CESI استراتژی مدیریت تجهیزات را در اولویت کاری خود قرار دهد. از آنجا که مدیریت عمر و تخمین عمر قطعات نیاز به حجم گسترده‌ای از اطلاعات مرتبط با کارکرد و نگهداری اجزا داشته، در شرکت CESI فعالیتهای متعددی در رابطه با بهینه‌سازی مدیریت موثر، نگهداری اجزا، اصلاح سیستم‌ها و ارتقاء ایمنی و امنیت کارکرد آنها صورت گرفته است. در این راستا شرکت CESI خط مشی جدید خود را بر ارزیابی عمر و تعیین وضعیت قطعات حساس متمرکز نموده است تا بر این اساس امکان تصمیم‌گیری مناسب در خصوص ادامه نیرو قطعات، بهینه سازی قطعات و یا جایگزینی آنها، میسر گردد.

فهرست مطالب

۱-۲- هوشمندی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۱
۱-۲- شناسایی حوزه های فناورانه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۳
۱-۱-۲- شناسایی تجهیزات مختلف نیروگاههای بخاری که نیاز به تخمین عمر دارند.....	۵
۱-۱-۱-۲- بررسی قسمتهایی از بویلر که نیاز به بازرسی دارند و انواع عیوبی که در هر قسمت تشکیل میشوند.....	۹
۱-۱-۱-۱-۲- لوله های بویلر.....	۹
۱-۱-۱-۲- واتروالها و اکونومايزرها.....	۱۱
۱-۱-۱-۳- هدر.....	۱۳
۱-۱-۱-۴- پایپهای بخار.....	۱۵
۱-۱-۱-۵- درام.....	۱۵
۱-۱-۲- بررسی قسمتهایی از توربین که نیاز به بازرسی دارند و انواع عیوبی که در هر قسمت تشکیل میشوند.....	۲۳
۱-۱-۲-۱-۲- کانال روتور Bore.....	۲۳
۱-۱-۲-۲- روتور یکپارچه.....	۲۷

۲۷	۲-۱-۱-۱-۳-شمار دیسک
۲۷	۲-۱-۱-۲-۴-نواحی اتصال پره به دیسک
۲۸	۲-۱-۱-۲-۵-پره ها
۲۹	۲-۱-۱-۲-۶-پیچها
۲۹	۲-۱-۱-۲-۸-پوسته
۳۳	۲-۱-۱-۲-۹-والوها و جعبه های بخار
۳۴	۲-۱-۱-۲-۱۰-دیافراگمها و جعبه های نازل
۳۵	۲-۱-۲-بررسی اجزای مختلف توربینهای گازی
۴۴	۲-۱-۳-معرفی روشهای مختلف تخمین عمر
۵۳	مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۲-۱- نمایش تقسیم بندی قطعات داغ نیروگاههای حرارتی..... ۶
- شکل ۲-۲- منحنی خزش درحالت ایده آل..... ۷
- شکل ۲-۳- نمایش هدر..... ۱۴
- شکل ۲-۴- نمایش درام و تجهیزات داخلی آن..... ۱۶
- شکل ۲-۵- نمایش مکانهای ایجاد ترک در روتورهای HP-IP..... ۲۶
- شکل ۲-۶- محل ترک خوردگی در منطقه اولین استیج نازل در پوسته یک توربین بخار..... ۳۱
- شکل ۲-۷- نمونه هایی از بازرسیهای پوسته توربین..... ۳۲
- شکل ۲-۸- نمایش شماتیک توربین گاز..... ۳۵
- شکل ۲-۹- اجزای محفظه احتراق در توربین..... ۳۷
- شکل ۲-۱۰- نمای کلی نمونه ای از ترانزیشن پیس..... ۳۸
- شکل ۲-۱۱- شماتیک عملکرد ترانزیشن پیس..... ۳۸
- شکل ۲-۱۲- محفظه احتراق توربین زیمنس V94.2..... ۴۰
- شکل ۲-۱۳- مشعل توربین زیمنس V94.2..... ۴۱
- شکل ۲-۱۴- مکان اینزرت برنر در محفظه احتراق..... ۴۲

شکل ۲-۱۵- نمای ظاهری اینترکیسینگ و هاب و نحوه قرار گیری هاب ۴۳

شکل ۲-۱۶- نمای ظاهری میکسینگ چمبر ۴۳

فهرست جداول

جدول ۱-۲- مکانیزم های تخریب لوله های بویلر	۱۰
جدول ۲-۲- نقاط بحرانی در بویلر و نواحی مورد بازرسی براساس دستورالعملهای مختلف	۱۸
جدول ۳-۲- سوپرهیتر ثانویه	۲۰
جدول ۴-۲- ری هیتر / سوپر هیتر	۲۰
جدول ۵-۲- سوپرهیتر اولیه	۲۲
جدول ۶-۲- نمایش انواع مختلفی از ترک که در روتورها پدید می آید	۲۵
جدول ۷-۲- ماتریس فناوری تخمین عمر	۵۱

هوشمندی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر
باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۲- مقدمه

یکی از مسائل مهم در کسب و کار، سرعت بالای تغییرات و تحولات در محیط فناورانه بوده که، توانایی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در این حوزه را بدون درک شایسته از موقعیت حال و آینده فناوری، ناممکن ساخته است. از اینرو شناسایی، ایجاد و توسعه شبکه همکاران تحقیقاتی و صنعتی با استفاده از رویکرد نوآوری باز و بکارگیری هوشمندی فناوری به منظور رصد دیده‌بانی تحولات فناورانه برای سازمان های فناوری محور و پیشرفت علم و فناوری که اثر مستقیم بر حوزه کسب و کار این سازمانها دارد، دارای اهمیت بالایی است. از سوی دیگر، رشد فزاینده اینترنت در افزایش منابع داده بر هوشمندی فناوری تأثیر بسزایی داشته، بکارگیری مناسب و استفاده از ابزار فناوری اطلاعات برای دست یابی و تجزیه و تحلیل این داده ها به یک نکته کلیدی در ایجاد هوشمندی فناوری تبدیل شده است. از این رو، راهبرد سازمان در شناسایی و اکتساب فرایند مناسب هوشمندی فناوری دارای اهمیت زیادی شده که یک سازمان در ادغام نوآوری و ایده از بیرون سازمان با مزیت های اصلی درون سازمانی به آن نیازمند است. در نتیجه سازمانها با ایجاد پیوند بین هوشمندی فناوری و نوآوری باز از طریق استقرار یک چارچوب نظام-مند میتوانند به هدف خود که افزایش ارزش هوشمندی فناوری است کمک کنند. به عبارت دیگر هوشمندی فناوری به عنوان ابزار رویکرد نوآوری باز از طریق ایجاد ارتباط بین دانش و ایده از خارج سازمان و مزیت های اصلی در درون سازمان باعث ایجاد مزیت رقابتی برای سازمان میشود.

پیش نیاز برنامه‌ریزی توسعه فناوری، نگاشت فضای تکنولوژیک موجود و پیش‌رو است. اطلاع کامل و دقیق از حوزه‌های مختلف تکنولوژیک موجود و ارتباطات آنها با یکدیگر، روند توسعه آنان، توانمندی‌های موجود، و زمینه‌های مورد تحقیق و توسعه، نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، پتانسیل، و مسیر پیش رو روش می‌سازد. هوشمندی فناوری، ما را در چندین فعالیت کلیدی در حوزه مدیریت فناوری و سیاست‌گذاری آن یاری می‌دهد:

-مسیرنماسازی، آینده‌نگاری فناوری.

- دستیابی به نگرشی کل‌نگرانه در مورد حوزه‌های فناورانه موجود و آینده

- شناسایی نقاط قوت و ضعف خود (شاخه‌های ضعیف یا کارنشد)

- شناسایی فرصت‌ها و تهدیدهای پیش رو (در حوزه فناوری)

- سیاست‌گذاری علوم و فناوری و تعیین زمینه‌های تحقیق و توسعه

- جلوگیری از دوباره‌کاری‌ها و افزونگی فناورانه

. یکی از مسایل مهم در زمینه مدیریت فناوری، اولویت‌گذاری سریع کشورها در زمینه این فناوری‌ها می‌باشد. در چند سال اخیر، فناوری تخمین عمر به عنوان یکی از فناوری‌های ضروری، در کشور ما از طرف مسئولین و پژوهشگران مورد توجه قرار گرفته است. پیش از تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در مورد اولویت‌ها، لازم است عرصه‌های کلیدی این فناوری جدید و زمینه‌های کاربردی از فناوری‌های پایه تا بازار به صورت شفاف و مختصر بیان شود تا بر اساس آن تصمیم‌گیری‌های کلان صورت گیرد. بدیهی است تصمیم‌گیری دیرنگام یا غیردقیق در این عرصه موجب از دست رفتن فرصت‌ها می‌گردد

در واقع ترسیم تحولات جهانی در عرصه تخمین عمر به تعیین اولویت‌ها و سمت و سوی کلان حرکت کشورها کمک می‌نماید. که این امر در جهت کمک به محققان و سیاست‌گذاران دولت و صنعت جهت انتخاب سریع فناوری‌های تخمین عمر مناسب اهداف خود نقش اساسی را ایفا می‌نماید. در این راستا اطلاع از اجزای مختلف نیروگاه‌های حرارتی و عوامل تخریب آنها و به دنبال آن بررسی تحولات جهانی در زمینه تخمین عمر قطعات داغ کمک شایانی به حرکت هدفمند در این مسیر می‌نماید. که در این گزارش به این مهم پرداخته شده است.

۲-۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

یکی از مشکلات اغلب کشورها، مواجهه با صنایع و تأسیساتی است که به پایان عمر طراحی خود رسیده‌اند. سرمایه‌گذاری‌های بسیار سنگین انجام شده برای این صنایع، شرایط اقتصادی، زمان لازم برای احداث تأسیسات جدید، محدودیت‌های اجتماعی و زیست محیطی و ... باعث شده است که کشورهای صنعتی جهت استفاده بهینه از امکانات موجود و افزایش طول زمان

بهره‌برداری از آنها تحقیق و سرمایه‌گذاری نمایند. این فعالیت‌ها که تحت عنوان تخمین عمر شناخته شده‌اند؛ بر این اصل استوار است که چگونه و با چه ابزاری می‌توان آگاهی پیدا کرد که یک قطعه، عمر مفید خود را پشت‌سر گذاشته و فقط بر اساس عمر طراحی، آن را از شبکه خارج ننمود. زیرا چه بسا قطعاتی هستند که عمر طراحی آنها به پایان رسیده، ولی هنوز امکان بهره‌برداری از آنها وجود دارد. منظور از کلمه عمر باقیمانده، مدت زمانی است که در طی آن قطعه مورد نظر، به احتمال زیاد و بدون مشکل بتواند بهره‌برداری شود و منظور از افزایش عمر یک قطعه این نیست که از این قطعه بیش از عمر مفید آن استفاده شود بلکه هدف بهره‌برداری حداکثر از قطعه در عمر مفید آن می‌باشد که ممکن است از عمر طراحی قطعه بیشتر باشد. بنابراین ملاحظه می‌شود که مهم‌ترین ابزار جهت استفاده بهینه از قطعات، دارا بودن دانش فنی برآورد عمر باقیمانده آنها می‌باشد که عموماً تحت عنوان تکنولوژی تخمین عمر باقیمانده شناخته می‌شود. بطور کلی اهداف تخمین عمر باقیمانده را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

۱- دانستن وضعیت فعلی،

۲- قابلیت اطمینان واحد،

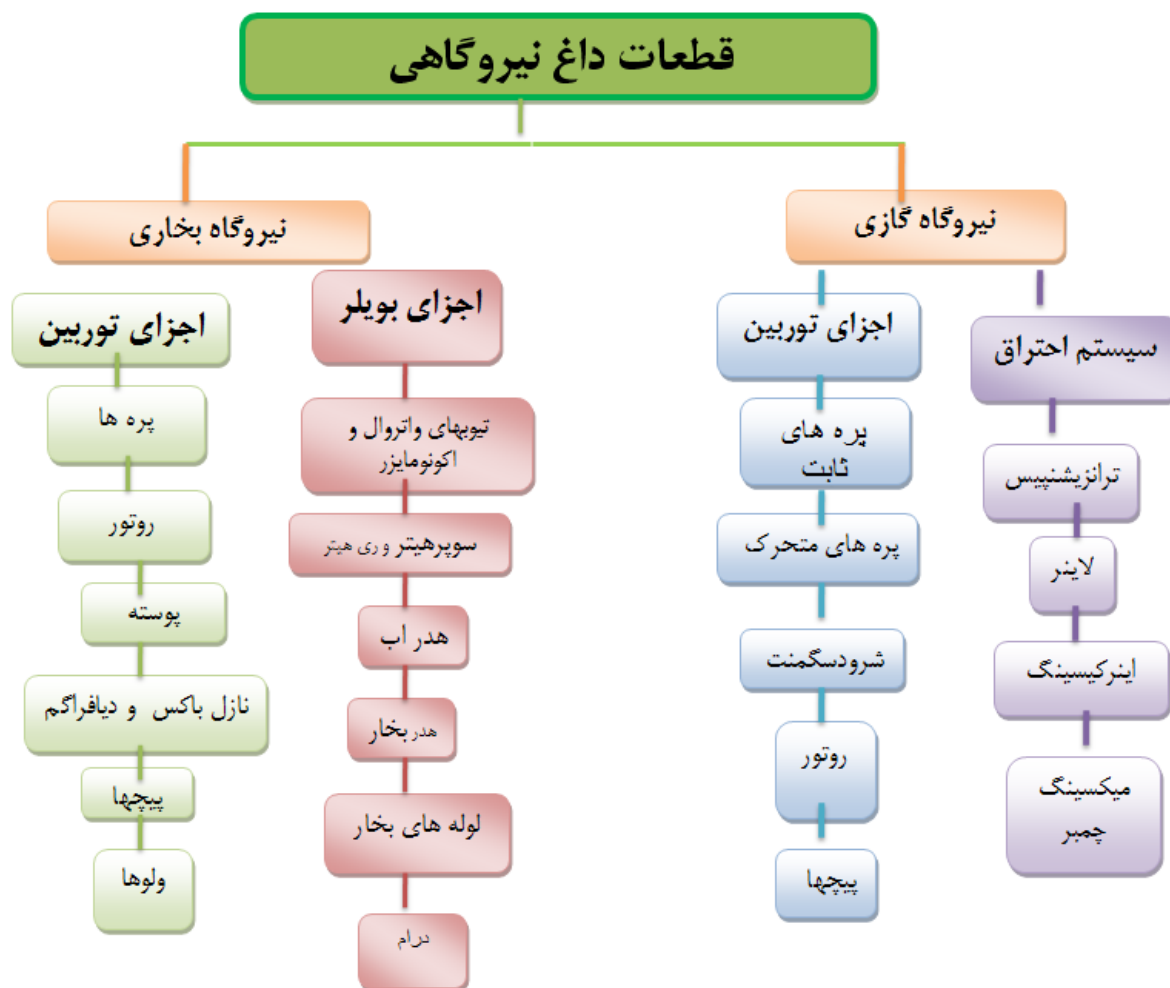
۳- فراهم آوردن اطلاعات لازم جهت تصمیم‌گیری برای تعویض، تعمیر، تغییر رژیم بهره‌برداری و یا ادامه بهره‌برداری.

در خصوص نیروگاهها از دهها سال قبل که صنعت نیروگاهها پای گرفته همواره میل به افزایش درجه حرارت کارکرد قسمتهایی نظیر بویلرهای نیروگاههای بخار و درجه حرارت ورود به توربین در واحدهای گازی وجود داشته است. با افزایش درجه حرارت کارکرد در این قسمتها می‌توان میزان کارائی (efficiency) یک نیروگاه را افزایش داد. اما افزایش درجه حرارت مشکلاتی از قبیل محدودیت در طول عمر قطعات در حال کار را به همراه داشته است. این مسئله نه تنها در مورد نیروگاهها بلکه در بخشهایی از صنعت نظیر صنایع هوایی، صنایع شیمیایی و فولادسازی نیز حائز اهمیت می‌باشد.

۲-۱-۱- شناسایی تجهیزات مختلف نیروگاههای بخاری که نیاز به تخمین عمر دارند

در میان تجهیزات مختلف نیروگاههای بخاری، تخریب تجهیزاتی که در دما و فشار بالا کار میکنند، از جمله معضلات همیشگی بوده است. جنس قطعه، ابعاد و شرایط کارکرد آن تعیین کننده مکانیزم تخریبی حاکم بر هر قطعه می باشد. اجزای بویلر و توربین از جمله مهمترین تجهیزاتی هستند که در معرض دما و فشار بالا قرار دارند. این قطعات در شرایط دمای بالا و تحت تنش، در مدت کار تحت اثر مکانیزمهای خوردگی، سایش، اکسیداسیون، خستگی و عمدتاً خزش قرار دارند. با توجه به شرایط دشوار کاری، شناسایی مکانیزمهای تخریبی قطعات مختلف، جهت ردیابی آسیبهای ایجاد شده از اهمیت بسزایی برخوردار است چراکه کاهش هزینههای نگهداری و بهره‌برداری، کاهش ریسک تخریب در حین کار و افزایش زمان بین تعمیرات، از اهداف برنامه‌ریزان صنایع نیروگاهی است. برای افزایش فواصل بازرسی و تعمیرات ضروری است تا آسیب وارده بر قطعه در مراحل ابتدایی ایجاد آسیب شناسایی گردد تا بدین ترتیب برنامه‌ریزیهای لازم جهت تعمیر، تعویض و یا تغییر شرایط بهره‌برداری، جهت مقابله با عیب ایجاد شده صورت گیرد.

با توجه به اهمیت موضوع، در این قسمت از گزارش قطعاتی از بویلر و توربین که نیاز به بازرسی دارند و همچنین مکانیزم تخریبی هر یک از آنها مورد بررسی قرار میگیرد. شکل (۲-۱) دسته‌بندی در نظر گرفته شده برای بررسی قطعات را نشان میدهد.



شکل ۲-۱- نمایش تقسیم بندی قطعات داغ نیروگاههای حرارتی

بطور کلی مهمترین مکانیزمهای تخریبی قطعات داغ نیروگاههای حرارتی شامل موارد زیر است در واقع عمده آزمونهای به عمل آمده روی نمونه ها نیز بر اساس ردیابی این موارد است:

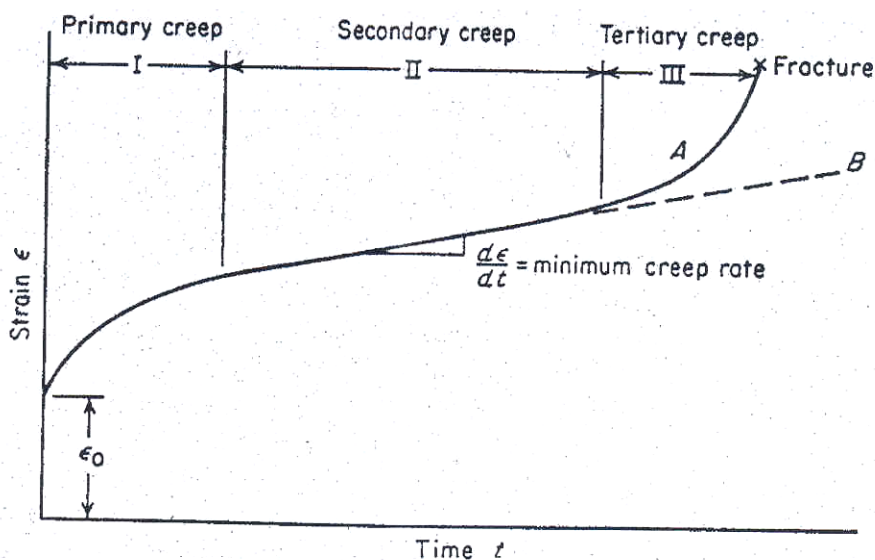
الف) خزش

خزش تغییر شکلی وابسته به زمان است که در درجه حرارت بالا و تحت تنش ثابت رخ می دهد. تغییرات ابعادی غیر قابل قبول ، گسیختگی ناشی از خزش و از کار افتادگی های موضعی بوسیله رشد ترک خستگی ، از جمله مواردی است که می تواند در نتیجه خزش در ماده به وقوع بپیوندد. قطعات داغ، مدت زمانهای طولانی تحت تنش های پائین و متوسط در دماهای بالا قرار

می‌گیرند. در این شرایط، خزش به عنوان یکی از اصلی‌ترین مکانیزم‌های تغییر شکل مواد عمل می‌نماید، لذا این اجزا بر پایه یک تنش منجر به گسیختگی یا یک مقدار ازدیاد طول در یک بازه زمانی طراحی می‌شوند و دارای یک عمر طراحی ویژه هستند.

برای اندازه‌گیری مقاومت به خزش در مواد، آزمایش‌هایی عموماً بر پایه بار ثابت صورت می‌پذیرد و نتایج کرنش برحسب زمان ثبت می‌شود.

نتایج آزمایشات خزش در حالت ایده آل، منحنی به مانند شکل (۲-۲) دارد.



شکل (۲-۲) منحنی خزش در حالت ایده آل

منحنی ذکر شده دارای سه مرحله جداگانه است. در مرحله اول، مکانیزم کنترل‌کننده خزش کرنش سختی است که روند کاهش شیب کرنش به خوبی آن را تایید می‌کند. در این شرایط ماده تمایل به ایجاد کرنش کمتری دارد. در مرحله دوم، برهم کنش بین کرنش سختی و تبلور مجدد و کرنش نرمی را داریم که توازن آنها شیب مرحله دوم را که با آهنگ خزش عمر

$\left(\frac{d\varepsilon}{dt}\right)$ بیان می شود، را باعث می شود. در مرحله سوم، آسیب های ایجاد شده مانند حفره دار شدن و در حالت حادثه آن، ایجاد ترک می تواند کنترل کننده خزش باشد.

ب) خوردگی و اکسیداسیون

از جمله مکانیزم های مهم تخریب، می توان فرایندهای خوردگی و اکسیداسیون را نام برد. برخی از مهمترین انواع خوردگی قطعات داغ عبارتند از:

خوردگی داغ نوع I (دمای بالا)، خوردگی داغ نوع II (دمای پایین)، اکسیداسیون درجه حرارت بالا و خوردگی سایشی؛ همچنین یکی از آسیب هایی که به وفور در فلزات یافت می شود، فرآیند واکنش فلزات و آلیاژها با هوا است که از آن تحت عنوان اکسیداسیون نام می برند. با بالا رفتن درجه حرارت اهمیت اکسیداسیون نیز بیشتر می گردد. برخی از قطعات داغ بواسطه شرایط کاری دمای بالا، همواره در معرض اکسیداسیون در درجه حرارت بالا قرار دارند.

ج) خستگی

از جمله عوامل موثر در کاهش عمر قطعات داغ می توان به خستگی اشاره نمود. خستگی فرآیندی موضعی و پیش رونده است که به علت وجود تنش های متناوب روی ماده بوجود می آید. در حالت کلی سه نوع خستگی وجود دارد که عبارتند از:

خستگی سیکل پایین، خستگی سیکل بالا و خستگی ترمومکانیکال

د- فرسایش

یکی از عوامل مخرب شناخته شده در قطعات داغ، فرسایش و سایش می باشد. این عامل تخریبی، در نتیجه برخورد ذرات خارجی و ذرات حاصل از احتراق می باشد. مخرب بودن این مکانیزم به پارامترهای مهمی نظیر ضخامت، مورفولوژی، جنس، چسبندگی و چقرمگی لایه اکسیدی و فلز پایه بستگی دارد.

۲-۱-۱-۱- بررسی قسمتهایی از بویلر که نیاز به بازرسی دارند و انواع عیوبی که در هر قسمت تشکیل

میشوند

تخریب قسمتهای مختلف بویلرهای نیروگاهی موجب وارد آمدن خسارات قابل توجهی به صنعت برق میگردد. از اینرو شناسایی قسمتهایی که در معرض آسیب قرار دارند و روند بازرسی آنها حائز اهمیت می باشد. در میان تجهیزات مختلف بویلر، لوله های بویلر (سوپرهیتر، ری هیتر، واتروال)، هدرها، پایپهای بخار و درام نیاز به بازرسی دارند. در این مبحث ضمن شناسایی این اجزاء، عیوب ایجاد شده در هریک از قسمتها مطرح و بررسی میگردد.

۲-۱-۱-۱- لوله های بویلر

تخریب لوله های بویلر مهمترین عامل خروج اجباری نیروگاهها در بیشتر کشورهای دنیا می باشد. فقط در ایالات متحده آمریکا ۵ بیلیون دلار در سال هزینه تعمیر و نگهداری نیروگاهها در اثر این مساله صرف می شود.

مکانیزم های اصلی تخریب لوله های بویلر در جدول (۱-۲) آورده شده است.

جدول ۲-۱- مکانیزم های تخریب لوله های بویلر

گسیختگی تنشی

اورهیت کوتاه مدت

خزش دما بالا

جوش های فلز نامتجانس

خوردگی سمت آب و بخار

خوردگی قلبیایی

آسیب هیدروژنی

حفره دار شدن (خوردگی موضعی)

خوردگی توام با تنش

خوردگی سمت آتش

خوردگی دما پایین

خوردگی واتروال

خاکستر زغال سنگ

خاکستر گازوئیل

فرسایش

نرمه خاکستر

ذرات زغال

سرباره

سوت بلاور

خستگی

ارتعاشات

حرارتی

خوردگی

عدم وجود کنترل کیفیت

عیوب مواد

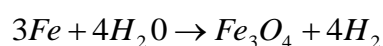
عیوب جوشکاری

آسیب ناشی از تمیز کاری

آسیب ناشی از گردش شیمیایی

۲-۱-۱-۱-۱-۲- واتروالها و اکونومايزرها

تقریباً تنها عامل محافظتی از خورده شدن سطوح سمت آب لوله، فیلم نازک Fe_3O_4 است. در واقع توانائی استفاده از فولادهای کربنی یا کم آلیاژی که گران نیستند و در تماس با آب با دما و فشار بالا هستند بدلیل واکنش بین آهن و آب خنثی یا کمی قلبائی عاری از اکسیژن می باشد یعنی:



سینتیک واکنش بصورت پارابولیک بوده و فیلم اکسیدی فقط شامل دو لایه داخلی و خارجی می باشد. در عمل لایه خارجی بندرت تشکیل می شود چرا که وقتی آهن به سمت خارج فیلم تشکیل شده Fe_3O_4 نفوذ می کند معمولاً در اثر جریان آب بویلر

کشیده شده و به همراه محصولات خوردگی ناشی از آب تغذیه در بویلر رسوب می کند. رشد فیلم Fe_3O_4 در لوله اکونومایزر مشابه واتروال می باشد. البته نکته قابل ذکر این است که سطح سمت آب در اکونومایزر از پستی بلندی و حفره های بیشتری نسبت به واتروالها برخوردار است مقاومت به خوردگی لوله های واتروال و اکونومایزر بستگی به حفظ فیلم محافظ Fe_3O_4 بر روی سطح در محدوده PH آب و در حضور آلاینده ها دارد.

مکانیزمهای اصلی زوال ناشی از خوردگی سمت آب را می توان بصورت زیر تقسیم نمود:

الف- خوردگی ناشی از سود^۱

ب- خسارت هیدروژنی^۲

ج- حفره دار شدن^۳

عامل اصلی در این مکانیزمها مقدار محصولات خوردگی رسوب یافته بر روی دیواره لوله ها می باشد. خوردگی ناشی از سود و خسارت هیدروژنی در نتیجه از بین رفتن لایه محافظ Fe_3O_4 در اثر غلظت مواد شیمیایی خورنده داخل رسوب اتفاق می افتد.

الف- خوردگی ناشی از سود

این خوردگی در اثر رسوب محصولات خوردگی ناشی از آب تغذیه که در آن NaOH می توانند PH را به مقادیر بالا افزایش دهد اتفاق می افتد در PH بالا، لایه محافظ Fe_3O_4 حل شده و خوردگی سریع اتفاق می افتد.

^۱-Caustic Corrosion

^۲-Hydrogen Attack

^۳-Pitting

ب) خسارت هیدروژنی

این خسارت در اثر تولید هیدروژن در حین خوردگی سریع سطح داخلی لوله ایجاد می شود. هیدروژن اتمی از داخل لوله نفوذ کرده و می تواند با کاربید آهن (Fe_3C) واکنش داده گاز متان (CH_4) تشکیل دهد. مولکولهای بزرگتر CH_4 در مرز دانه ها گیر افتاده و موجب تشکیل یک شبکه ناپیوسته ترکهای داخلی می شود این ترکها رشد کرده و بعضی از آنها به هم متصل شده و موجب گسیختگی در دیواره لوله می شود.

ج) حفره دار شدن

خسارات لوله بویلر بشکل حفره و یا خوردگی موضعی در اثر حمله اکسیژن یا شرایط اسیدی بر روی سطوح داخلی لوله بویلر می باشد. خوردگی موضعی موجب تشکیل سوراخها در دیواره لوله می شود وقتی که سطح کوچکی از لوله آندی و بقیه لوله کاند شود. شرایط آندی می تواند در اثر تماس لوله با آب خیلی اسیدی یا آب دارای اکسیژن زیاد و یا در شکافها ایجاد شود.

- خوردگی سمت آتش لوله های واتروال

خوردگی سمت آتش لوله های واتروال باعث خورده شدن سطح خارجی فلز در نهایت تخریب لوله های بویلر می شود. وجود اتمسفر احیا کننده در منطقه شعله در اثر احتراق ناقص احتمال افزایش چنین خوردگی را زیاد می کند.

۲-۱-۱-۱-۳-هدر

شمای هدر در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. هدر اساساً پایپی است که تیوپ ها به صورت محوری یا محیطی به آن جوش داده شده اند. فاصله بین تیوپ ها لیگامنت^۱ نامیده می شود. علاوه بر تیوپ ها، اتصالات پایپ به پایپ نیز وجود دارد.

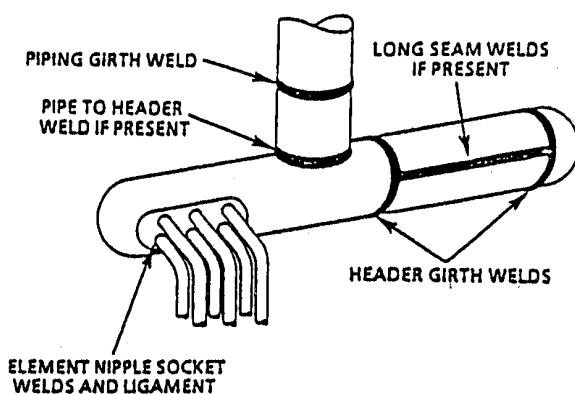
^۱ -Ligament

این اتصالات شاخه ای، T شکل و یا Y شکل می‌باشند. معمولاً جوش‌های زیادی از نوع پایپ به پایپ و پایپ به تیوب وجود دارند. خزش در جوش‌ها و خستگی حرارتی در لیگامنت‌های بدنه هدر از مکانیزم‌های اصلی آسیب می‌باشند.

علایم اولیه تخریب منسوب به خزش اغلب در جوش‌ها ظاهر می‌شوند. آسیب خزشی در فلز پایه عموماً با نرم شدن و برآمدگی بدنه که نشان‌دهنده تجمع حفرات خزشی است، اتفاق می‌افتد. تجمع حفرات خزشی بدون برآمدگی فقط در نواحی تمرکز تنش موضعی بالا یا تنش‌های چند محوری مشاهده شده است. به استثنا بعضی از حالات جوش‌های درزی طولی، آسیب خزشی در سطح بیرونی و به صورت حفرات، ترک‌ها و در نهایت نشت بخار پدید می‌آید. اگر چه ترک برداشتن جوش عموماً قابل شناسایی و تعمیر بوده و همچنین ضربه مهمی بر عمر کلی قطعه نمی‌زند ولی به دلایل زیر اهمیت دارند:

- ۱- تخریب جوش‌ها اغلب شروع کننده آسیب در بدنه هدر می‌باشند
- ۲- تخریب جوش‌ها در مکان‌های حساس صرفه نظر از شرایط فلز پایه باعث پایان یافتن عمر هدر می‌گردد.
- ۳- تعمیرات دوره ای غیر اقتصادی و در نهایت باعث از کار افتادگی هدر می‌شود.

با توجه به دلایل ذکر شده برآورد آسیب خزشی جوش‌ها اهمیت زیادی دارد.



شکل ۲-۳- نمایش هدر

۲-۱-۱-۱-۴- پایپهای بخار

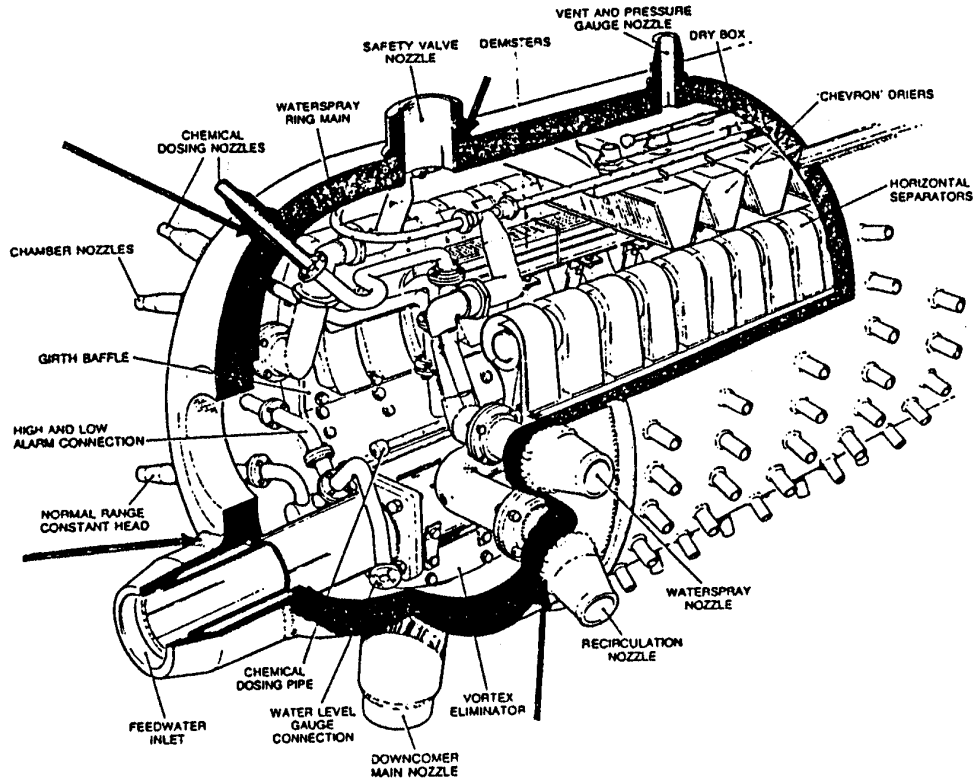
پایپ های بخار، بخار را از بویلر به توربین حمل می کنند. آنها پایپ هایی با خم ها و زانویی^۱ هستند اما هیچ تپویی به آن متصل نشده است. مسایل اصلی جوش های محیطی، خم ها، زانویی ها و جوش های درزی طولی است. آسیب خزش در جوش های محیطی کاملاً شبیه هدرها می باشد. خم ها و زانویی ها سطح تنش بالایی دارند و به همین خاطر تمایل به آسیب خزشی دارند. اگر دارای جوش های درزی طولی باشند معمولاً اولین نقاطی هستند که نشت رخ می دهد.

۲-۱-۱-۱-۵- درام

درام بویلر عموماً بزرگترین و گرانتترین قطعه یک تکه بکار رفته در بویلر است و در صورت نیاز به تعویض، انجام آن کار بسیار مشکلی است. در حین ساخت بویلر معمولاً درام قبل از قطعات دیگر نصب می شود. از آنجا که اصولاً درام یک مخزن جداره ضخیم است، مستعد آسیبهای ناشی از شوکهای حرارتی در اثر اشتباهات اپراتوری است. با فرض بهره برداری صحیح می توان از ایمنی کل درام بوسیله بازرسیهای عادی طی تعمیرات اساسی مطمئن شد. مهمترین این بازرسیها، بازرسی دقیق سازه های نگهدارنده درام است.

درام از ورقهای نورد شده با ساختمان اولیه مناسب و کنترل کیفی شده ساخته می شود. روش ساخت عبارتست از رول کردن ورق و سپس جوشکاری درزهای آن. روش جوشکاری باید طوری باشد که در طول عمر درام مشکلی بوجود نیاید. به هر حال حضور این جوشها در درام اجتناب ناپذیر است و انجام بازرسیهای غیرمخرب دقیق روی آنها الزامی است. همچنین کلیه اتصالات ورودی و خروجی درام به روش جوشکاری ایجاد شده اند. در واقع درام دارای اتصالات متعدد جوشکاری شده و بسیار نزدیک هم است (مطابق شکل ۲-۴) اگر یکی از آنها تخریب شود، خروج سیال از داخل درام می تواند باعث از کار افتادن آن گردد.

^۱ -Elbows



شکل ۲-۴- نمایش درام و تجهیزات داخلی آن

می‌توان بر روی درام تعمیرات موضعی انجام داد، اما این کار نیاز به عملیات حرارتی دارد و بسیار پر هزینه و وقتگیر است. بازرسی و تعمیر متعلقات داخلی درام بیشتر مربوط به فیتینگ‌های داخلی آن می‌شود. لوله‌های توزیع آب، لوله‌های خوراک دهی^۱ و نمونه‌برداری، جداکننده‌های بخار، بافلها^۲ و خشک‌کننده‌ها^۳ ثابتند و به درام پیچ شده‌اند و تعدادی هم اتصالات

^۱-Dosing

^۲-Baffle

^۳-Dryers

فلانچی وجود دارد. کنترل کلیه این موارد از نظر ایمنی و عدم وجود هر گونه نشانه‌ای از خوردگی یا سایش اهمیت دارد. البته شل شدن یک پیچ در یک درام به ندرت ساختمان داخلی درام را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ولی تخریب تعدادی از چفت و بستها نشانه وجود یک نقص یا تنش زائد در ناحیه ای از سیستم است. با توجه به مطلب مطرح شده، و با بررسی دستورالعملهای مختلف بازرسی می‌توان یک دسته بندی اجمالی جهت تعیین نقاط بحرانی بویلر داشت جدول (۲-۲) نمایانگر نقاط بحرانی بویلر می‌باشد. همچنین جداول (۲-۳)، (۲-۴) و (۲-۵) روشهای بازرسی را برای قسمتهای مختلف سوپر هیترو و ری هیترو نمایش میدهند.

جدول ۲-۲- نقاط بحرانی در بویلر و نواحی مورد بازرسی براساس دستورالعملهای مختلف

EPRI		MHI		دستور العمل بازرسی نیروگاههای روسی	درام
مکانیزم تخریب	نواحی مورد بازرسی	مورد بازرسی	نواحی مورد بازرسی	نواحی مورد بازرسی	
		حفره دار شدن	جداره داخلی	پوسته جوشها	
شوکههای حرارتی خوردگی موضعی خوردگی یکنواخت و سایش	کلیه جوشها سازه های نگهدارنده لوله های نمونه برداری ، جدا کننده های بخار، باقلها ، خشک کن ها، فیتینگ های داخلی لوله های توزیع آب پیچها و چفت و بستها	ترک خوردگی	- پوسته ها جوشها - تقویت کننده های محیطی -لوله های خوراک دهی		
		لجن	کف	کف	
خوردگی سمت آتش، خوردگی سمت آب سایش	لوله های واتروال	وجود پوسته (scale) ترک، باد کردگی جزئی سایش	سطوح خارجی	ناحیه بالاترین دما	اکونومایزر و واتروال
ترک	جوشهای پشت بندها	وجود پوسته	داخل لوله ها		
سایش در محل گلوبی شدن مسیر جریان گاز	لوله های اکونومایزر	بازرسی چشمی	محلهای اتصال به هدر و لوله های بخار		
خزش خستگی حرارتی	محل اتصال لوله به هدر درزهای طولی درزهای محیطی جوش اتصال انشعابی فاصله بین لوله ها سیستمهای نگهدارنده جوش کلاهکهای انتهایی	لجن	سطوح داخلی هدرهای پایینی	نواحی 450°C و بالاتر خمها و جوشها	هدرها
		بازدید ظاهری	سطح خارجی هدر		

EPRI		MHI		دستور العمل بازرسی نیروگاههای روسی	سوپر هیترها و ری هیترها
توضیحات	نواحی مورد بازرسی	مورد بازرسی	نواحی مورد بازرسی	نواحی مورد بازرسی	
خزش باد کردگی و وجود رسوب	کلیه لوله ها جوشهای غیر همجنس	بادکردگی -تغییر رنگ پیش آمدگی	کلیه لوله ها	نواحی با دمای بالاتر از ۴۵۰°C	
خزش خوردگی سمت آتش سایش خستگی	پلاتنها و لوله های معلق (روی و حد جلویی در جهت جریان گاز	بازرسی چشمی ترک در اتصالات جوشکاری	پشت بندها (Attachments) بافلهای ضد ارتعاش		
خزش، خوردگی سمت آتش سایش خستگی	زانوییها لوله های کنوکسیونی (لوله های ردیف اول) نواحی دما بالا (انتقال حرارت تشعشعی) محل اتصال به هدر لوله نگهدارنده اصلی جوشهای انتقالی				

خزش خستگی حرارتی	خمها، جوشهای سر به سر طولی جوشهای سر به سر محیطی، جوشهای غیر همجنس سیستمهای نگهدارنده هدر	-	نواحی 500°C و بالاتر	لوله های بخار
---------------------	---	---	--------------------------------------	---------------

جدول ۲-۳- سوپر هیتر ثانویه

توضیحات	مکانیزم تخریب	روشهای بازرسی	مکان بازرسی
۱- نمونه های قایقی شکل لازم است ۲- رپلیکاگیری لازم است	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	۱- برداشت انتهای هدر و بازرسی داخلی ۲- اندازه گیری ابعادی هدر ۳- آشکار سازی عیوب با اولتراسونیک ۴- ذرات مغناطیسی ۵- مایع نافذ ۶- پروب فیبرنوری ۷- ذرات مغناطیسی انتهای لوله	هدر خروجی
نمونه برداری از تیوب لازم است (آزمایش مخرب)	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی ۴- سایش ۵- جوش فلز غیر همجنس	تست ضخامت با اولتراسونیک	مجموعه تیوبها
رپلیکاگیری لازم است	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	۱- مایع نافذ ۲- ذرات مغناطیسی ۳- ذرات مغناطیسی برای انتهای لوله	هدر ورودی
--	۱- خزش ۲- خستگی ۳- شوک حرارتی	۱- آشکار سازی عیوب با اولتراسونیک ۲- پروب فیبر نوری	اتمپراتور
۱- نمونه های قایقی شکل لازم است ۲- رپلیکاگیری لازم است	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	۱- تست ضخامت با اولتراسونیک ۲- ثبت کرنش (ابعادی)	اتصالات لوله

جدول ۲-۴-ری هیتر/سوپر هیتر

مکان بازرسی	روشهای بازرسی	مکانیزم تخریب	توضیحات
هدر خروجی	۱- برداشت انتهای هدر و بازرسی داخل آن ۲- اندازه گیری ابعادی هدر ۳- آشکار سازی عیوب با اولتراسونیک ۴- ذرات مغناطیسی ۵- مایع نافذ ۶- پروب فیبرنوری ۷- ذرات مغناطیسی انتهای لوله	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	۱- نمونه های فابری شکل (Boat) برای آزمایش لازم است (مخرب) ۲- رپلیکاگیری لازم است
مجموعه تیوپها	تست ضخامت با اولتراسونیک	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی ۴- جوش فلز غیرهمجنس	نمونه برداری از تیوپ لازم است (آزمایش مخرب)
هدر ورودی	۱- مایع نافذ ۲- ذرات مغناطیسی ۳- ذرات مغناطیسی برای انتهای لوله	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	رپلیکاگیری لازم است
اتمپراتور	۱- آشکار سازی عیوب با اولتراسونیک ۲- پروب فیبرنوری	۱- خزش ۲- خستگی ۳- شوک حرارتی	--
اتصالات لوله	۱- تست ضخامت با اولتراسونیک ۲- ثبت کرنش (ابعادی)	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	۱- نمونه های فابری شکل لازم است ۲- رپلیکاگیری لازم است

جدول ۲-۵- سوپرهیتر اولیه

مکان بازرسی	روشهای بازرسی	مکانیزم تخریب	توضیحات
هدر خروجی	۱- برداشت انتهای هدر و بازرسی داخل آن ۲- اندازه گیری ابعادی هدر ۳- آشکار سازی عیوب با اولتراسونیک ۴- ذرات مغناطیسی ۵- مایع نافذ ۶- پروب فیبرنوری ۷- ذرات مغناطیسی انتهای لوله	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی	رپلیکاگیری لازم است
مجموعه تیوبها	تست ضخامت با اولتراسونیک	۱- خزش ۲- خستگی ۳- خوردگی ۴- سایش	نمونه برداری از تیوب لازم است (آزمایش مخرب)
هدر ورودی	۱- مایع نافذ ۲- ذرات مغناطیسی ۳- ذرات مغناطیسی برای انتهای لوله	۱- خزش ۲- خستگی ۳- شوک حرارتی	رپلیکاگیری لازم است
اتصالات لوله	۱- تست ضخامت با اولتراسونیک ۲- ثبت کرنش (ابعادی)	۱- خستگی ۲- خوردگی ۳- شوک حرارتی	رپلیکاگیری لازم است

۲-۱-۱-۲- بررسی قسمتهایی از توربین که نیاز به بازرسی دارند و انواع عیوبی که در هر قسمت

تشکیل میشوند

توربینها شامل اجزای مختلفی هستند که باید مورد بازرسی قرار گیرند. این اجزا شامل bore، شیار دسیک، نواحی اتصال پرهها به دیسک، پرهها، نازلها، پوسته، پیچها، رینگهای نگهدارنده، والوها و جعبه های بخار، دیافراگمها و جعبه های نازل می باشند که ضمن بررسی هر یک از این اجزا پیرامون عیوب مربوطه و روشهای شناسایی آنها بحث میشود.

۲-۱-۱-۲-۱- کانال روتور Bore

رشد ترک در کانال روتور ناشی از تلفیق خزش و خستگی است. در روتورهای HP که در دمایی حدود (۱۰۰۰ °F) (۵۳۸ °C) کار می کنند، خزش مکانیزم تخریبی غالب است. اما در روتورهای LP که در دماهای پایین تر کار می کنند، خستگی متداول است. غالباً نقاط حساس تر، نقاطی هستند که در معرض دما و فشار بالاتری قرار دارند. در دیسکها به علت بارگذاری جرمی^۱ تنش هوپ بیشتر می باشد. دما مهمترین عامل کنترل است. همچنین در بازرسی روتور HP، قطر داخلی کانال روتور و دیسکهای HP از نقاط حساس می باشند.

^۱ -Mass Loading

غالباً سه متد متداول جهت بازرسی کانال روتور مورد استفاده قرار می گیرد:

۱- آزمایش ذرات مغناطیسی

۲- ادی کارنت

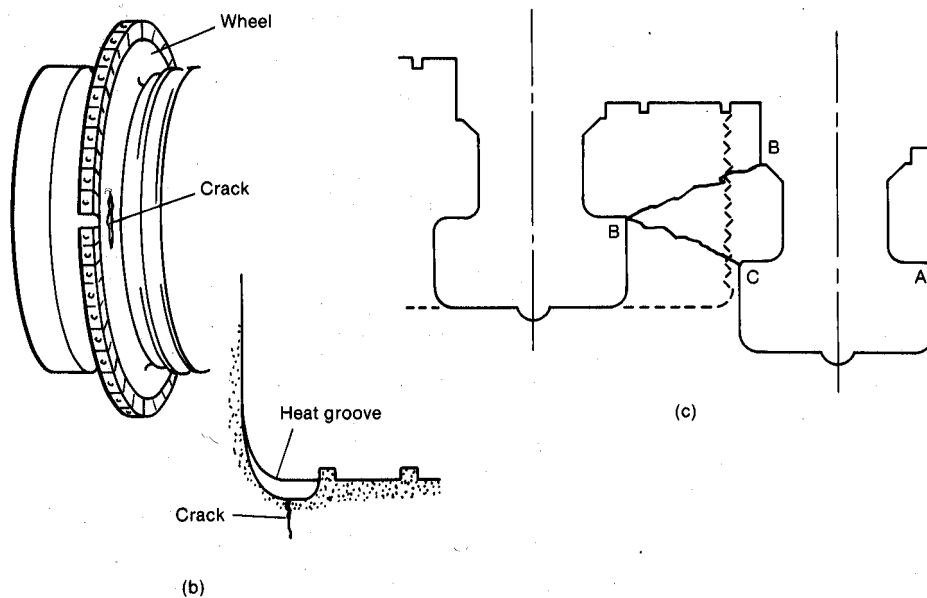
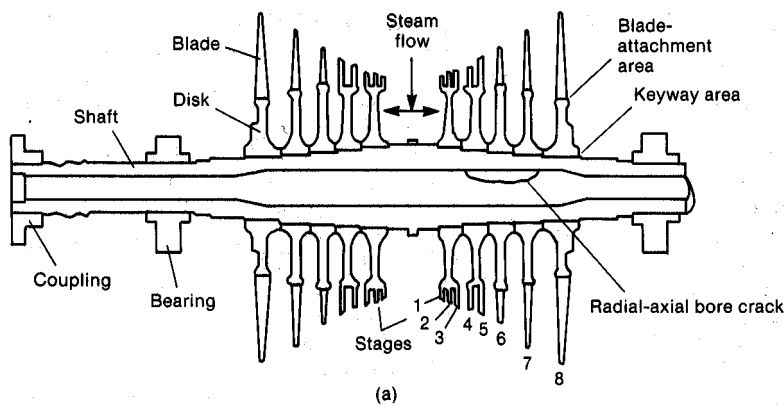
۳- آلتراسونیک

دو روش اول جهت تعیین ترکهای موجود در سطح مورد استفاده قرار می گیرند. روش ذرات مغناطیسی از طریق ایجاد میدان مغناطیسی محیطی در قطر داخلی کانال روتور اجرا می شود و بدین ترتیب میدان محیطی منجر به تعیین ترکهای محوری روی سطح کانال روتور می گردد. دومین روشی که جهت شناسایی ترکها بکار می رود ، ادی کارنت می باشد. جدول زیر ، انواع ترکهای ایجاد شده در روتورها و علل پیدایش آنها را نمایش می دهد.

جدول ۲ - ۶- نمایش انواع مختلفی از ترک که در روتورها پدید می آید

راه پیشگیری		علت ترک خوردگی	نوع ترک	جزء روتور
روتورهای جدید	روتورهای فعلی			
بهبود چقرمگی با کنترل تمیزی آلیاژ و جلوگیری از تردی حرارتی و هیدروژنی	خروج از سرویس با سنگ زنی لایه برداری نواحی ترکدار	چقرمگی کم و تنشهای حرارتی انتقالی	ترکهای شعاعی - محوری سوراخ مرکزی	شفت/ روتور LP
پیشرفت مواد با مقاومت در برابر حفره دار شدن ، بهبود طراحی برای کاهش تمرکز تنش ، کم کردن da/dn ، پوشش دادن	خروج از سرویس ، تعمیر با جوشکاری	خستگی پر خرجه همراه یا بدون خوردگی	ترکهای عرضی	
بهبود کیفیت سوراخ مرکزی، اصلاح عملیات حرارتی	خروج از سرویس ، سنگ زنی ، لایه برداری ، کاهش سرعت روش - خاموش شدن و سرد شدن با بخار	خزش به کمک خستگی کم چرخه یا بدون آن ، کم بودن چقرمگی خزشی به علت عملیات حرارتی نامناسب به همراه نامناسب بودن کیفیت سوراخ مرکزی	ترکهای شعاعی - محوری سوراخ مرکزی	روتور HP/IP
اصلاح عملیات حرارتی	خروج از سرویس ، استفاده از پره های سبکتر، سرد شدن با بخار، ماشینکاری ترکها	داکتیلیتی کم خزش	ترک خوردگی پره، groove-	دیوراه
استفاده از مواد اصلاح شده با مقاومت در برابر خستگی حرارتی	ماشینکاری ترکها ، افزایش شعاع	خستگی حرارتی	ترک خوردگی سطح روتور	

آلتراسونیک تنها روشی است که می تواند بصورت حجمی نیز، کانال روتور را مورد بازرسی قرار دهد. با تلفیقی از مبدل‌های زاویه‌ای می توان بازرسی‌های لازم را انجام داد. مبدل‌ها روی یک اسکرن نصب شده و اطلاعات روی سیستم نمایش آلتراسونیک ثبت می شود. شکل (۲-۵) نمونه ای از نواحی مستعد ترک در روتورهای HP-IP را نمایش می دهد.



شکل ۲-۵ - نمایش مکانهای ایجاد ترک در روتورهای HP-IP

۲-۱-۱-۱-۲-روتور یکپارچه^۱

امتیاز اصلی یک روتور بدون کانال، سطح پایین تنش آن در مقایسه با روتورهای کانال دار می باشد. سطح پایین تر تنش موجب می شود که روتورهای بدون کانال بتوانند در مقابل ترکهای بزرگتری مقاومت کنند. به همین دلیل مراحل بازمینی این روتورها مشکلات کمتری دارد.

۲-۱-۱-۲-۳-شیار دیسک

اولین عامل ایجاد ترک در شیارهای دیسک خوردگی تنشی است. تمرکز تنش زیاد در شیار باعث پیشرفت ترک می گردد. بازرسی ترکهای شیار با استفاده از محدوده ای از زوایای انکسار آلتراسونیک انجام می شود. تلفیقی از زوایای پروب برای هر دیسک انتخاب می شود طوری که طول داخل شیار قابل بررسی باشد.

۲-۱-۱-۲-۴-نواحی اتصال پره به دیسک

مکانیزم ایجاد ترک و رشد آن در محل اتصال پره به دیسک توربین^۲ به سه متغیر زیر وابسته می باشد:

۱- دمای کارکرد

۲- تنشها

۳- شرایط محیطی^۳

^۱ Solid Rotor

^۲ -Steeple

^۳ -Environment

در روتوهای HP و IP خزش اولین مکانیزم تشکیل ترک می باشد. در حالیکه در روتوهای LP، خوردگی تنش (SCC) تلفیق شده با خستگی، مهمترین مکانیزم تخریب است. به عبارت دیگر در مرحله اول ترکها بواسطه مکانیزم خوردگی تنش با سرعت کم رشد کرده، زمانیکه شدت تنش (K_I) از حد بحرانی (حد آستانه K_{th})^۱ بیشتر شود، مکانیزم خستگی، بعنوان مکانیزم غالب در رشد ترک مطرح می گردد. در چنین شرایطی به دلیل وجود نیروهای ارتعاشی، سرعت رشد ترک به میزان قابل توجهی زیاد است. در چنین شرایطی احتمال شکست قریب الوقوع زیاد است. ازاینرو انجام آزمایشات غیر مخرب جهت تعیین ترکها قبل از رسیدن شدت تنش به حد آستانه، الزامی است.

۲-۱-۱-۲-۵-پره ها

مکانیزم شکست پره های توربین، به دما، شرایط محیطی و تنش وابسته است. مکانیزم اصلی تخریب پره های متحرک توربین LP، خوردگی خستگی است. در حالیکه خزش پره های متحرک، فقط شامل پره های توربین HP می باشد. ترک در پره های متحرک در سه موقعیت زیر اتفاق می افتد: اتصالات پره ها، ایرفویل و زبانه^۲. انتخاب روش بازرسی هر یک از این مکانها، بستگی به نوع آزمایش (آزمایش با برداشتن پره صورت گیرد و یا اینکه پره در همان محل باشد) دارد. تستهای ادی-کارنت و ذرات مغناطیسی دو روشی هستند که برای بررسی اتصالات مربوط به سمت ورودی پره های متحرک بکار می روند. روش ادی کارنت، روشی مناسب است که بدون خارج کردن توربین از پوسته، انجام آن میسر می باشد. سوراخهای پوسته توربین جهت دسترسی به پره ها مورد استفاده قرار می گیرند. یک پروب ادی کارنت همراه یک پروب فیبر نوری که روی یک میله قرار گرفته اند از طریق سوراخ انتهایی و یژه بازرسی، داخل پوسته قرار می گیرند. اگر توربین از پوسته خارج شود، اتصالات پره جهت بازرسی مستقیم، در دسترس می باشند در این حالت ادی کارنت و یا تست ذرات مغناطیسی، می توانند

^۱ -Threshold

^۲ -Tenon

برای بررسی مورد استفاده قرار گیرند. تست ذرات مغناطیسی به دلیل سریع بودن ترجیح داده می شود همچنین WFMT با کویل‌های AC و یا یک یوک ترجیح داده می شود.

WFMT معمولترین روشی است که برای بازرسی طول پره استفاده می شود. در این روش پره ها بوسیله کویل AC مغناطیسی شده، مغناطیس کردن با AC منجر به زیاد شدن حساسیت آزمایش در سطح می گردد، در حالیکه میزان مغناطیس باقیمانده در پره ها حداقل مقدار خواهد بود. تنونهای پره ها در نوک پره ها قرار گرفته و شروع را نگهداشته است. ترک و شکست تنون باعث رها شدن شروع و در نهایت منجر به وارد ساختن آسیب مکانیکی به سایر پره ها می شود.

۲-۱-۱-۲-۶- پیچها

گسیختگی خزشی و شکست ترد از جمله عوامل اصلی شکست پیچها می باشند. پایین بودن تافنس منجر به شکست ترد شده و این پدیده ناشی از بالا بودن استحکام پیچهاست. مدت زمان کوتاهی پس از ایجاد ترک، شکست رخ می دهد.

آلتراسونیک تنها روشی است که برای بازرسی پیچها، بدون جداسازی پیچ از پوسته، مورد استفاده قرار می گیرد. در این نوع بازرسی دو شیوه آلتراسونیک بکار می روند، هنگامیکه سطح بالایی پیچ صاف باشد، بازرسی در صفر درجه صورت می گیرد. اما هنگامیکه سطح بالایی پیچ صاف نباشد، پرتو زاویه دار از سوراخهای هیتر ارسال می شوند.

۲-۱-۱-۲-۸- پوسته

در بررسی پوسته‌های فولادی ریختگی دو نکته حائز اهمیت وجود دارد. اول آنکه، معمولاً عمر پوسته‌های فولادی ریختگی که تحت بارهای طولانی مدت استاتیک قرار دارند. بالاتر از دیگر قطعات فورج شده توربین است، اولاً به خاطر فاکتور ایمنی بزرگتر که در طراحی در نظر گرفته شده است و ثانیاً به علت ضخامت بیشتر دیواره ها نسبت به نقشه اصلی (تولرانسها و فواصل مجازی که بنا به علل تکنیکی ریخته گری در نظر گرفته می شود).

دیگر آنکه، ترکهای ناشی از خزش و ترکهایی که در اثر خستگی کم چرخه (LCF) شروع می شوند، اغلب در شیارهای تیز و نواحی با تنش بالا ایجاد می شوند، بویژه وقتی در این نواحی نقاط ضعیفی چون آخال انقباضی و ترکهای ناشی از جوشکاری و

... وجود داشته باشد. از این رو انجام آزمایشات غیر مخرب بر روی سطح پوسته دارای اهمیت است، ولی کافی است که مناطق با تنش بالا بوسیله آنالیزهای مورد استفاده در بررسی نقاط ضعیف چک شوند. تجارب چندین ساله ثابت کرده است که ترکهای کوچک که از نظر عیوب ساخت قابل تحملند، موقعی که در نواحی با تنش پایین قرار داشته باشند، رشد نخواهند کرد. اما ترکهای موجود در مناطق با تنش بالا باید سنگزنی شوند اگر (با کنترل و محاسبه بوسیله روشهای آلتراسونیک) ثابت شود که عمق ترک بحرانی نیست و مناطق اطراف آن تحت تأثیر واقع نشده اند، امکان سرویس بیشتر نیز با وجود ترکها وجود دارد. علت ترک خوردگی در پوسته توربینهای HP/IP و پوسته والو اصلی می تواند بصورت زیردسته بندی شود.

۱- خستگی کم چرخه حرارتی (LCTF) ۲- تنشهای حرارتی بالا ۳- مشکل روشهای جوشکاری

خستگی کم چرخه حرارتی بعنوان فاکتور اصلی زوال پوسته توربین مطرح می باشد. پوسته توربین سطح تنش کمتری نسبت به روتور دارد. با این حال از آنجا که پوسته توربین وضعیت پیچیده ای دارد و از فولاد ریخته گری ساخته شده است، نمی تواند بطور کامل عاری از میکروتُرکها باشد، مشکلات زیر بیشتر رخ می دهد:

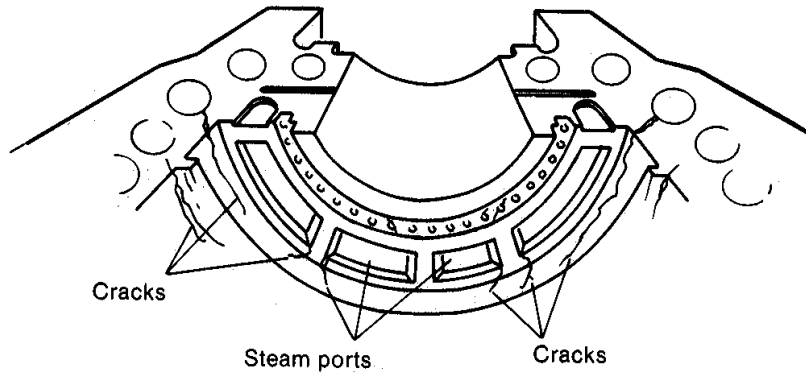
- ترک خوردگی در قسمتهای لبه ای که ضخامت دیواره کاهش می یابد، به خاطر تمرکز تنش

- ترک خوردگی به خاطر میکرو ترکهای باقیمانده در پوسته پس از ساخت

براساس مطالعات انجام شده، ترکها در پوسته توربین عموماً در مقاطع ورودی توربینهای HP و IP که تنشهای حرارتی بالا است، دیده می شوند (مطابق شکل (۲-۶)) در مقاطع HP و IP ترکها عموماً در سطوح داخلی جعبه های بخار، محفظه های نازل، پوسته های آب بندی، فیتینگ های دیافراگم و سوراخ پیچها مشاهده شده است.

روش بازرسی و آشکار سازی عیوب پوسته های توربین طبق پیشنهاد کمپانی هیتاچی، آلتراسونیک، ذرات مغناطیسی و مایعات نافذ می باشد. همچنین اندازه گیریهای ابعادی برای قسمت فلانچ پوسته جهت بررسی تغییر فرم سطوح اتصال پیشنهاد شده است. در صورت مشاهده چنین عیوبی در فلانچها می توان آن را بوسیله ماشینکاری اصلاح نمود.

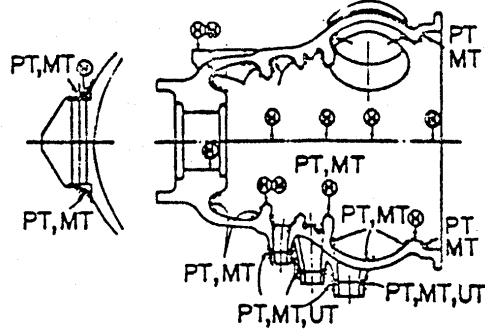
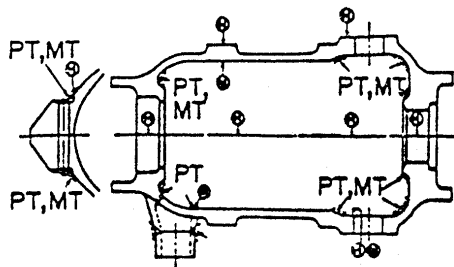
نمونه هایی از نقاط بحرانی پوسته های HP و IP و روشهای تست آنها جهت بازرسی، در شکل (۲-۷) آورده شده است.



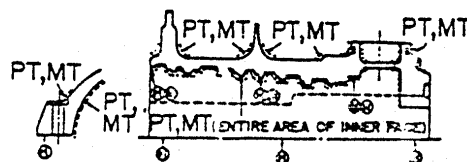
شکل ۲-۶- محل ترک خوردگی در منطقه اولین استیج نازل در پوسته یک توربین بخار

HP OUTER CASING

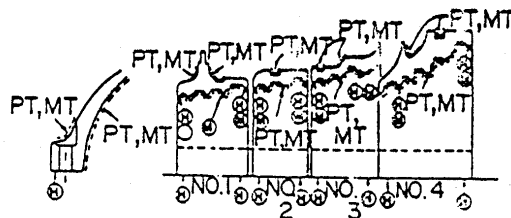
IP OUTER CASING



HP INNER CASING



IP INNER CASING



- UT : ULTRASONIC INSPECTION
- PT : LIQUID PENETRATION INSPECTION
- MT : MAGNETIC-PARTICLE INSPECTION
- M : MICROSTRUCTURE AND MACROSTRUCTURE INSPECTIONS
- H : HARDNESS MEASUREMENT

شکل ۲-۷- نمونه هایی از بازرسیهای پوسته توربین

۲-۱-۱-۱-۲-۹-والوها و جعبه های بخار

والو اصلی بخار در دمای بالا کار کرده و در نتیجه مشاهده شده که بدنه آنها دچار افت استحکام کششی و سختی می شود. در سالهای اخیر زوال رزوه های مادگی^۱ در والوهای اصلی بعضی از توربینها مشاهده شده است. در بررسی علل ایجاد این مشکل ثابت شده است که این رزوه ها مستعد شکست برشی ناشی از نازک شدن بخاطر اکسیداسیون، نرم شدن به خاطر گرم شدن طولانی مدت و آسیب خزشی می باشند. چون بدنه والوها مانند پوسته داخلی توربینهای HP قابل تعمیرند، لذا با جلوگیری از زوال رزوه های آنها می توان برای سالیان دراز از آنها استفاده کرد.

برای جلوگیری از زوال رزوه ها باید تنش روی آنها را با Oversizing یعنی کاهش ارتفاع رزوه و قطر آن کاهش داد. مدت زمانی که Oversizing لازم می شود به درجه حرارت کار، دوره های سفت کردن مجدد و ابعاد رزوه بستگی دارد. از آنجا که قابلیت اعتماد رزوه ها حتی موقعی که Oversize شده باشند، در اثر نرم شدن ماده کاهش می یابد، محدودیتی برای عمر والو تعیین شده است. این محدودیت از روی ماکزیمم دفعات مجاز Oversize کردن و مینیمم سختی قابل قبول بدنه والو تعیین می شود این مقادیر بعنوان استانداردهای تعویض ولو عمل می کنند. لذا می توان گفت در بازرسی والوهای سیستم بویژه والو اصلی بخار یکی از نقاط بحرانی رزوه های مادگی آن و آزمایش لازم اندازه گیری سختی دیواره است. علاوه بر آزمایش سختی، بررسیهای غیرمخرب و نمونه گیری از بدنه والو جهت تستهای مخرب نیز در قسمتهای مختلف والو انجام می شود. همچنین تخریب در نشیمنگاه والو معمولاً نتیجه سایش توسط ذرات حمل شده توسط بخار است. بدنه والوها (ساقه والو یا Stem)، بوشینگها و رینگهای آب بندی بوسیله سایش ناشی از حرکت بین دو سطح در تماس با هم^۲ دچار زوال می شوند. از اینرو در بازرسیها باید به این نقاط توجه داشت.

^۱-Female Threads^۲-Wear

در بررسیهایی که توسط کمپانی هیتاچی انجام گرفته، ترکهایی بر روی قسمت فلانچ والو دیده شده است طبق توصیه این کمپانی بدنه والو جهت کنترل ترک خوردگی باید مورد بازرسی غیرمخرب ذرات مغناطیسی، آلتراسونیک و رنگهای نافذ قرار گیرد. همچنین پوسته بالایی آن^۱ برای بررسی تغییر فرم باید مورد تست ابعادی قرار گرفته و صفحه مسدود کننده والو^۲ جهت کنترل ترک خوردگی، جدایش و سایش باید تحت آزمایش مایعات نافذ قرار گیرد. تستهای غیرمخرب آلتراسونیک، سختی سنجی، بازرسی چشمی، تست ابعادی و مایعات نافذ برای کنترل ترک خوردگی، سائیدگی و تغییر فرم پیچها و رزوه های والوها نیز پیشنهاد شده است.

۲-۱-۱-۱-۲-۱+ دیافراگمها و جعبه های نازل

در یک دیافراگم به خاطر اختلاف فشار بین جلو و عقب آن، تنش ایجاد شده و موجب تغییر فرم می گردد ، لذا فاصله بین دیافراگم و دیسک با زمان تغییر می کند.

بازرسی جعبه نازلی که از فولاد 12CrMoWV ساخته شده ، حاکی از کاهش استحکام کششی و سختی آن بوده است. همچنین منطقه جوش جعبه نازل از نواحی حساس آن می باشد طبق پیشنهاد کمپانی هیتاچی، منطقه جوش نازل، جهت کنترل ترک خوردگی، باید تحت تست آلتراسونیک، ذرات مغناطیسی و مایعات نافذ قرار گیرد. پره نازل جهت بررسی ترک خوردگی و سایش باید تحت تست مایعات نافذ و بازرسی چشمی قرار گیرد.

بررسی تغییر فرم دیافراگمها از طریق تست ابعادی انجام می گیرد.

^۱ -Upper Cover

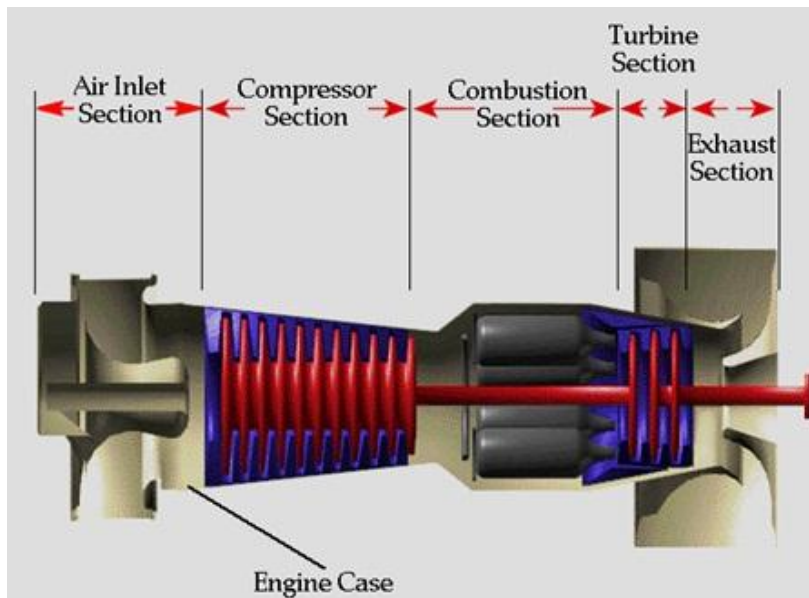
^۲ -Valve Sheet

۲-۱-۲- بررسی اجزای مختلف توربینهای گازی

در توربینهای گازی درجه حرارت گاز ورودی به یک توربین معمولاً بیشتر از ۸۰۰ درجه سانتی گراد می‌باشد و لذا قطعات مسیر داغ یک توربین گاز نیز تحت اثر پدیده خزش خواهند بود.

به طور کلی می‌توان گفت که یک توربین گازی دارای پنج بخش می‌باشد:

- ۱- تجهیزات هوای ورودی
- ۲- وسیله‌ای برای فشرده کردن هوا به نام کمپرسور،
- ۳- بستری برای انجام واکنش احتراق به نام محفظه احتراق
- ۴- وسیله‌ای برای استخراج کار به نام توربین.
- ۵- اگزوز



شکل ۲-۸- نمایش شماتیک توربین گاز

با توجه به شرایط کارکرد توربین گاز، اجزای سیستم احتراق و بخش توربین از جمله قطعات داغ نیروگاههای گازی محسوب می‌شوند از آنجائی که درجه حرارت گاز ورودی به بخش توربین‌های گازی معمولاً بیشتر از ۸۰۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. علاوه بر تخریبهای یاد شده نظیر خزش و خستگی تخریبهایی از نوع خوردگی داغ و اکسیداسیون در درجه حرارتهای بالا نیز ظاهر می‌شوند این نوع از خرابی ها به دلیل تغییراتی که در شکل قطعات بصورت موضعی ایجاد می‌کنند بالطبع باعث افزایش تنشها در این موقعیتهای می‌گردند که میزان خرابی‌های ناشی از پدیده‌های خزش و خستگی را نیز افزایش می‌دهند.

گرچه کمپرسورهای توربین گاز جزو قطعات دما بالا نیستند ولی با توجه به میزان خرابی کمپرسورها، طبق نظر اعضای محترم کمیته راهبری این طرح، قرار شد علاوه بر اجزای توربین و سیستم احتراق، اجزای کمپرسور نیز مورد بررسی قرار گیرند.

پره های توربین از جمله قطعات حساس در توربینهای گازی هستند. شرایط کاری پیچیده حاکم بر آنها، تخریب های زود هنگام و بعضاً غیر قابل پیش بینی را باعث می‌شود. خزش اصلی ترین عامل محدود کننده عمر در اجزای داغ از جمله پره های گردان می باشد و پس از آن خوردگی و خستگی قرار دارند.

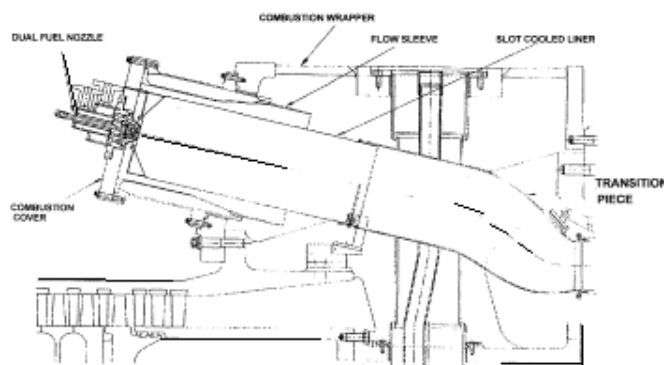
مطلب قابل توجه دیگر، برهم کنش آسیب های فوق است. شاید در هنگام کار پره‌های توربین کمتر اتفاق بیفتد که یک مکانیزم به تنهایی باعث ایجاد خسارت شود، لذا اهمیت در نظر گرفتن برهم کنش آسیب های اصلی درک می‌گردد. در توربین‌های گازی علاوه بر پره‌ها، قطعات زیادی نیاز به توجه و مراقبت زیاد دارند. این قطعات اکثراً مربوط به قسمت محفظه احتراق یا قسمتهایی که در معرض گازهای داغ خروجی از محفظه احتراق قرار دارند می‌باشند. این قطعات تحت عنوان قطعات مسیر داغ شناخته شده و شامل قسمتهای ذیل می‌باشند :

- روتور
- لاینر
- کلاهدک انتهایی
- نازل‌های سوخت
- کراس فایرتیوب

- نگهدارنده های ساکن توربین
- شرودسگمتتها
- ترانزیشن پیس
- ویا اینر کیسینگ و میکسینگ چمبر
- Flame tube

اغلب محفظه های احتراق بصورت هم مرکز حول محور کمپرسور و به دیواره بخش تخلیه پیچ می شوند . هوای مورد نیاز احتراق مستقیماً توسط کمپرسور تامین می شود. سوخت نیز توسط نازل های سوختی که بر روی هر کپ لاینر سوار شده اند وارد محفظه می گردد . هوای وارد شده به محفظه احتراق از طریق سوراخ ها و هواکش های لاینر وارد محفظه می شود. بخشی از هوا نیز به قسمت انتهایی لاینر رسیده و وارد کپ لاینر و نازل می شود . مخلوط سوخت و هوا ابتدا توسط جرقه زن-هایی که بر روی دو محفظه احتراق نصب شده اند مشتعل می شود . محفظه های بدون جرقه زن نیز توسط لوله های کراس فایر مشتعل می شوند .

شکل (۲-۹) اجزای محفظه احتراق را به طور شماتیک و مونتاژ نشان می دهد .

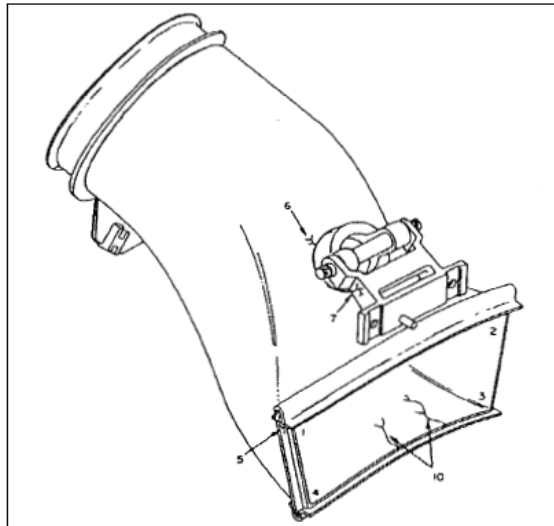


شکل ۲-۹- اجزای محفظه احتراق در توربین

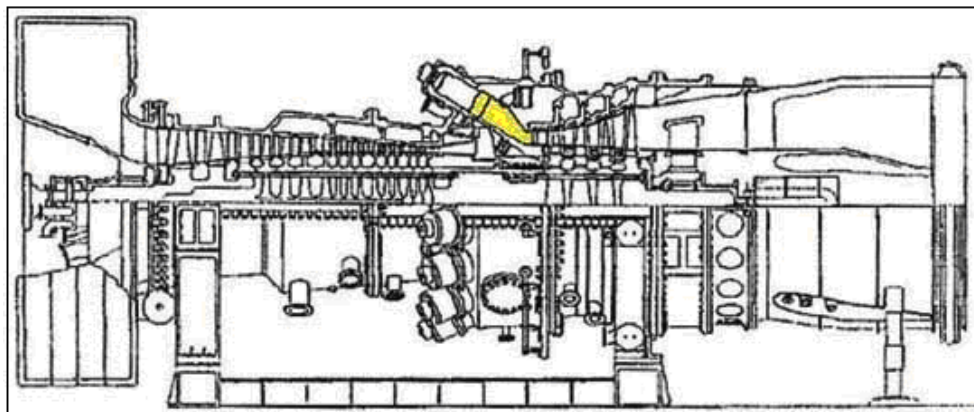
موتناژ محفظه احتراق به این صورت می باشد که ابتدا ترانزیشن پیس به نازل ردیف اول وصل می شود و سپس Combustion casing به ترانزیشن پیس متصل می گردد

ترانزیشن پیس یکی از قطعات مهم مسیر گاز داغ توربین های گازی است که وظیفه انتقال گازهای داغ محفظه احتراق را به پره های ثابت ردیف اول بر عهده دارد .

نمای کلی ترانزیشن پیس در شکل (۱۰-۲) نشان داده شده است .



شکل ۱۰-۲- نمای کلی نمونه ای از ترانزیشن پیس



شکل ۱۱-۲- شماتیک عملکرد ترانزیشن پیس

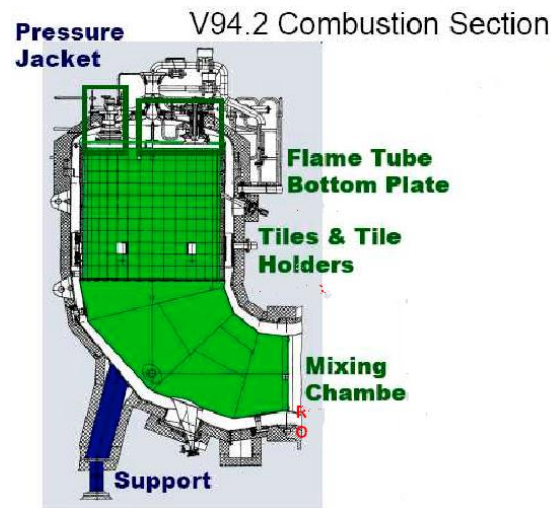
عملکرد اصلی ترانزیشن پیس هدایت و تغییر شکل (و جهت) گازهای محترق شده ، از خروجی محفظه احتراق تا پره های ثابت ردیف اول می باشد . شکل (۲-۱۱) شماتیک این فرآیند را نشان می دهد . این گازهای محترق شده بصورت دایره ای شکل از محفظه احتراق خارج می شوند و جهت و ارتفاع آنها نسبت به پره های ثابت ردیف اول متفاوت می باشد . ترانزیشن پیس که در واقع به عنوان یک کانال برای عبور گازها عمل می نماید ، شکل مدور این گازهای محترق شده را تغییر داده و این گازها را به صورت بخش هایی از حلقه های دایره ای شکل افقی به سمت پره های ثابت ردیف اول هدایت می نماید . با اینکار فلوی جریان گازهای ورودی به توربین بسیار منظم تر و یکنواخت تر شده و تلفات حرارتی ایجادی در حداقل مقدار ممکنه قرار می گیرد .

قسمت جلویی (ورودی) ترانزیشن پیس به قسمت انتهایی محفظه احتراق متصل می شود . جهت جلوگیری از نشتی هوای کمپرسور از میان این اتصال، بر روی قسمت انتهایی محفظه احتراق یک سیل انعطاف پذیر یا فنری قرار می گیرد . قسمت انتهایی (خروجی) ترانزیشن پیس بر روی پره های ثابت ردیف اول توربین متصل می گردد. قطعه ترانزیشن پیس در قسمت جلویی بر روی یک نگهدارنده انعطاف پذیر تکیه داده می شود که این نگهدارنده به پوسته وصل می شود . این نگهدارنده بصورت یک صفحه طراحی می شود که اجازه تغییرات ابعادی ناشی از حرارت را تنها در جهت محوری ترانزیشن پیس و محفظه احتراق ایجاد می نماید . در قسمت انتهایی نیز یک گیره محکم کننده ، ترانزیشن پیس را به پره های ثابت ردیف اول وصل نموده و آن را در جای خود نگه می دارد .

در برخی از توربینها (V94.2)، محفظه احتراق و ملحقات آنها به شرح زیر است:

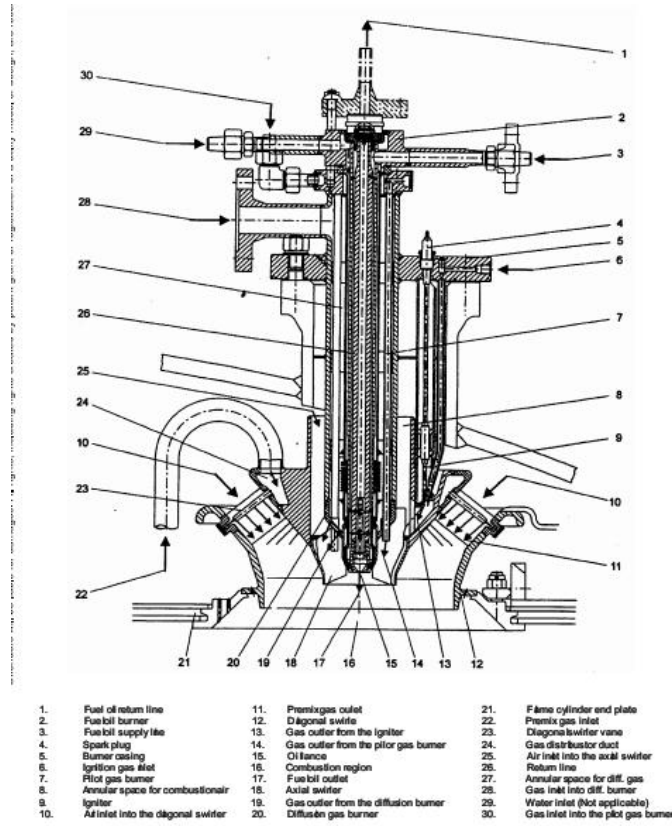
توربین شامل دو محفظه احتراق از نوع سیلو است که در دو طرف آن و به صورت عمودی قرار داشته و به پوسته توربین متصل می گردند. این نوع طراحی امکان استفاده از انتقال هم مرکز هوا و گاز کم سرعت از کمپرسور به محفظه احتراق و از محفظه احتراق به توربین را فراهم می کند و باعث افت فشار کمتر می گردد. هوای کمپرسور از بین پوسته داخلی و خارجی محفظه احتراق گذشته و قطعات در معرض هوای گرم را خنک می کند از طرف دیگر تقارن و دو بار تغییر مسیر جریان باعث ایجاد دما و فشار یکنواخت تر در ورودی توربین می گردد.

هر محفظه احتراق دارای ۸ عدد برنر می باشد که با سوخته های مایع، گازی و حالت دو سوختی می توانند کار کنند. سطح داخلی محفظه احتراق با مواد نسوز پوشیده شده است. این محفظه احتراق انعطاف پذیری بزرگی را در ابعاد و شکل بندی ایجاد کرده است که باعث در دسترس بودن و سهولت در بازرسی و تعمیرات شده است. شکل (۲-۱۲)، اجزای محفظه احتراق را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۲- محفظه احتراق توربین زیمنس V94.2

مشعل بخش اصلی محفظه احتراق محسوب می شود (شکل (۲-۱۲)). کارکرد مشعل در سه حالت کلی گازی پیش مخلوط، گازی نفوذی و سوخت مایع می باشد. در شرایط گازی پیش مخلوط (pre mix gas burner) قسمت اعظم هوا از طریق diagonal swirler و بقیه آن از طریق axial swirler و با چرخش ایجاد شده توسط پره های آنها وارد محفظه احتراق می گردند و به طبع آن هوای موجود در محفظه احتراق نیز در همان جهت شروع به گردش می کند. گاز طبیعی بوسیله توزیع کننده بین برنرها تقسیم شده و وارد پره های diagonal swirler شده و با هوا مخلوط می گردد و سپس وارد محفظه احتراق می شود.



شکل ۲-۱۳- مشعل توربین زیمنس V94.2

اینزرت برنر یکی دیگر از قطعات موجود در محفظه احتراق توربین گازی زیمنس V94.2 می باشد. این قطعه بصورت یکپارچه در اطراف مشعل های محفظه احتراق توربین قرار گرفته است. شکل (۲-۱۴) محل قرارگیری این قطعه در توربین را نشان می دهد. تعداد قطعه اینزرت برنر در هر محفظه احتراق ۸ عدد و در توربین گازی زیمنس برابر با ۱۶ عدد می باشد. این قطعه از فولاد زنگ نزن مقاوم به حرارت نیویوم دار ساخته می شود و مشخصه DIN آن GZ-X10NiCrNb32-20 است.



شکل ۲-۱۴- مکان اینزرت برنر در محفظه احتراق

هاب یکی از قطعات اینرکیسینگ توربین گازی زیمنس V94.2 می باشد. این قطعه بصورت استوانه‌ای شکل درون اینرکیسینگ قرار دارد و یک سر آن به اینرکیسینگ جوش داده شده است. محصولات احتراق پس از عبور از میکسینگ چمبر درون اینرکیسینگ آمده و پس از برخورد به هاب، هدایت شده و وارد توربین می‌گردد. شکل (۲-۱۵) نمای ظاهری اینرکیسینگ و هاب و شکل (۲-۱۶) نمای ظاهری میکسینگ چمبر را نشان می‌دهند.



شکل ۲-۱۵- نمای ظاهری اینرکسیسینگ و هاب و نحوه قرار گیری هاب



شکل ۲-۱۶- نمای ظاهری میکسیسینگ چمبر

در کلیه توربینهای گازی دمای اجزای سیستم احتراق می‌تواند فوق العاده بالا برود و تغییرات دمایی شدیدی نیز در هنگام شروع و توقف کار توربین در اثر عمل احتراق آن رخ می‌دهد. لذا یکی از حالت‌های اصلی تخریب آنها خستگی سیکل پایین است تنش های حرارتی نیز همواره وجود دارند و در مجموع نیاز است تا در طراحی آنها موضوع خنک کاری دیواره‌ها و خستگی حرارتی در نظر گرفته شود. عمل احتراق نیز ذاتا باعث ایجاد لرزش‌های با فرکانس بالا می‌شود که باعث ایجاد

خسارت خستگی خواهد شد در صورتی که ضخامت دیواره نسبتاً کم باشد یکی دیگر از خسارتهای ایجاد شونده در این قطعات تخریب‌های موضعی در اثر اکسیداسیون است. سایر اجزا نیز بر حسب نوع قطعه و شرایط کارکرد در معرض مکانیزمهای تخریب متفاوتی قرار دارند.

علاوه بر قطعات داغ توربین گاز، کمپرسورها از اجزای در معرض تخریب در نیروگاههای گازی هستند که لازمست به وضعیت آنها توجه شود. کمپرسور یکی از اجزای اصلی واحدهای گازی است که وظیفه تامین هوای احتراق و خنک‌کاری توربین گاز را بر عهده دارد. فرآیند بدین صورت است که هوا با دما و فشار محیط از کمپرسور وارد شده و با چرخش روتور از سمت دیگر کمپرسور هوای گرم با دما و فشار بالاتر از محیط خارج می‌گردد. شرایط کاری ذکر شده باعث می‌گردد اجزای کمپرسور در حین بهره‌برداری تحت مکانیزمهای آسیب مختلفی همچون خستگی، خوردگی، سایش، برخورد ذرات خارجی و... قرار گیرند. آسیب‌های وارده منجر به ترک خوردگی، تغییر شکل ایرفویل پره‌ها، تخریب پره‌ها و یا کاهش راندمان کمپرسور می‌شوند. بنابراین لازم است جهت پیشگیری از حوادث غیرمنتظره به صورت منظم وضعیت اجزای کمپرسور کنترل گردد.

همانطور که ذکر شد بسیاری از قطعات موجود در نیروگاهها اعم از بخاری و یا گازی در شرایط وجود خزش (درجه حرارت بالا) کار می‌کنند و لذا تخمین طول عمر هر یک از آنها حائز اهمیت می‌باشد. اینگونه محاسبات برای جلوگیری از توقف‌های بیش‌بینی نشده در برنامه زمانبندی سرویس سیستم ایمنی و ترسیم استراتژی لازم جهت پیش‌بینی زمان تعویض قطعات و همینطور تمدید طول عمر آنها ضروری می‌باشد. هر یک از موارد فوق فواید ایمنی، پتانسیل جلوگیری از زیانهائی به بزرگی \$۱۲۰۰۰۰ در روز را برای یک نیروگاه MW۵۰۰ در بر خواهد داشت. اما بیشترین سود می‌تواند ناشی از توانایی تمدید طول عمر مجاز نیروگاهها باشد که خود کاهش سرمایه گذاری کلان برای ساخت نیروگاههای جدید و همینطور کاهش اثرات نامطلوب ناشی از تخریب آنها بر محیط زیست را در بر خواهد داشت.

۲-۱-۳- معرفی روشهای مختلف تخمین عمر

به دلیل شرایط دشوار کاری قطعات داغ و در نتیجه وجود مکانیزمهای تخریبی مختلف لازم است نسبت به ارزیابی وضعیت آنها اقدام شود. ارزیابی عمر باقیمانده قطعات داغ فرآیند آسانی نبوده بلکه نیاز به دقت، زمان و هزینه لازم دارد تا بتوان مناسبترین

ارزیابی را صورت داد. از طرف دیگر زمان کارکرد قطعه مورد بررسی و همچنین در دسترس بودن یا نبودن تاریخچه بهره‌برداری، عوامل دیگری هستند که باعث گردیدند فرآیند تخمین عمر بصورت مرحله‌ای صورت پذیرد. بدین صورت که بطور معمول از روشهای ساده محاسباتی شروع شده و در نهایت به روش‌های دقیق مخرب ختم می‌گردد. بطور کلی گردشکار ارزیابی عمر باقیمانده تجهیزات نیروگاهی به سه مرحله تقسیم می‌شود که عبارتند از:

مرحله ۱- روشهای محاسباتی

مرحله ۲- روشهای غیر مخرب

مرحله ۳- روشهای مخرب

البته هر یک از مراحل فوق نیز، خود به روشهای متفاوتی تقسیم شده و دارای فازهای مختلفی می‌باشند. به عنوان مثال در مرحله اول، ابتدا با روشهای محاسباتی ساده شروع می‌شود و در صورت نیاز به روشهای محاسباتی دقیق‌تر و کامل‌تر رجوع می‌گردد.

موضوع دیگر در فرآیند ارزیابی عمر باقیمانده دستورالعمل انجام آزمایشها و روشهای گوناگون است. بدین معنی که در هر روش، فرآیند ارزیابی بایستی چه مرحله‌ای را طی نماید تا نتیجه مورد نظر حاصل گردد.

در روش محاسباتی با در اختیار داشتن تاریخچه بهره‌برداری قطعات و خواص اسمی آلیاژها، نقشه ابعادی دقیق و پارامترهای واقعی کارکرد همچون دمای گاز ورودی و... دستورالعمل روشن کردن، دستورالعمل خاموش کردن و سایر اطلاعات مرتبط تخمین عمر صورت می‌گیرد. در این روش با استفاده از مدل‌های تئوری (برای مکانیزم‌های خزش، خستگی و خوردگی و...) و با استفاده از داده‌های معتبر مربوط به آلیاژ و ثوابت معادلات تئوری، عمر باقیمانده قطعه تخمین زده می‌شود.

اگر چه نتایج حاصل از روشهای محاسباتی غیر دقیق و محافظه کارانه می باشد ولی در عین حال این روشهای تحلیلی به عنوان قدم اولیه ضروری جهت شناسایی محللهای ضعیف و آسیب پذیر در نظر گرفته می شوند.

در روش غیرمخرب با انجام آزمونهای غیرمخرب امکان ارزیابی وضعیت قطعه مشخص می گردد. بازرسی های غیرمخرب متداول شامل بخشی از روشهای غیرمخرب تخمین عمر می گردند. برخی از این روشها عبارتند از مایعات نافذ، ادی کارنت، رادیوگرافی، ذرات مغناطیسی و آلتراسونیک، که برخی عیوب سطحی و برخی دیگر عیوب موجود در حجم قطعات را ردیابی می نمایند. با توجه به اهمیت آزمونهای غیر مخرب توضیحات آزمونهای متداول غیرمخرب در این بخش ذکر شده است:

الف) روش مایعات نافذ:

تست مایعات نافذ یکی از تستهای غیر مخربی است که جهت بازرسی قطعات مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. روش مایعات نافذ فقط قادر به ردیابی عیوبی است که به سطح راه داشته باشند و در شناسایی چنین عیوبی نیز توانایی تعیین عمق عیب را ندارد از این جهت لازمست که سایر متدهای غیر مخرب نیز مورد استفاده قرار گیرند

ب) روش بازرسی چشمی

انواع مختلفی از تجهیزات بازرسی چشمی طراحی شده اند که از چشم غیر مسلح گرفته تا انواع مختلفی از بروسکوپها را شامل می شوند. در بروسکوپها غالباً یک هدایت کننده نوری به فیبر نوری و یک لامپ تولید نور سفید در سیستم آشکار سازی استفاده می شود. البته برای بازرسی سطوحی که تحت مایعات نافذ فلورسنت قرار گرفته اند، می توان از نور ماورای بنفش استفاده کرد.

ج) روش ادی کارنت

از روش ادی کارنت برای ردیابی و تعیین اندازه ترکها استفاده می شود. به علاوه با استفاده از روش ادی کارنت می توان ضخامت پوشش پره های توربین را اندازه گیری نمود. برای کالیبره نمودن سیستم ادی کارنت بهتر است از تست بلوک هم جنس قطعه مورد آزمایش استفاده شود. با استفاده از ادی کارنت می توان ترکهای باز و بسته را از هم تشخیص داد اگر چه در

مورد ترک‌هایی که به سمت مرز دانه حرکت می‌کنند، تعیین اندازه ترک دشوار است به همین علت این امر به عنوان یک مشکل در تعیین عمر باقیمانده پره‌هایی که ترک دارند، مطرح می‌باشد.

د) روش آلتراسونیک

آزمون آلتراسونیک روشی غیر مخرب است که در آن امواج فراصوت به طرف ماده فرستاده شده و بدین ترتیب عیوب سطحی و زیر سطحی ماده ارزیابی می‌شود. منظور از بازرسی آلتراسونیک، ارسال ارتعاشات مکانیکی با فرکانس بالا به درون ماده و مشاهده پدیده حاصل از برخورد پرتو مافوق صوت با یک نقص، سطح جدید و یا محلی با تغییر جرم ویژه می‌باشد. در فصل مشترک، بخشی از موج مافوق صوت بازتاب یافته و بخش دیگر عبور می‌کند. اگر موج تلاقی کننده با فصل مشترک زاویه بسازد و جنس ماده در دو طرف فصل مشترک با هم متفاوت باشد جزء عبور کرده در اثر انکسار تحت زاویه جدیدی می‌شکند. با دریافت و تفسیر پیام تغییر یافته به کمک بازبینی مافوق صوت می‌توان ترک‌های داخلی ماده را ردیابی کرد، ضخامت را اندازه گرفت (فقط دسترسی به یک طرف قطعه مورد نیاز است) و ساختار متالورژیکی را مشخص نمود.

ه- روش رادیوگرافی

روش‌های رادیوگرافی انواع مختلفی دارند از جمله روش نرمال جهت اندازه گیری ضخامت، روش تفرق اشعه X، توموگرافی اشعه X، نوترون توموگرافی، نوترون رادیوگرافی و ... می‌توان از دستگاهها و سیستم‌های پرتابل استفاده نمود و یا از دستگاه‌های ثابت بهره گرفت. البته از دستگاه‌های X-Ray ثابت بیشتر برای بررسی قطعات در پروسه تولید استفاده می‌شود. روش رادیوگرافی با نوترون نیز در آزمایشات کنترل کیفی تولید و برای بررسی کانال‌های خنک کننده پره‌ها و اطمینان از عدم وجود هسته‌های باقیمانده (مربوط به پروسه ریخته گری پره‌ها) بکار می‌رود.

در بازرسی با X-Ray بروز اختلافاتی مانند تفاوت در جنس مواد، ناپیوستگی‌ها و غیره منجر به کاهش تفرق اشعه گردیده و به این ترتیب تغییرات مذکور قابل ردیابی می‌باشند. تغییراتی از قبیل تغییر دانسیته، تغییر ضخامت، تغییر ترکیب مواد، قسمتهایی که به دلیل خوردگی و یا ترک حذف شده اند و ... از این طریق قابل ردیابی می‌باشند.

و- آزمون ذرات مغناطیسی

بازبینی با ذرات مغناطیسی مبتنی بر این اصل است که اگر مواد فرو مغناطیس (آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت) آهنربا شوند، میدانهای آهنربایی آنها در مجاورت عیوب نامنظم خواهند بود. ترکهای سطحی و داخلی نزدیک به سطح مانند شکاف و ناخالصیها می‌توانند موجب اختلالات مغناطیسی شوند و نقش این اختلالات بوسیله ذرات مغناطیسی بر روی سطح نمونه نگاشته می‌شود

یکی از فواید روش بکارگیری صحیح آزمون‌های غیرمخرب، تعیین هویت معایی است که اگر بدون تشخیص در قطعه باقی بماند علاوه بر بروز خسارات مالی ممکن است حتی خسارات جانی نیز به همراه داشته باشد. بکارگیری هر یک از سیستمهای بازرسی متحمل هزینه است اما، اغلب استفاده مؤثر از تکنیکهای بازرسی مناسب، موجب صرفه‌جویی‌های مالی قابل ملاحظه‌ای خواهد شد. در واقع با بکارگیری مناسب چنین آزمایشهایی، علاوه بر اینکه از تخریب قطعات جلوگیری می‌شود، سرعت آزمایش افزایش یافته و هزینه‌های مربوط به انجام آزمایش (در مقایسه با آزمونهای مخرب) کاهش می‌یابد و بدین ترتیب با اعمال آزمونهای لازم و بررسی‌های دوره‌ای از تخریب و شکست زودرس قطعات ممانعت بعمل می‌آید

انتخاب روش مناسب برای بازرسی غیرمخرب قطعات مختلف، نیازمند توجه به فاکتورهای مهمی است که عبارتند از:

- علت انجام آزمون غیر مخرب؛
- نوع عیب و ناپیوستگی که مورد توجه است؛
- اندازه، جهت و موقعیت عیوب در قطعه؛
- اندازه و شکل قطعه‌ای که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛
- جنس ماده‌ای که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در روش مخرب که کامل‌ترین و دقیق‌ترین مرحله است با تخریب قطعه و تهیه نمونه آزمایشهایی همچون خزش، گسیختگی تنش، ضربه، متالوگرافی، کشش و ... انجام می‌شود. با تحلیل نتایج و در صورت نیاز برون‌یابی آنها عمر باقیمانده قطعه ارزیابی

می‌گردد. اگر عمر باقیمانده قطعه تا اورهال بعدی باقی مانده باشد، بکار خود ادامه می‌دهد. در غیر این صورت تصمیم لازم جهت تعمیر و یا تعویض آن اتخاذ خواهد شد. در بیشتر فرآیندهای تخمین عمر استفاده از تکنیکهای مخرب یکی از مهمترین بخشها بوده که اطلاعات بسیار دقیقی از وضعیت جاری قطعه را می‌دهد. به همین دلیل این روش معتبرترین روش در تعیین وضعیت ماده است. به عنوان نمونه عمر گذارنده شده خزشی و خستگی اغلب می‌تواند با جدا کردن نمونه‌هایی از قطعه و انجام تستهای تسریع شده در آزمایشگاه تخمین زده شود.

با وجود مفید بودن روشهای مخرب اجرای این روشها همراه با محدودیتهایی است که در روشهای غیرمخرب و محاسباتی وجود ندارد. روشهای مخرب بر عکس روشهای غیر مخرب قادر به بیان پیوسته شرایط قطعه نیست، زیرا به علت ذات مخرب بودن این روشها تستهای مختلف بصورت گسسته انجام می‌شود. از سوی دیگر ما همواره با کمبود ماده در دسترس برای اجرای فرآیندهای مخرب همراه هستیم. علیرغم توسعه یافتن استفاده از نمونه‌های مینیاتوری و Subsize و اثبات صحیح بودن استفاده از این نوع نمونه‌سازی، در تهیه این نمونه‌ها نیز با محدودیت همراه هستیم.

از سوی دیگر ضرورت دارد که در این روشها ماده جدا شده نماینده بخش بحرانی قطعه باشد. تشخیص قسمت بحرانی قطعه اغلب با روشهای غیرمخرب و محاسباتی صورت می‌گیرد، که با عدم اطمینان همراه می‌باشد. حتی اگر تشخیص محل‌های بحرانی قطعه صحیح باشد به دلایل مختلفی مثل عدم دسترسی و راحتی دسترسی، اغلب نمونه سازی از محل‌هایی دورتر از محل‌های بحرانی تشخیص داده شده صورت می‌گیرد. یعنی در عمل برای قضاوت در مورد وضعیت قسمت بحرانی قطعه از قسمتهای دیگر آن استفاده می‌کنند.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر، اجرای فرآیند تخمین عمر با استفاده از کلیه روشهای تخمین عمر و بصورت مرحله‌ای منطقی‌تر بنظر می‌رسد.

مزایای انجام مرحله‌ای ارزیابی عمر باقیمانده عبارتند از:

- صرفه جویی در هزینه

- کوتاه‌تر شدن زمان ارزیابی

- افزایش دقت و اطمینان نتایج

- حذف فعالیت‌های غیرضروری

- تقسیم مراحل ارزیابی به فواصل مختلف

گردشکار تخمین عمر باقیمانده قطعات داغ، متدی ثابت و اجباری نیست بلکه شرکت‌های مختلف که در این زمینه فعالیت می‌نمایند بعضاً متدهای متفاوتی دارند. اگرچه در همه آنها مراحل سه گانه ارزیابی لحاظ شده است ولی معیارها و نوع روشها در مراحل مختلف فرق می‌کند. در همین خصوص متدولوژی تخمین عمر باقیمانده تجهیزات نیروگاهی مرکز تحقیقات نیروی برق آمریکا (EPRI) آورده شده است.

- مرکز تحقیقات نیروی برق آمریکا (EPRI)

روشی که توسط EPRI برای تخمین عمر پره های توربین بکار می‌رود شامل سه مرحله زیر است:

فاز اول: محاسبه کسر عمر سپری شده، این مرحله نیاز به یک مدل دقیق از قطعه به همراه خواص تغییر شکل، آسیبهای وارده و اطلاعات تاریخچه دمایی قطعه دارد.

فاز دوم: انجام تستهای غیرمخرب، در این مرحله باید تستهای غیرمخرب رایج و رپلیکاگیری سطحی (برای تشخیص آسیبهای ریز ساختاری) انجام شود

فاز سوم: انجام تستهای مخرب، در این مرحله تستهای متالوگرافی و مکانیکی برای کمی کردن میزان آسیب انجام می‌شود.

با توجه به بررسیهای به عمل آمده ماتریس فناوری تخمین عمر به صورت جدول (۲-۷) در می‌آید.

جدول ۲-۷- ماتریس فناوری تخمین عمر

نیروگاه بخاری													نیروگاه گازی								آزمایشات و بررسیهای لازم	قطعه روشن
تجهیزات توربین					تجهیزات بویلر								کمپرسور			توربین گاز						
بیج	نازل باکس و دیافراگمها	پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هرهای آب	هدرهای بخار	لوله سوپرهیتر و رهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	بیج	محفظه احتراق	پوسته	روتور	پره ثابت		
۲	۳	۲	۳	-	۲	-	-	-	۲	۲	۳	۳	-	-	-	۲	۲	-	-	۱	۱	خزش
۲	۳	۲	۳	-	-	-	-	-	۲	۲	-	-	۲	۲	۲	۲	-	-	-	۱	۱	خستگی
-	-	۲	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۲	۲	-	-	-	۱	۱	ضربه
۲	۳	۲	۲	-	-	-	-	-	۱	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱	۱	-	۱	۱	ریز ساختاری
۳	۳	۲	۳	-	-	-	-	-	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	-	+	۱	۱	خواص مکانیکی (کشش، سختی و ...)
۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۳	-	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۱	۱	۱	آزمونهای بازرسی
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱	۱	۱	ریز ساختاری
-	-	-	-	-	-	۳	-	-	-	-	۳	-	-	-	-	۳	۳	-	-	۱	۱	روشهای تعیین دما
	۳	۲	۳	۲	۳	۳	۳	-	-	-	۳	-	-	-	-	-	۳	-	۲	۲	۲	ماینورینگ عمر
۳	-	۳	۳	۳	-	۳	-	-	-	-	۳	-	۲	۲	۲	-	۳	۳	۳	۳	۳	سایر
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۱	سختی سنجی
-	۳	۳	۳	۳	-	۳	۳	-	۳	۳	۳	-	۳	۳	۳	۳	۳	-	۲	۱	۱	نرم افزار
۳	۳	۳	۳	۲	۱	۳	۳	-	۳	۳	۳	-	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۱	مکانیک شکست
۳	۳	۲	۳	۲	۲	۳	۳	-	۳	۳	۳	-	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۱	مکانیک آسیب

نیروگاه گازی

مکانیکی



۳	۲	-	۲	-	۲	-	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۳	۱	۱	۱	آنالیز دما و تنش
۳	-	۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۳	۳	-	-	-	۳	۳	۳	سایر

شماره ۱: اولویت اول

شماره ۲: اولویت دوم

شماره ۳: اولویت سوم

فاقد شماره: غیر قابل اجرا و یا عدم نیاز به اجرا

مراجع

1-R.Viswanathan. “Damage Mechanisms and life Assessment of High Temperature Components” , 1989 , ASM International.

2-Interne Document , “ Boiler Tube Fact , Useful Information and Technical Data on Boilers” .Boiler Tube Company of America , WWW. Boiler tubes. Com

3-Corrosion in Fossil Fuel Power Plants. Metals Handbook , 9th Ed .Vol.13 .PP.985-1010.

4-Steam/Its Generation and Use , The Babcock& Wilcox Company ,1975.

۵-دستور العمل بازرسی بویلر نیروگاه شهید رجایی توسط شرکت MHI.

6-H.Henda et.al , Status and Renew of Reliability Evaluation Technology of Boiler Pressure Parts , Technical Review Mitsubishi,Oct . 1985.

7-Anmol S.Birring , (NDE Associates Inc.) , “NDE IN Non –Nuclear Power Generation :Pressure Vessels , Piping , Turbines , ... “Internet Document , http :
//www.nde .Com.

فهرست مطالب

- ۱..... آینده پژوهی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ۲-۲-۱- مقدمه.....
- ۲-۲-۲- روند توسعه حوزه انرژی اروپا و جایگاه تخمین عمر قطعات در برنامه‌های آینده‌ی صنایع نیروگاهی.....
- ۲-۲-۳- روند توسعه حوزه انرژی آمریکا و جایگاه تخمین عمر قطعات در برنامه‌های آینده‌ی صنایع نیروگاهی.....
- ۲-۲-۴- پیش‌بینی افزایش ظرفیت نیروگاه‌های گازی در جهان.....
- ۲-۲-۵- جمع‌بندی روند توسعه تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی در حوزه‌ی انرژی.....
- ۲-۲-۶- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی کمپانی‌های فعال در صنایع نیروگاهی.....
- ۲-۲-۶-۱- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی مرکز تحقیقات نیروی برق آمریکا (EPRI).....
- ۲-۲-۶-۲- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی انستیتو تحقیقاتی نیروی برق ژاپن (CRIEPI).....
- ۲-۲-۶-۳- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی انستیتو تحقیقاتی نیروی برق ایتالیا (CESI).....
- ۲-۲-۶-۴- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی کمپانی SIEMENS.....
- نرم‌افزارهای تخمین عمر FMS و WIN_TS متعلق به کمپانی Siemens.....
- ۲-۲-۶-۵- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی شرکت ABB.....

- ۲-۲-۶-۶-۲-۲-۲ Dresser-Rand شرکت آینده‌ی برنامه‌های فعالیت‌ها و توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی شرکت Dresser-Rand ۲۵
- ۲-۲-۶-۶-۲-۲-۲ Sulzer ۲۷
- ۲-۲-۶-۶-۲-۲-۲ LABORELEC ۲۸
- ۲-۲-۶-۶-۲-۲-۲ GE ۳۱
- ۲-۲-۶-۶-۲-۲-۲ Intertek APTECH ۳۹
- ۲-۲-۶-۶-۲-۲-۲ Quest ۳۹
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ روشهای نوین آزمونهای غیرمخرب ۴۲
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ مقدمه ۴۲
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ سیستمهای پیشرفته ویدئویی و اپتیکی برای استفاده در بازرسی چشمی ۴۳
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ بازرسی غیرمخرب توسط لیزر ۴۵
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ روشهای پیشرفته ادی کارنت ۴۷
- روش نشر شار مغناطیسی (MFL) ۵۰
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ روشهای پیشرفته آلتراسونیک ۵۴
- ۲-۲-۷-۲-۲-۲ روش مبدلهای صوت الکترومغناطیسی (EMAT) ۶۱

- ۶۵ (AE) روش انتشار صوت (۷-۷-۲-۲)
- ۶۸ (MMM) روش حافظه مغناطیسی (۸-۷-۲-۲)
- ۷۰ سیستمهای مبتنی بر امواج الکترومغناطیسی (۹-۷-۲-۲)
- ۷۲ آمار پژوهشهای انجام شده در زمینه تخمین عمر قطعات داغ در دنیا (۸-۲-۲)
- ۷۳ تعمیر و نگهداری نیروگاهها (۹-۲-۲)
- ۷۶ روند توسعه روشهای تعمیر و نگهداری نیروگاهها (۱-۹-۲-۲)
- ۷۷ روند تغییرات روشهای تعمیر و نگهداری توربینهای گازی و قطعات داغ (۲-۹-۲-۲)
- ۷۹ افزایش سهم ساخت داخل (۴-۹-۲-۲) پیش بینی تاثیر استفاده از تکنولوژیهای مدرن تشخیص عیب بر کاهش نیاز به تامین قطعات از خارج
- ۸۱ نتایج آینده پژوهی ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی (۱۰-۲-۲)
- ۸۵ مراجع (۱۱-۲-۲)

فهرست اشکال

- شکل ۲-۱۷- سهم منابع مختلف در تولید برق در آمریکا در سال ۲۰۱۳ بر مبنای گزارشات EIA. ۹
- شکل ۲-۱۸- تولید نیروی برق بر حسب منبع مورد استفاده از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۴۰. ۹
- شکل ۲-۱۹- افزایش ظرفیت تولید برق توسط سوختهای فسیلی در سالهای ۲۰۳۵-۲۰۱۰. ۱۰
- شکل ۲-۲۰- گردش کار تخمین عمر به روش محاسباتی مرکز تحقیقاتی نیروی برق ژاپن. ۱۷
- شکل ۲-۲۱- شماتیک روش ترموگرافی صوتی. ۲۰
- شکل ۲-۲۲- (الف) بورسکوپ درحال استفاده، (ب) تصویر به دست آمده توسط بورسکوپ دما بالا. ۲۲
- شکل ۲-۲۳- سیستم Apollo Eddy Current مجهز به نرم‌افزار پردازش و آنالیز اطلاعات. ۳۲
- شکل ۲-۲۴- AutoSigma 3000-دستگاه الکتریکی سنجش رسانایی کمپانی GE. ۳۲
- شکل ۲-۲۵- Aircraft inspection with the Phasec 3 series flaw detectors. ۳۳
- شکل ۲-۲۶- پرابهای ID جهت بررسی تیوب مبدلهای حرارتی غیرآهنی. ۳۳
- شکل ۲-۲۷- تصویر رادیوگرافی دو بعدی از پره توربین. ۳۴
- شکل ۲-۲۸- نمونه‌هایی از کاربرد متنوع UT در صنعت. ۳۵

- شکل ۲-۲۹- بررسی گسترده توربین گازی با ویدیوپراب XL Go توسط GE. ۳۶
- شکل ۲-۳۰- نحوه‌ی بررسیها در محل. ۳۷
- شکل ۲-۳۱- Rhythm Review screen. ۳۸
- شکل ۲-۳۲- شماتیکی از مدرنترین بوراسکوپهای صلب و منعطف. ۴۴
- شکل ۲-۳۳- شماتیکی از تجهیزات بازرسی لیزری. ۴۶
- شکل ۲-۳۴- حرکت ماریچی منبع نور لیزر. ۴۶
- شکل ۲-۳۵- الف - شماتیکی از روش RFT ب - شماتیکی از روش RFT با معرفی اجزاء آن. ۴۹
- شکل ۲-۳۶- ساختار پراب جدید. ۵۲
- شکل ۲-۳۷- نمونه‌ی برنجی با یک عیب ایجاد شده با ابعاد متفاوت روی آن. ۵۲
- شکل ۲-۳۸- الف و ب نشان دهنده دامنه و فاز سیگنالهای تولید شده از رو و پشت نمونه. ۵۳
- شکل ۲-۳۹- نتایج حاصل از ارزیابی با پراب جدید در زوایای متفاوت عیوب نسبت به کویل بازمینی پراب. ۵۳
- شکل ۲-۴۰- سه منطقه‌ای که تحت تأثیر امواج آلتراسونیک قرار می‌گیرد. ۵۵
- شکل ۲-۴۱- مثالی از نتایج اندازه‌گیری لایه‌ی اکسیدی برای یک حالت عملی را نشان می‌دهد. ۵۶
- شکل ۲-۴۲- تفاوت الگوی اسکن به دو روش آلتراسونیک متداول و روش ابداعی phased array. ۵۸

- شکل ۲-۴۳- اجزاء مختلف یک سیستم phased array ۵۹
- شکل ۲-۴۴- ساختار یک کامپوزیت پیزوالکتریک ۵۹
- شکل ۲-۴۵- مراحل ساخت یک کامپوزیت پیزوالکتریک ۶۰
- شکل ۲-۴۶- اصول آزمایش به روش EMAT ۶۳
- شکل ۲-۴۷- تجهیزات سیستم مورد نیاز برای انجام آزمون به روش EMAT را نشان می‌دهد ۶۴
- شکل ۲-۴۸- شماتیکی از روش و دستگاه AE ۶۶
- شکل ۲-۴۹- شماتیکی از سیستم AE که حس گرها به سیستم جمع‌آوری داده‌ها متصل شده و برای مونیتورینگ بکار گرفته شده ۶۷
- شکل ۲-۵۰- آمار مقالات چاپ شده بر روی موضوع تخمین عمر از سال ۱۹۲۳ تا کنون ۷۲
- شکل ۲-۵۱- تعداد مقالات چاپ شده در زمینه تخمین عمر به تفکیک کشورها ۷۳
- شکل ۲-۵۲- LIFETIME ASSESSMENT AND EXTENSION SOLUTION ۷۶

فهرست جداول

- جدول ۲-۸- برنامه‌ها و هزینه‌های برآورد شده جهت نقشه‌ی راه پژوهش‌های نیروگاهی اروپا از سال ۲۰۱۱ تا سال ...
- ۵.....EUTurbines. توسط مجموعه
- جدول ۲-۹- بهره‌وری، چالش‌ها و راهکارها۶
- جدول ۲-۱۰- حداقل ضخامت قابل تشخیص لایه اکسیدی در فرکانس‌های مختلف.....56

آینده پژوهی فناوری ارزیابی وضعیت و
عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۲-۱-۲- مقدمه

برنامه بلند مدت (۲۰ ساله) جمهوری اسلامی ایران به توسعه علم و فناوری، گسترش فعالیتهای صنعتی کشور، افزایش بهره‌وری عوامل تولید از جمله انرژی و توسعه پایدار اشاره مستقیم داشته و این موارد را در کنار سایر موارد مطرح شده جزء الزامات و در راستای تحقق اهداف ملی از جمله دستیابی به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در مقیاس منطقه‌ای و ارتقاء سطح و کیفیت زندگی مردم، مطرح می‌نماید. بدیهی است که این چشم‌انداز بلندمدت خود به خود محقق نمی‌گردد، به خصوص در شرایطی که سایر کشورهای منطقه نیز اهداف توسعه‌ی مشابهی را پیگیری می‌نمایند. از این رو باید چشم‌انداز و رهنگاشت برای بخش‌های مختلف علمی، فنی و صنعتی کشور به گونه‌ای تدوین گردد که برآیند تلاش‌ها در بخش‌های مختلف، آینده‌ی وعده داده شده را شکل دهند. جهت بازنگری و تصحیح برنامه‌های تدوین شده، ارزیابی دوره‌ای وضعیت داخلی، کشورهای منطقه و جهان ضروری می‌باشد.

یکی از تفاوت‌های اصلی توسعه یافتگی و عدم آن، نحوه‌ی برخورد با مسائل آینده است. در حالی که کشورهای پیشرفته آینده را طراحی کرده و می‌سازند، کشورهای کمتر توسعه یافته، آینده طراحی شده توسط دیگران را سرنوشت حتمی خود می‌دانند. در جهان امروز، با افزایش رقابت در کسب و کار و با تحولات وسیع و سریع اقتصادی و اجتماعی، لزوم فعالیتهای آینده‌شناسانه بیش از هر زمان دیگری را ضروری می‌نماید که درک این ضرورت از نیاز به توسعه ناشی می‌شود. در مطالعات آینده‌شناسی علوم و فناوری، تلاش برای ایجاد تصویری از آینده بلند مدت در شاخه‌های مختلف علوم فنون می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر، لازم است جهت فعالیت در زمینه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ در داخل کشور برنامه‌ریزی صورت گیرد. بدین منظور اطلاع از فضای فناورانه یا ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی می‌تواند به عنوان راهنمایی در این زمینه عمل نماید. لذا در این بخش از گزارش ابتدا قراردادهای موجود در حوزه انرژی و محیط‌زیست و روند توسعه حوزه انرژی اتحادیه‌ی اروپا و آمریکا و برنامه‌ی آینده‌ی آن‌ها به ترتیب تا سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰، مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به اهداف مشخص شده در این اسناد، روند تغییرات منابع تولید انرژی و سهم آن‌ها در میزان

افزایش تولید برق، قطعات داغ توربین‌ها و سایر تجهیزات ذکر شده و به تبع آن اهمیت و جایگاه تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی آورده شده است. سپس به روند توسعه تخمین عمر قطعات نیروگاهی در معتبرترین موسسات و کمپانی‌های فعال در حوزه صنایع نیروگاهی در سرتاسر دنیا پرداخته شده و جدیدترین فناوری‌ها و تجهیزات مورد استفاده‌ی آن‌ها ذکر خواهد شد تا با استفاده از تجارب موجود و برنامه‌ریزی‌های انجام گرفته، دید روشنی از آینده و ملزومات آن ارائه شود. در ادامه از دریچه‌ی برنامه‌های تعمیر و نگهداری نیروگاه‌ها و تجهیزات به مسأله تخمین عمر قطعات داغ نگاه خواهد شد و راهکارها و آینده‌ی روش‌های موجود مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۲-۲- روند توسعه حوزه انرژی اروپا و جایگاه تخمین عمر قطعات در

برنامه‌های آینده‌ی صنایع نیروگاهی

در سرتاسر دنیا دانشمندان، صاحبان سرمایه و سازندگان نیروگاه‌ها متقاعد شده‌اند که سیستم انرژی پایدار در آینده و رهنگاشت به آن تلفیق تعداد زیادی از سیستم‌های تبدیل انرژی جهت تولید نیروی الکتریکی مانند نیروی سوختی (فسیلی و غیرفسیلی)، آبی، بادی، خورشیدی و هسته‌ای خواهد بود. عدم تأثیر منفی بر زندگی انسان‌ها یا محیط زیست، قابل قبول بودن از نظر جامعه به لحاظ صرفه اقتصادی، میزان دسترسی و تجهیزات، از معیارهای سیستم انرژی پایدار هستند. در این سیستم و در دوره‌ی گذار به آن، پیش‌بینی می‌شود توربین‌های گازی و بخاری یا اجزای آن‌ها (کمپرسور، محفظه احتراق، مبدل حرارتی و ...) اجزای کلیدی در سیستم‌های تولید انرژی باشند [۸].

EUTurbines نماینده مجموعه سازندگان توربین‌های گاز و بخار در اروپاست [۸] و حدود ۷۰۰۰۰ نفر کارمند در سرتاسر اروپا با گردش مالی ۲۵ بیلیون یورو را دارد. کمپانی‌های معتبری مانند ALSTOM، GE Energy، SIEMENS، DRESSER-RAND، AnsaldoEnergia، MAN، Solar Turbines، Rolls-Royce، DOOSAN زیرمجموعه‌ی EUTurbines می‌باشند. این مجموعه یک برنامه منسجم برای پژوهش توربوماشین تا سال ۲۰۲۰ تهیه کرده است این برنامه جزئیات طرح‌های پیشنهادی لازم برای پروژه را پوشش می‌دهد تا صنایع را قادر سازد نسل بعدی

توربین‌های گاز و بخار را تا سال ۲۰۲۰ توسعه دهند. از نظر EUTurbines، توربین‌های گاز و بخار تا سال ۲۰۲۰ باید دارای دمای کاری بالا برای بالاترین بازده، انعطاف‌پذیر برای کاربرد در سیکل‌های ترکیبی و سازگار با نسل جدید تکنولوژی‌ها و سوخت‌ها باشند.

• چالش‌ها و راهکارهای پیش‌بینی شده در زمینه‌ی تخمین عمر قطعات داغ در نقشه‌ی راه انرژی اروپا

در جدول (۲-۸) برنامه‌های اصلی حوزه‌ی انرژی اروپا، تهیه شده توسط EUTurbines آورده شده است. همانگونه که از هزینه‌های برآورد شده در جدول مشخص است، اثربخشی^۱ و منعطف‌بودن^۲ در توسعه TURBINE 2020 دو چالش اصلی و برنامه‌ی کلیدی هستند و شایسته‌ی توصیف بیشتر می‌باشند. همانطور که در جدول دیده می‌شود، کشورهای اروپایی دو برنامه اصلی را تا سال ۲۰۲۰ هدف فعالیت‌های صنایع نیروگاهی خود قرار داده‌اند. اول، افزایش راندمان کاری نیروگاه‌ها و تجهیزات و دوم، منعطف بودن تجهیزات در به کارگیری آن‌ها در سیکل‌های جدید و ترکیبی. بنابراین حداکثر استفاده‌ی مفید از تجهیزات (موجود، در دست احداث، به کار رفته در سیکل‌های ترکیبی)، افزایش عمر کاری و پربازده بودن آن‌ها قسمت‌های اصلی برنامه‌های آینده را تشکیل می‌دهد. بر مبنای جدول (۲-۸) تهیه شده توسط EUTurbines، در دلبخش آینده توضیح داده خواهد شد که چگونه جهت تحقق این اهداف استفاده و توسعه‌ی روش‌های تخمین عمر ضروریست [۸].

¹Efficiency

²Flexibility

جدول ۲-۸- برنامه‌ها و هزینه‌های برآورد شده جهت نقشه‌ی راه پژوهش‌های نیروگاهی اروپا از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۲۰ توسط مجموعه

EUTurbines [۸].

European Industrial Initiative	Costs (50% co-funded)	Total Costs
Efficiency	97,5 M€	195 M€
Flexibility	115 M€	230 M€
Bioenergy	30 M€	60 M€
CCS (CO ₂ Capture and Storage)	67 M€	134 M€
CSP (Concentrated Solar Thermal Power Plants)	28 M€	56 M€
Nuclear	16 M€	32 M€
Total sum of requested funding	353,5 M€	707 M€

• اثربخشی و نقش روش‌های تخمین عمر در تحقق آن از دید اسناد حوزه‌ی انرژی اروپا

در سال ۲۰۰۶ سران اتحادیه‌ی اروپا قراردادی را تحت عنوان EEAP (Energy Efficiency Action Plan) امضا نمودند که به موجب آن کشورهای اروپایی تا سال ۲۰۲۰ ملزم به صرفه جویی ۲۰٪ در مصرف انرژی خود، کاهش ۲۰٪ در تولید گازهای گلخانه‌ای و افزایش ۲۰٪ در ذخیره‌ی انرژی خود شدند. EEAP روی برنامه‌هایی تمرکز کرده است که بازده تولید انرژی برق را بالا برد.

با توجه به اینکه مواد به کار رفته در اجزای توربین‌ها خواصی دارند که در طول عمر پیش‌بینی‌شده اجزا به دلیل قرارگیری در معرض حرارت بالا، بارگذاری مکانیکی و ترکیب آن‌ها کاملاً تغییر می‌کند که عمر و مطمئن بودن آن‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به مشکلات جدی مانند اشاعه ترک در نتیجه پدیده‌هایی مانند خستگی و خزش می‌شود، ابداع و توسعه مواد پیشرفته جهت مقاومت هرچه بیشتر در برابر آسیب‌های مذکور و همچنین تخمین عمر باقی مانده این قطعات جهت حداکثر استفاده بهینه از آن‌ها منجر به بازدهی بالاتر مجموعه‌های موجود و در دست احداث خواهد بود و اثرات منفی زیست-محیطی و هزینه‌ها را کاهش خواهد داد. برنامه EUTurbines جهت افزایش هرچه بیشتر اثربخشی در تطابق با اهداف

EEAP در جدول (۲-۹) آورده شده است. در این جدول مشکلات پیش رو، راه کارهای در نظر گرفته شده برای آن‌ها، هزینه‌ها و بازه زمانی پیش‌بینی شده برای هر یک از طرح‌ها آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، طراحی و ساخت توربین‌های گازی و بخار پیشرفته با حداقل هدررفت انرژی و به طبع آن طراحی و ساخت نسل جدید اجزاء توربین‌ها مانند پره، محفظه احتراق و ... تخمین عمر باقیمانده اجزاء و افزایش طول عمر آن‌ها تا سال ۲۰۲۰ و حتی بعد از آن، برنامه‌های کلیدی جهت افزایش راندمان نیروگاه‌ها و انرژی تولیدی است.

جدول ۲-۹- بهره‌وری، چالش‌ها و راه‌کارها [۸].

مشکلات تکنولوژی و نتایج پژوهش	چارچوب زمانی	هزینه‌ها (۵۰٪ مشارکت) (میلیون یورو)	هزینه کلی (میلیون یورو)
طراحی مسیر	۲۰۱۱-۲۰۱۹	۳۰	۶۰
نسل بعدی پره‌های سه بعدی با تکنولوژی جدید آب‌بندی برای توربین‌های پیشرفته گازی و بخار	۲۰۱۱-۲۰۱۹		
پره‌های فشارپایین پیشرفته	۲۰۱۱-۲۰۱۹		
بررسی کامپوزیت‌ها برای پره‌ها، اعتبار و تخمین زمان عمر آن‌ها	۲۰۱۱-۲۰۱۹		
فولادهای پیشرفته برای پره‌های فشار پایین با بازده بالا	۲۰۱۲-۲۰۱۷		
طراحی نو برای افزایش بازدهی و انعطاف‌پذیری نیروگاه‌ها	۲۰۱۲-۲۰۱۷		
راهکارهای نسل بعدی مسیر گاز داغ	۲۰۱۳-۲۰۲۰+	۳۷/۵	۷۵
ساختار لایه‌ای یا متخلخل برای روش‌های جدید سردکردن، روش‌های تخمین مکانیکی	۲۰۱۳-۲۰۲۰+		
بررسی و آزمون مواد جدید برای قرار گرفتن در دمای بالای ۷۰۰ °C برای توربین بخار و ۱۷۰۰ °C برای توربین گازی، عمر، اتصال پوشش‌های TBC به زیرلایه	۲۰۱۳-۲۰۲۰+		
توسعه‌ی راهکارهای پیشرفته برای کاهش هوای خنک‌کننده و برای کاهش نشتی	۲۰۱۳-۲۰۲۰		
افزایش عمر برای چرخه‌های پیشرفته و تخمین عمر باقی‌مانده	۲۰۱۴-۲۰۲۰		
طراحی محفظه احتراق جدید برای توربین‌های گازی پیشرفته	۲۰۱۳-۲۰۲۰	۳۰	۶۰
طراحی محفظه احتراق با هدر رفت پایین و باثبات به لحاظ گرمایی	۲۰۱۳-۲۰۲۰		

- انعطاف‌پذیری تکنولوژی‌ها و تجهیزات و نقش روش‌های تخمین عمر در تحقق آن از دید اسناد حوزه‌ی انرژی اروپا

تولید نیرو با انعطاف‌پذیری بالا تمام منابع انرژی را قادر خواهد ساخت تا در فرآیند تولید هرچه بیشتر و بهتر سهیم باشند و پایداری شبکه برق را تقویت نمایند. تولید انرژی الکتریکی، میزان مطالبه بار (شامل افت شبکه) نیازمند برقراری توازن است. هرگونه عدم تعادل در میزان تولید و تقاضا منجر به بروز مشکل می‌گردد. این کنترل و برقراری توازن نیازمند تجهیزات اولیه، ثانویه و ثالثیه تولید نیرو می‌باشد و این تجهیزات باید قادر به افزایش/کاهش تولیدات خود به سرعت و معکوس کردن آن باشند. بنابراین نیاز به توربین‌های گازی و بخار منعطف با توانایی ترکیب سیکل، توسعه توربین‌هایی با استفاده از سایر منابع نیرو به ویژه منابع تجدیدپذیر، طراحی سیکل‌های ترکیبی جدید از این منابع و ارزیابی قطعات و مواد مورد نیاز آن‌ها، توسعه، طراحی و انجام روش‌های تخمین عمر در به کارگیری ترکیبی از این نیروگاه‌ها وجود دارد. EUTurbine پیش‌بینی کرده است که برنامه‌های مذکور تا سال ۲۰۲۰ هزینه‌ای بالغ بر ۲۳۰ میلیون یورو را در برداشته باشد و مهمترین برنامه‌ی قابل سرمایه‌گذاری برای آن‌ها خواهد بود.

۲-۲-۳- روند توسعه حوزه انرژی آمریکا و جایگاه تخمین عمر قطعات در

برنامه‌های آینده‌ی صنایع نیروگاهی

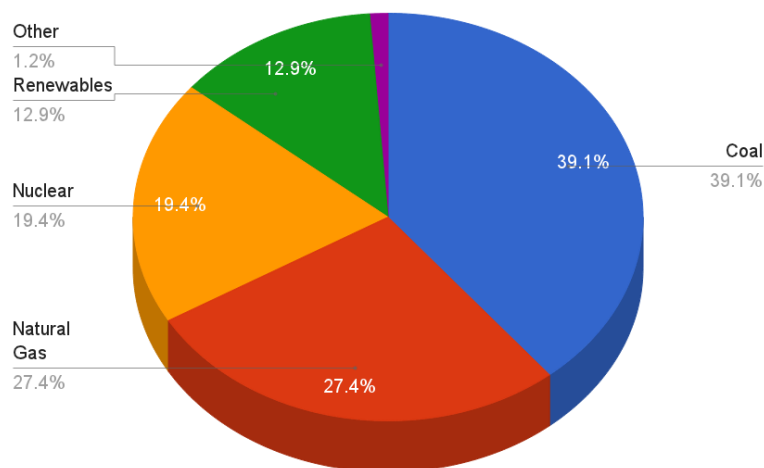
سازمان مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا^۱ EIA، نهادی وابسته به وزارت انرژی آمریکا^۲ DOE است و مسئول اصلی جمع‌آوری، تحلیل و انتشار اطلاعات مربوط به انرژی جهت سیاست‌گذاری درست، بازار پربازده، اطلاع‌رسانی و فرهنگ سازی عمومی از انرژی و برهم‌کنش آن با اقتصاد و محیط می‌باشد. برنامه‌های EIA اطلاعات مربوط به زغال‌سنگ، نفت، گاز، برق، انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای را دربرمی‌گیرد. این سازمان با طراحی سیستم مدلسازی انرژی ملی (NEMS)، برنامه بلندمدت عرضه،

¹Energy Information Administration

²U. S. Department of Energy

تقاضا و قیمت انرژی سالانه‌ی آمریکا تا سال ۲۰۴۰ را ارائه می‌دهد که با نام AEO2014 [۹] شناخته می‌شود. علاوه بر وزارت انرژی آمریکا، نهاد های غیردولتی مانند موسسه تحقیقات نیروی برق آمریکا EPRI، دانشگاه Duke و انستیتوی تکنولوژی Georgia از همین سند استفاده و پیروی می‌کنند. شکل (۲-۱۷) نشان دهنده‌ی سهم منابع مختلف در تولید برق در آمریکا در سال ۲۰۱۳ بر مبنای گزارشات EIA است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین سهم مربوط به نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ و بعد از آن نیروگاه‌های گازی است که روی هم بیش از ۶۶ درصد برق آمریکا را تأمین کرده‌اند.

U.S. 2013 Electricity Generation By Type



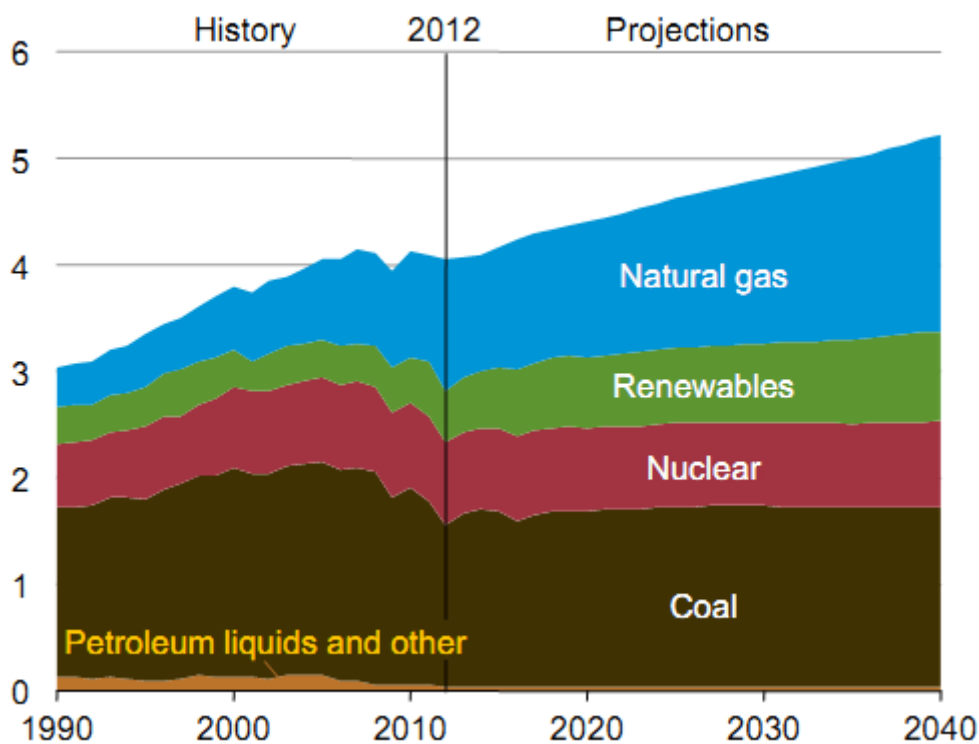
شکل ۲-۱۷- سهم منابع مختلف در تولید برق در آمریکا در سال ۲۰۱۳ بر مبنای گزارشات EIA. (منبع: EIA

(Annual Energy Outlook 2013)

گاز طبیعی به دلیل ماهیت سوختن تمیز آن، به سوختی متداول برای تولید برق تبدیل شده است. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، مصرف غالب مولدهای برق زغال سنگ و یا انرژی هسته‌ای بود. با این حال، به دلیل تغییرات و ملاحظات اقتصادی، محیطی و تکنولوژیکی از سال ۱۹۹۰ به بعد، گاز طبیعی به سوخت اصلی نیروگاه‌های جدید تبدیل شد. دلایل فراوانی برای این اتکا به گاز

¹Annual Energy Outlook 2014

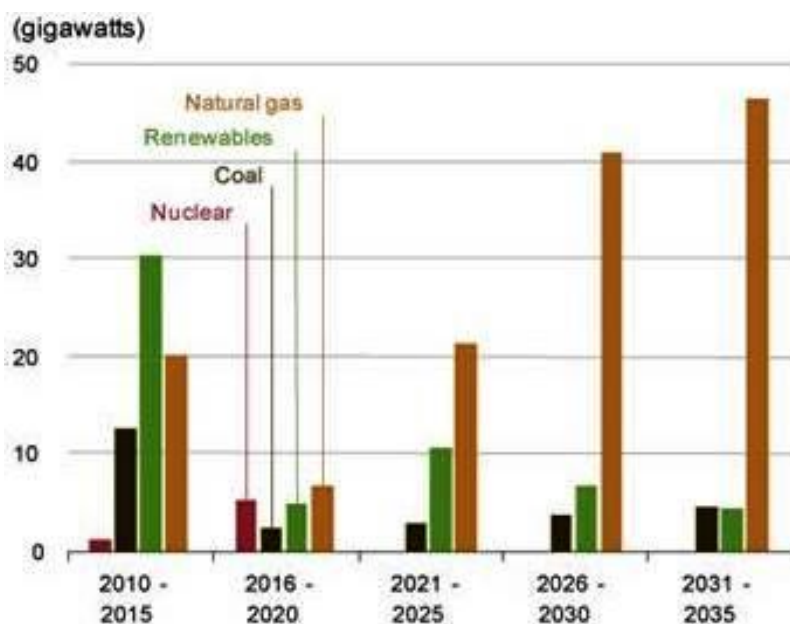
طبیعی جهت تولید انرژی الکتریکی وجود دارد. اگرچه زغال سنگ سوخت فسیلی به مراتب ارزان تری است اما آلوده کننده ترین سوخت و منتشر کننده بالاترین حجم آلاینده ها به هواست. با تصویب قوانین حمایت از محیط زیست در آمریکا، نیروگاه ها ملزم به استفاده از تکنولوژی های جدیدی جهت تولید برق با کمترین آسیب به محیط زیست شدند و همین روش های جدید باعث شدند گاز طبیعی نقش مهمی را در تولید پاک برق داشته باشند. بر مبنای مطالعات EIA تولید برق توسط گاز در حال ربودن بازار انرژی از نیروگاه های زغال سنگ و هسته ای است و تا سال ۲۰۳۵ گاز طبیعی به طور کامل از زغال سنگ به عنوان بزرگترین منبع تولید انرژی پیشی خواهد گرفت. نتایج این بررسی ها در شکل (۲-۱۸) آمده است.



شکل ۲-۱۸ - تولید نیروی برق بر حسب منبع مورد استفاده از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۴۰ (ترلیون کیلو وات ساعت) [۹].

علاوه بر آنچه که ذکر شد، بر مبنای پیش بینی ها و ملاحظات EIA، تا سال ۲۰۴۰ از ظرفیت تولید نیرو توسط زغال سنگ و نیروگاه های هسته ای کاسته خواهد شد. همچنین تعداد نیروگاه های زغال سنگ و هسته ای که به دلیل ملاحظات اقتصادی

وآلودگی‌ها و خطرات زیست محیطی به ویژه کاهش انتشار آلاینده‌هایی مثل CO₂ در هوا، رو به برجیده شدن می‌روند، افزایش خواهد یافت. کسر بالایی از این خلأ توسط نیروگاه‌های گازی و بقیه آن توسط منابع تجدیدپذیر جبران خواهد شد. سازمان EIA پیش‌بینی می‌کند بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۹، ۹۶/۶۵ گیگاوات ظرفیت جدید تولید برق در آمریکا اضافه خواهد شد که بیش از ۲۰٪ آن، حدود ۲۱/۲ گیگاوات، از طریق گاز طبیعی است. شکل (۲-۱۹) نشان می‌دهد که بر مبنای ملاحظات EIA، چگونه تولید برق توسط نیروگاه‌های گازی تا سال ۲۰۳۵، ۸۰٪ کل ظرفیت تولید برق را بر عهده خواهد داشت.



شکل ۲-۱۹- افزایش ظرفیت تولید برق توسط سوخت‌های فسیلی در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۵. (منبع: EIA Annual

(Energy Outlook 2010)

با توجه به آنچه که گفته شد نقش توربین‌های گازی در تولید برق آمریکا روشن می‌شود. علاوه بر این، فراوانی و در دسترس بودن گاز طبیعی، نصب آسان و کوتاه مدت توربین‌های آن، انعطاف پذیری نیروگاه‌های گازی برای افزایش ظرفیت تولید و افزایش راندمان کاری، کاهش انتشار CO₂ و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی مربوط به آن، باعث افزایش بکارگیری توربین‌های گازی در صنعت تولید برق می‌شود.

۲-۲-۴- پیش‌بینی افزایش ظرفیت نیروگاه‌های گازی در جهان

برمبنای پژوهش‌های انجام شده توسط کمپانی Frost & Sullivan پیش‌بینی شده است که تقاضای جهانی احداث نیروگاه‌های گازی تا سال ۲۰۲۰ افزایش چشمگیری داشته باشد و ظرفیت کلی تولید نیرو توسط آن‌ها به ۵۳۷ گیگاوات برسد. بازار جهانی با مطالبه‌ی رو به رشد نیروگاه‌های گازی جدید در کشورهای در حال توسعه و همچنین تقاضای جایگزینی نیروگاه‌های زغال سنگی قدیمی با نیروگاه‌های گازی در اروپا و آمریکای شمالی مواجه خواهد شد. اگرچه اروپا و آمریکای شمالی بالاترین میزان نیروگاه گازی نصب شده را به خود اختصاص داده‌اند، پیش‌بینی می‌شود چین، هند و خاورمیانه مناطق پیشتاز در تأسیس نیروگاه گازی جدید خواهند بود. تأسیس نیروگاه‌های گازی جدید و تبدیل نیروگاه‌های کم بازده و قدیمی زغال سنگی به گازی، منجر به توسعه‌ی روزافزون روش‌های بازرسی، تعمیر و نگهداری توربین‌های گازی و قطعات داغ خواهد شد و سرمایه‌گذاری بر روی روش‌های تخمین عمر و افزایش عمر را در پی خواهد داشت. لازم به ذکر است که در دسترس بودن گاز در آمریکای شمالی و افزایش تولید LNG در قطر و استرالیا منجر به پایین بودن قیمت گاز و مقرون به صرفه‌تر بودن احداث نیروگاه گازی در دنیاست. ضمن آنکه نیروگاه‌های گازی آلودگی زیست محیطی به مراتب کمتری نسبت به نیروگاه‌های زغال سنگی دارند.

۲-۲-۵- جمع‌بندی روند توسعه تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی در

حوزه‌ی انرژی

همانطور که ذکر شد، با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، پیش‌بینی می‌شود سهم منابع گازی در تولید انرژی آمریکا و اتحادیه‌ی اروپا افزایش قابل توجهی در آینده داشته باشند و نیروگاه‌ها و توربین‌های گازی توسعه‌ی چشم‌گیری بیابند. با توجه به چالش اصلی لزوم اثربخشی و انعطاف‌پذیری حداکثری در حوزه‌ی انرژی و نیروگاه‌ها و تجهیزات مربوط به آن‌ها، پیش‌بینی می‌شود مبحث برنامه‌ها و روش‌های تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار شود. صاحبان

نیروگاه‌ها برای افزایش سود و کاهش هزینه‌های تعمیر تجهیزات و حداقل توقف سیکل کاری خود و کاهش دوره‌های overhaul و دولت‌ها برای تأمین انرژی موردنیاز مصرفی کشورشان در کلیه بخش‌ها (مصرف خانگی، صنایع و ...)، با حداقل هزینه و داشتن شبکه‌ی تولید و توزیع برق پایدار و باثبات، نیازمند سرمایه‌گذاری بر روی روش‌های تخمین عمر خواهند بود.

۲-۲-۶- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی کمپانی‌های فعال در

صنایع نیروگاهی

روش‌های ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی قدمتی معادل عمر نیروگاه‌ها دارند و از گذشته تا به امروز در حال توسعه بوده و تکنولوژی‌ها و تجهیزات پیشرفته‌ای برای انجام آن‌ها ابداع شده است. در ادامه به روند توسعه‌ی فرآیند ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی در معتبرترین موسسات و کمپانی‌های فعال در حوزه‌ی صنایع نیروگاهی در سرتاسر دنیا پرداخته خواهد شد و جدیدترین فناوری‌ها و تجهیزات مورد استفاده‌ی آن‌ها و برنامه‌های آینده‌ی آن‌ها بررسی خواهد شد. این کمپانی‌ها شعبات متعدد و فعالی در سرتاسر دنیا با نیروی انسانی و گردش مالی بالا دارند و مطالعه فعالیت‌های انجام شده توسط آن‌ها دید خوبی در باره‌ی برنامه‌های انجام شده و پیش رو، توسط کشورهای مختلف در حوزه‌ی تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی، اسناد بالادستی یا زیرمجموعه‌های آن خواهد داد. بررسی پرکاربردترین روش‌ها و فناوری‌های مورد استفاده در این کمپانی‌ها تصویر روشنی از تصمیم‌گیری برای نحوه‌ی برنامه‌ریزی، تجهیزات و فناوری‌های مورد نیاز ارائه خواهد داد. لازم به ذکر است که در کشورهای توسعه یافته فرآیند تخمین عمر قطعات داغ در مرحله‌ی بلوغ خود به سر می‌برد و تنها کار بر روی ابداع تجهیزات جدیدتر و یا توسعه‌ی نرم‌افزاری روش‌های موجود (محاسباتی، مخرب و غیرمخرب) همچنان ادامه دارد.

۲-۲-۶-۱- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی مرکز تحقیقات نیروی برق

آمریکا (EPRI)

تأثیر برق در زندگی مدرن منجر به ایجاد موسسه EPRI به عنوان یک سازمان مستقل و غیرانتفاعی جهت مدیریت برنامه تحقیقاتی صنعت برق آمریکا، شده است. این موسسه در حال حاضر خدمات خود را شامل تحقیق در زمینه تخمین عمر انواع مختلفی از توربین‌ها و آلیاژهای بکار رفته در اجزای مختلف نیروگاههای بخاری و گازی به بیش از هزار موسسه در چهل کشور دنیا ارائه می‌دهد. تولید پایدار و مطمئن برق، افزایش عمر تجهیزات و نیروگاه‌ها، بهبود راندمان کاری و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری از اهداف اصلی EPRI از انجام روش‌های تخمین عمر در آینده است. روشی که توسط EPRI برای تخمین عمر پره‌های توربین بکار می‌رود، شامل سه مرحله زیر است:

فاز اول: محاسبه کسر عمر سپری شده، این مرحله نیاز به یک مدل دقیق از قطعه به همراه خواص تغییر شکل، آسیب‌های وارده و اطلاعات تاریخچه دمایی قطعه دارد.

فاز دوم: انجام تستهای غیر مخرب، در این مرحله باید تستهای غیرمخرب رایج و رپلیکایگری سطحی (برای تشخیص آسیب‌های ریز ساختاری) انجام شود در صورتی که کسر عمر سپری شده محاسبه شده در فاز اول بزرگتر از ۰/۵ باشد.

فاز سوم: انجام تستهای مخرب، در این مرحله تستهای متالوگرافی و مکانیکی برای کمی کردن میزان آسیب انجام می‌شود.

برنامه‌های پژوهشی آینده EPRI متمرکز بر توسعه‌ی روش‌های تخمین عمر موجود از طریق طراحی نرم‌افزارهای جدید و همچنان ارتقاء تجهیزات بازرسی غیرمخرب (NDT) و روش‌های on-line monitoring به منظور کاهش دوره‌های overhaul، افزایش سطح اطمینان از بازرسی‌های انجام شده و بهبود بازده کاری نیروگاه‌هاست. در ادامه به معرفی دو نرم-افزار پرکاربرد و موفق EPRI در زمینه‌ی تخمین عمر پرداخته خواهد شد. این برنامه‌ها با توانایی تجمیع آسیب‌های ممکن و

برآورد هزینه‌ها، با اطمینان کاری بالا، به لحاظ تجاری نیز موفق بوده‌اند و مورد استقبال و استفاده‌ی نیروگاه‌های مختلف در سرتاسر دنیا قرار گرفته‌اند.

• نرم‌افزارهای تخمین عمر BLESS و TULIP متعلق به مؤسسه EPRI

این مؤسسه در سال ۱۹۹۰ نرم‌افزار BLESS (ارزیابی عمر بویلر و سیستم شبیه‌سازی آن) را ابداع نموده که آخرین نسخه‌ی آن در سال ۲۰۰۸ روانه‌ی بازار شده است [۱۰]. BLESS از نرم‌افزار آنالیز شکست PCCAD و نرم‌افزار آنالیز رشد ترک CREEP (هر دو توسط کمپانی Babcock & Wilcox توسعه یافته‌اند) مشتق شده است. BLESS خزش و آسیب‌های ناشی از خستگی حرارتی در تیوب و هدیر بویلرها را پیش‌بینی می‌کند. هیستوگرام بارگذاری‌های اعمالی نیز قابل مشاهده است. این برنامه به مهندسان صنایع نیروگاهی اجازه می‌دهد تا بدون داشتن دانش عمیقی از مواردی مانند مکانیک شکست، درمورد فشار بخش‌های مختلف بویلر تصمیم‌گیری کنند (EPRI 2008). این نرم‌افزار همچنین توانایی محاسبات جبری و احتمالی و آنالیز هزینه عملکرد آن‌ها را نیز دارد. ردیابی عیوب حین بررسی تجهیزات نیز قابل انجام است. البته اطلاعاتی از نحوه‌ی دقیق محاسبات یافت نشده و این برنامه قابل خرید به قیمت ۴۷۵۰ دلار می‌باشد (EPRI 2008).

محصول دیگری که در زمینه‌ی تخمین عمر توسط EPRI توسعه یافته است که TULIP (نرم‌افزار بررسی احتمالات در عمر تیوب) نام دارد که جهت شبیه‌سازی تیوب‌های سوپرهیتر و ریپهیتر و محاسبه‌ی احتمال گسیختگی در آن‌ها از دیدگاه مکانیک پیوسته ابداع شده است [۱۰]. مدل استفاده شده تأثیر خوردگی ناشی از بخار، ضخامت لایه اکسیدی و دگرگونی‌های وابسته به زمان را لحاظ می‌کند. قیمت این برنامه برای افراد حقیقی و حقوقی غیر عضو در EPRI، ۱۹۰۰۰ دلار می‌باشد (EPRI 2006).

۲-۲-۶-۲-۲- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی انستیتو تحقیقاتی نیروی

برق ژاپن (CRIEPI)

شرکت CRIEPI یک شرکت ژاپنی است که به منظور توسعه یک سیستم قوی و انعطاف‌پذیر جهت تامین انرژی ژاپن تاسیس شده است. این شرکت به عنوان ستون اصلی صنعت برق ژاپن بوده و دارای سه محور اصلی است که نشان‌دهنده جهت فعالیتهای تحقیقاتی این شرکت می‌باشند. بر این اساس سیستم مذکور قادر به تولید و انتشار نتایج تحقیقات علمی جهت بهبود تامین انرژی برق ژاپن است. محورهای یاد شده به شرح ذیل می‌باشند:

- مدیریت ریسک

به منظور کنترل خطرات مرتبط با تامین پایدار برق، فعالیتهای گسترده‌ای صورت می‌گیرد و راه‌حل‌های مفیدی جهت کاهش خطرات مربوطه ارائه خواهد شد.

- بهبود عملکرد آینده

در واقع هدف اصلی بهبود فعالیتهای مرتبط با نگهداری و تعمیرات اجزای نیروگاهی جهت اطمینان از تامین پایدار برق است. این مهم مأموریت اصلی صنعت برق بوده و فعالیتهای گسترده‌ای جهت بهتر شدن فناوری عملیات نگهداری و تعمیرات صورت گرفته است.

- توسعه زیرساخت مناسب تامین/تقاضای برق جهت تولید برق در آینده

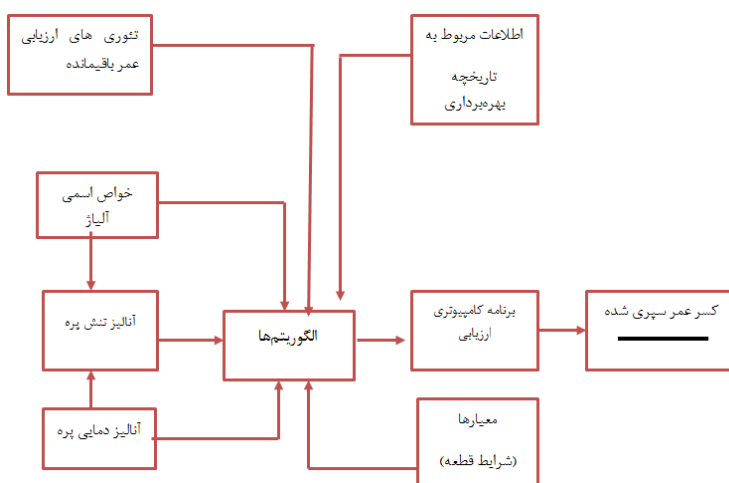
در واقع فعالیتهای مرتبط با تامین برق برای نسلهای بعدی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و هدف از انجام این فعالیتهای تامین زیرساخت مناسب عرضه/ تقاضا برای برق، بهره‌وری بیشتر در عرصه تولید نیرو و بکارگیری راهکارهای مناسب با رویکرد به سمت صرفه‌جویی است.

در شکل (۲-۲۰) فلوجارت ارزیابی عمر باقیمانده پره در انیستیتو تحقیقاتی نیروی برق ژاپن (CRIEPI) به روش محاسباتی نشان داده شده است.

اطلاعات اولیه مورد نیاز در این روش عبارتند از:

- تاریخچه بهره‌برداری واحد شامل ساعات کارکرد، تعداد استارت، تغییرات بار، نحوه کارکرد واحد و نوع سوخت و ...
- خواص اسمی آلیاژ شامل خواص گسیختگی تنش، خواص خزشی و خواص کششی و ...
- نقشه ابعادی پره

با استفاده از اطلاعات بهره‌برداری، خواص اسمی آلیاژ، مدل‌های تئوری ارزیابی عمر باقیمانده، نتایج آنالیز تنش و دمای پره، ارزیابی عمر باقیمانده صورت می‌گیرد. در روش محاسباتی جهت سرعت بخشیدن به محاسبات و دقیق‌تر بودن آن از برنامه‌های کامپیوتری استفاده می‌شود. تاکنون تعدادی نرم‌افزار توسط شرکت‌های مختلف در این رابطه تهیه شده است. روش محاسباتی به جهت استفاده از خواص اسمی آلیاژ، مدل‌های تئوری و بعضاً دقیق نبودن اطلاعات بهره‌برداری از دقت پایین تری نسبت به دیگر روشها برخوردار است. اما در گردشکار ارزیابی به عنوان گام اول محسوب می‌شود. چون بدون نیاز به خاموشی واحد می‌توان از وضعیت پره‌ها اطلاع یافت.



شکل ۲-۲۰- گردش کار تخمین عمر به روش محاسباتی مرکز تحقیقاتی نیروی برق ژاپن.

۲-۲-۶-۳- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی انستیتو تحقیقاتی نیروی

برق ایتالیا (CESI)

یک متدولوژی تخمین عمر توربین‌های گازی صنعتی بزرگ توسط شرکت CESI برای پره‌های ردیف اول گردان ارائه شده است. این شرکت از یک برنامه تخمین عمر (REMLIF) استفاده می‌کند سپس نتایج بدست آمده از آن را با اطلاعات مربوط به بررسی آزمایشگاهی پره‌ها (از طریق مقایسه نواحی آسیب دیده در پره) تطبیق می‌دهد. در نهایت نیز نتایج تست غیرمخرب جریان سرگردان با فرکانس متغیر (F-SECT) با نتایج بدست آمده از نرم افزار مقایسه می‌شوند.

۲-۲-۶-۴- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی کمپانی SIEMENS

یکی از مهمترین برنامه‌های Siemens، افزایش قابلیت اطمینان نیروگاهها و بهینه سازی عملکرد نیروگاهها، با اعمال تمهیدات مناسب در زمینه نگهداری پیشگیرانه و تعمیرات به موقع، در قالب برنامه‌های زمان‌بندی شده و منسجم است. ارائه خدمات مشاوره‌ای به نیروگاهها در زمینه بهینه‌سازی بهره‌برداری، تخمین عمر و افزایش عمر نیروگاهها، ارتقای سیستمها،

امکان ارائه مشاوره جهت اقتصادی‌تر نمودن و به صرفه‌تر کردن عملکرد نیروگاهها از عمده فعالیت‌های زیمنس و برنامه‌های آن در آینده، به عنوان یکی از معتبرترین فعالان پیشتاز در زمینه‌ی صنایع نیروگاهیست.

علاوه بر موارد فوق، شرکت زیمنس طیف وسیعی از آموزشهای مرتبط با کارکرد نیروگاهها در چرخه عمر و ارزیابی تجهیزات را ارائه می‌دهد. این آموزشها شامل شبیه‌سازی اجزای نیروگاه و یا در یک نیروگاه و در شرایط واقعی باشد.

واحد تحقیق و توسعه کمپانی زیمنس پژوهش منسجمی را شامل تعمیر و ارتقاء سیستم، برنامه افزایش طول عمر، تکنولوژی و ابزار جدید جهت بازرسی و تخمین عمر و همچنین آسیب شناسی و نظارت از راه دور، انجام داده که در ادامه فعالیت‌های انجام گرفته در این کمپانی به تفصیل شرح داده خواهد شد. LTA (تخمین عمر) و LTE (افزایش طول عمر) نام دو برنامه اصلی هستند که عمده‌ی پژوهش‌های نیروگاهی کمپانی زیمنس جهت افزایش راندمان کاری و حداکثر استفاده بهینه از تجهیزات موجود روی آنها متمرکز شده اند [۱۱]. همچنین زیمنس نرم‌افزارهای قدرتمندی را در زمینه‌ی تخمین عمر طراحی و راهی بازار نموده است که به لحاظ تجاری نیز بسیار موفق بوده‌اند.

• روند توسعه روش LTA کمپانی زیمنس

تخمین عمر اجزاء نیروگاهی روش‌های متنوع و مختلفی برای شناخت شرایط سرویس اجزا دارد. روش‌های اصلی در دسترس که زیمنس از آنها استفاده می‌کند و در تطابق با روش‌ها مرسوم دنیاست، عبارتند از:

۱- بررسی‌های غیرمخرب برای شناسایی ترک

۲- بررسی‌های متالوگرافیکی برای شناسایی دلایل افت خواص مواد

۳- روش‌های محاسباتی آنالیز مکانیک شکست

• روند توسعه بررسی‌های غیرمخرب (NDE) در زیمنس

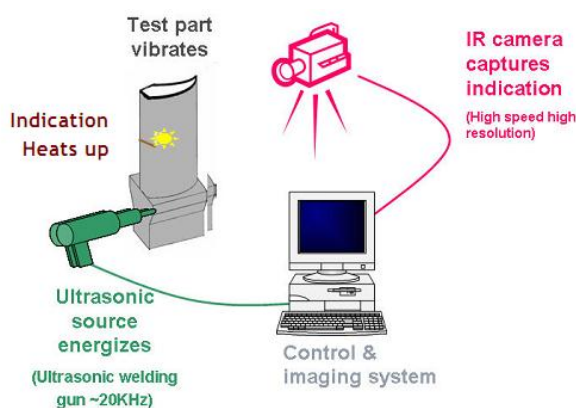
NDE ابزاری مفید و شناخته شده جهت محاسبه میزان کارایی توربین‌های بخار، ژنراتورها و اجزاء توربین‌های گازی طی چرخه‌ی عمر آن‌ها در نیروگاه‌هاست. روش‌های متداول مانند آزمون مایع نافذ (PT) و ذرات مغناطیسی (MT) جهت آشکارساختن ناپیوستگی‌های سطحی و زیرسطحی به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. کارآمدی روش PT نیازمند رسیدن ناپیوستگی به سطح قطعه و روش MT تنها در مورد موادی به کار می‌رود که خاصیت مغناطیسی دارند. بازرسی بصری (VT) توسط چشم انسان یا دوربین‌های با وضوح بالا و محدود به اندازه‌گیری ابعادی و ردیابی ناپیوستگی‌های خیلی بزرگ و همچنین بررسی شرایط عمومی اجزاست. آزمون التراسونیک (UT) برای بازرسی حجمی یک جزء استفاده می‌شود در حالی که آزمون ادی‌کانت (ET) روشی الکترومغناطیسی‌ست که به کوچکترین نشانه سطحی و در سطح کمتر زیرسطحی حساس است. آزمون رادیوگرافی (RT) با استفاده از پرتو ایکس یا گاما اتفاقات داخلی در اتصالات جوش، پایپ‌ها و سایر اجزاء را ردیابی می‌کند [۱۲].

علاوه بر روش‌های معمول غیرمخرب روش‌های ویژه‌ای توسط کمپانی زیمنس جهت بررسی هرچه بهتر عمر باقی مانده اجزاء توسعه یافته و یا مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در ادامه معرفی خواهند شد. لازم به ذکر است که این دو روش و سایر روش‌های مشابه که به نام کمپانی خاصی ذکر می‌شود، به صورت کلی و در همه‌ی کمپانی‌ها استفاده می‌شود اما هر کمپانی با طراحی جدیدی از روش موجود و ارتقای آن، نوع جدیدی از روش را به همان نام اما متعلق به خود ثبت می‌کند. مثلاً روش Ultrasonic Phased Array توسط غالب کمپانی‌ها استفاده می‌شود اما برخی کمپانی‌ها مدعی ابداع ورژن پیشرفته‌تری از روش عام موجود هستند و آن‌ها را به صورت تجاری و بدون ارائه‌ی دانش فنی آن در اختیار سایر شرکت‌ها یا دولت‌ها قرار می‌دهند. توسعه‌ی روش‌های موجود از اصلی‌ترین برنامه‌های کمپانی‌ها برای آینده است.

۱- ترموگرافی صوتی زیمنس (Acoustic Thermography)

روش ترموگرافی صوتی کمپانی زیمنس [۱۲]، روشی جدید است که در ردیابی ترک‌های ظریف و داخلی در اجزاء توربین‌های گازی به ویژه پره توربین، با موفقیت به کار گرفته شده است. شکل (۲-۲۱) نحوه‌ی عملکرد این تکنولوژی را نشان می‌دهد. یک منبع با فرکانس پایین و انرژی بالا جهت انرژی دادن و تحریک اجزا استفاده می‌شود و منجر به لرزش می‌شود. به بیان

ساده، اگر ترک ظاهر شود وجوه به هم ساییده شده و در نتیجه لرزش گرما تولید می‌شود. یک دوربین مادون قرمز با سرعت و وضوح بالا بر قطعه نظارت کرده و تولید گرما ناشی از ناپیوستگی را ردیابی می‌نماید. یک سیستم عکاسی کامپیوتری ویژه جهت مشاهده بخش موردنظر و ضبط بررسی‌های مادون قرمز نیز استفاده می‌شود. این روش حساسیت به مراتب بالاتری نسبت به ترک‌های داخلی و حساسیت کمتری نسبت به ترک‌های باز دارد. بررسی سرتاسری پره توربین در یک مرحله از مهمترین مزایای این روش است. حتی در صورت وجود پوشش محافظ نیز روش کارایی خود را حفظ می‌کند و کوچکترین ترک‌ها ناشی از حفرات خنک کننده تعیبه شده در پرها بدون نیاز به زدودن پوشش قابل ردیابی‌ست.



شکل ۲-۲۱- شماتیک روش ترموگرافی صوتی.

۲- روش Ultrasonic Phased Array توسعه داده شده توسط زیمنس

این روش جهت کاهش زمان بازرسی و بهبود ارزیابی اطلاعات برای طیف وسیعی از اجزای توربین‌ها توسعه داده شده است [۱۲]. این تکنیک‌ها شامل روش‌هایی برای بازرسی دیسک داخلی است. جهت ارزیابی شرایط ریشه‌ی پره، تکنیک‌هایی توسعه داده شده است که اجازه می‌دهند مناطقی از ریشه‌ی پره که تحت تنش شدید قرار دارند به صورت درجا مورد بررسی قرار گیرند بدون اینکه پره از مدار کاری خارج شود. به همین ترتیب روش‌های Phased array جهت ردیابی آسیب‌های ناشی از خوردگی تحت تنش در ملحقات پره در حالی که پرها در توربین نصب هستند توسعه داده شده است. اینکه روش‌های بررسی ابداع شده به درستی نیازهای آزمون التراسونیک را تأمین نمایند، از بالاترین اهمیت برخوردار است. جهت تأمین این نیاز، فرآیند

بررسی توسط روش‌های متنوع موجود مدل شده و سپس آزموده شده و اعتبار آن ارزیابی می‌شود. این روش‌ها باید شامل مدل کردن هندسه‌ی جزء مورد بررسی و انرژی *phased array* باشد. مشروح این روش در بخش حوزه‌های فناورانه به تفصیل آورده شده است.

۳- روش High Temperature Video Inspections توسعه داده شده توسط زیمنس

وقتی که اجزاء شرایطی را تجربه می‌کنند که واحد تولیدی مجبور به توقف یا سرویس آن می‌شود، شناسایی و گزارش آن در اسرع وقت مهمترین پارامتر در بازگشت و آغاز به کار واحد است. زیمنس ابزاری را ابداع کرده است که پرسنل را قادر به عکس‌العمل سریع می‌نماید و حتی در شرایط دمایی نزدیک به ۵۳۸ درجه سانتیگراد کارایی خود را حفظ می‌کند [۱۲]. یک سیستم بوردسکوپ دما بالا توسعه داده شده است و در واحدهای سرتاسر آمریکا با موفقیت به کار گرفته شده است. سیستم به گونه‌ایست که اجازه می‌دهد یک دوربین با ویدیو پراب با وضوح بالا از طریق گذرگاه‌های در دسترس و حفرات به منظور شناسایی شرایط داخل توربین گازی می‌شود. اگرچه ویدیوپراب وارد قسمت داغ می‌شود، سر دوربین تا دمای ۲۱ درجه سانتیگراد خنک می‌شود و بدین طریق زمان بیشتری برای بازرسی در اختیار قرار می‌گیرد. در شکل (۲-۲۲-الف)، بوردسکوپ در حال استفاده نشان داده شده است و سیستم اجازه می‌دهد تصاویری به مانند آنچه که در شکل (۲-۲۲-ب) آورده شده تهیه شود. نتایج به دست آمده مهندسان را در یافتن مکان مورد آسیب و حل سریع آن یاری می‌نماید.



(ب)



(الف)

شکل ۲-۲۲- (الف) بوردسکوپ در حال استفاده، (ب) تصویر به دست آمده توسط بوردسکوپ دما بالا نشان دهنده ترک ایجاد شده در یکی از اجزای توربین.

• نرم افزارهای تخمین عمر FMS و WIN_TS متعلق به کمپانی Siemens

سیستم مانیتورینگ خستگی زیمنس (FMS)، آسیب‌های خستگی و خزش تجمعی را در بویلرهای نیرو بر اساس استاندارد EN 12952-3/4 محاسبه می‌کند. همچنین این نرم‌افزار توانایی محاسبه فرایندهای آورده شده در استاندارد ASME BPVC section 2 part VIII را دارد. اولین FMS در سال ۲۰۰۴ نصب شد و گواهی تأیید هیأت ناظران ایمنی آلمان (TÜV) را دریافت نمود. FMS از دمای سیال یا ترموکوپل‌های دوتایی برای محاسبه تنش‌های حرارتی (Kunze & Raab 2012) و جهت محاسبات خزشی از کلاس دمایی آورده شده در EN-12952-4 استفاده می‌کند [۱۰].

WIN_TS محصول نرم‌افزاری زیمنس است که جهت فروش وارد بازار شده است و با اندازه‌گیری دما، فشار و سرعت چرخش توربین محاسبات تنشی و خزشی در توربین‌های بخار را انجام می‌دهد. بخش‌هایی که به طور ویژه مانیتور می‌شوند روتورهای توربین (فشار متوسط تا بالا)، جدار فشار بالا و ولوهای قطع و اصلی بخار هستند. محاسبات و پایگاه داده‌ها قابل اجرا در محیط ویندوز می‌باشند [۱۰].

۲-۲-۶-۵- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی شرکت ABB

یکی از شرکتهای سازنده تجهیزات توربین (شرکت ABB) از متدولوژی تخمین عمر مشابه شرکت EPRI ولی با در نظر گرفتن جنبه‌های مهندسی بیشتر (قابلیت اطمینان^۱، قابل استفاده بودن^۲ و قابلیت نگهداری^۳) استفاده می‌کند. این شرکت با استفاده از عمر طراحی پره و محاسبات مربوط به آن و برخی اطلاعات مورد نیاز، تخمین عمر انجام می‌دهد. اطلاعات مورد نیاز برای تخمین عمر عبارتند از:

- اطلاعات صحیح تاریخچه کاری

- روابط بین تاریخچه کاری و زوال پره

- روابط بین ریز ساختار و خواص قطعه و رابطه آن با شرایط کارکرد و زوال قطعه

- جنبه‌های آماری شکست

در مورد روابط بین خواص و ریز ساختار قطعه اگر چه اطلاعاتی موجود است ولی اکثراً کیفی هستند و بصورت گسترده مورد پذیرش همگانی قرار نگرفته‌اند.

¹ -Reliability

² -Availability

³ -Maintainability

از برنامه‌های اصلی واحد تحقیق و توسعه‌ی ABB ابداع نرم‌افزارهای قدرتمند در زمینه‌ی تخمین عمر قطعات است. این نرم-افزارها قادر به در نظر گرفتن جمیع آسیب‌های موجود و پارامترهای متعدد و متغیر هستند و توانایی پیش‌بینی دقیقی از زمان و مکان آسیب احتمالی دارند. توسعه‌ی روش‌های بازرسی به منظور استخراج صحیح و دقیق اطلاعات و شرایط کاری جهت انجام تخمین عمر، ارتقاء روش‌های on-line monitoring جهت کاهش دوره‌های توقف سیکل کاری نیروگاه از برنامه‌های پژوهشی اصلی ABB است.

• نرم‌افزار تخمین عمر OBLM متعلق به کمپانی ABB

ABB AG یک پکیج مانیتورینگ عمر بویلرها (OBLM) برای کنترل شرایط اجزاء جدار نازک و پایپ‌های بخار عرضه نموده است. مبنای کاری آن TRD 301 و قوانین ۵۰۸ و همچنین استاندارد EN 12952-4 است. این برنامه گواهی تأیید هیأت ناظران ایمنی آلمان (TÜV) را نیز داراست و به غیر از قوانین محاسبات تنش، سایر تنظیمات آن مشابه نرم افزار SR1 است. نرم‌افزار شامل امکان نحوه‌ی طراحی پارامترها برای محاسبات در مورد تجهیزات شکسته است. همچنین قابلیت سنجش هزینه‌ی مالی جهت تأسیس واحد موردنظر را نیز داراست. بهینه‌سازی عملکرد و عمر بویلرها از نقطه نظر اقتصادی از دیگر توانایی‌های این نرم‌افزار است [۱۰].

• نرم‌افزار SR1 متعلق به کمپانی STEAG

لازم به ذکر است که SR1 یک سیستم کنترل برنامه‌ی عمر اجزاء جدار نازک بویلرهاست که توسط کمپانی آلمانی Steag (پنجمین تولید کننده کلان ژنراتور الکتریسیته در آلمان (STEAG Energy Services GmbH)) توسعه یافته و امکان اندازه‌گیری گرادیان دمایی، اکستراپوله‌ی چرخه‌های اعمالی در واحدهای قدیمی جهت دستیابی به عمر خستگی بعد از ۵۰۰۰ ساعت کار را داراست [۱۰]. نرم‌افزار شامل ابزار گزارش و ارائه‌ی روند کاری و همچنین اکستراپوله کردن اطلاعات در عملیات‌های مختلف می‌باشد. Steag همچنین ابزار مانیتورینگ تنش برای پایپ‌های پرانرژی را نیز فراهم نموده است (Wagner 2013).

۲-۲-۶-۶-۲-۲- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی شرکت Dresser-Rand

شرکت Dresser-Rand برنامه‌ای را برای ارزیابی عمر توربینهای گازی به منظور افزایش عمر کارکرد آنها توسعه داده است. این برنامه شامل سه فعالیت عمده می‌باشد؛ بازرسی و آزمایشات NDT، مطالعات ارزیابی عمر باقیمانده و بازسازی و تعمیرات اجزای مختلف.

برای ارزیابی عمر توربینها باید یکسری کارهای به هم وابسته صورت گیرد؛ پس مهندسین با تجربه و متالورژیست‌ها اطلاعات بدست آمده در هر یک از این مراحل را بررسی و ارزیابی نموده تا بتوانند عمر باقیمانده اجزای بحرانی توربین را پیش بینی کنند. صحت و دقت این پیش بینی وابسته به کیفیت داده‌ها و اطلاعات بدست آمده می‌باشد.

• تاریخچه کاری

در مرحله اول محیطی که توربین در آن کار می‌کند باید شناخته شده باشد. برای این کار تمام پارامترهای اصلی که بر روی عمر توربین تاثیر می‌گذارند، باید مورد بررسی قرار گیرند. این پارامترها عبارتند از:

- دما و سیکلهای کاری

- تغییرات شرایط کاری

- شرایط محل کار

- تاریخچه نگهداری

این داده‌ها به عنوان ورودی در آنالیزهای حرارتی و تنش برای ارزیابی حالت شکست مثل خستگی کم چرخه و گسیختگی خزشی دمای بالا استفاده می‌شوند.

• آزمایشات ابعادی و NDT

آزمایشات ابعادی و NDT اطلاعات زیر را برای تخمین عمر فراهم می‌کند:

- اطمینان از اینکه اجزای توربین از لحاظ ابعادی برای استفاده مجدد مناسب هستند.

- تشخیص هر نوع ترک سطحی

- مکتوب کردن و مستندسازی هر گونه فرسودگی، خوردگی، حفره‌دار شدن، سائیدگی و آسیب‌های ناشی از برخورد اشیاء خارجی

- تشخیص هر گونه رسوبات باقیمانده

آزمون‌های غیرمخرب مایعات نافذ، اولتراسونیک و جریان‌های گردابی انجام می‌شود. تمامی این بازرسی‌ها باید توسط تکنسین دارای مدرک انجام گیرد و نتایج حاصل مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و در مورد عمر باقیمانده اجزای توربین قضاوت می‌شود.

• بررسی‌های تحلیلی

مرحله بعدی در ارزیابی عمر باقیمانده، تعیین مقدار واقعی دما و تنش در شرایط کاری توربین است. این مرحله مستلزم انجام آنالیز اجزای محدود (FEM) بر روی اجزای توربین است تا دما و تنش بحرانی مشخص شوند.

• تست مخرب مواد

اگر چه اطلاعات مربوط به مواد برای بررسی عمر باقیمانده اکثراً در کتابها موجود است ولی بدلیل اختلاف موجود در این داده‌ها، اگر از نتایج حاصل از آزمایش بر روی تجهیزات مورد بررسی استفاده شود، نتایج بهتری بدست می‌آید. بطور کلی تعداد کمی پره را می‌توان برای این هدف تخریب کرد (ولی دیسک توربین را نمی‌توان برای تخمین عمر مورد تست مخرب قرار داد).

نمونه‌های تست مخرب از ریشه و ایرفویل پره‌ها گرفته می‌شود؛ و سپس بر روی نمونه‌ها تستهای کشش و گسیختگی خزشی انجام می‌گردد تا عمر پره‌ها مشخص شود. اگر از نمونه‌های تست شده نتایج رضایت بخشی بدست آمد و هیچ گونه خوردگی اضافی یا سائیدگی وجود نداشت، ست پره‌ها برای استفاده مجدد پذیرفته خواهد شد. اگر نتایج حاصل از این تستها خیلی دور از حالت اولیه بود، آنگاه ست پره‌ها مورد عملیات حرارتی دوباره قرار می‌گیرند. تستهای دیگر و بررسی‌های ابعادی پس از عملیات حرارتی انجام می‌شود تا قطعه مورد پذیرش قرار گیرد.

۲-۲-۶-۷- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی کمپانی Sulzer

SULZER مدعی است که توانمندی لازم را جهت ارائه راهکار قابل اعتماد برای کارکرد قطعات حساس نیروگاهی داراست. از برنامه‌های اصلی آینده‌ی این کمپانی ارائه راه حل‌های نوآورانه و در نتیجه ایجاد و تقویت موقعیت رقابتی و تولید برق با صرفه اقتصادی بیشتر است. این کمپانی ضمن اشراف کامل بر مکانیزم‌های تخریبی حاکم بر اجزای مختلف نیروگاهی و شناسایی عوامل محدود کننده عمر آنها، قادر به تخمین عمر اجزا و افزایش عمر آنها می‌باشد. این شرکت دارای بیش از ۱۰۰ شعبه در کشورهای مختلف است.

روش‌هایی که کمپانی سولزر جهت تخمین عمر استفاده می‌کند شامل بررسی‌های محاسباتی و شبیه‌سازی فرآیندهای دخیل در شرایط کاری و مکانیزم‌های تخریب، روش‌های مخرب شامل آزمون‌های مکانیکی و متالوگرافی و روش‌های غیرمخرب است که در ادامه آورده شده است [۱۳]. مشاهده می‌شود که مشترک با روش‌هایی است که سایر کمپانی‌ها به کار می‌گیرند. در واقع این روش‌ها تکنیک‌هایی هستند که امتحان خود را در سطح بین‌المللی پس داده‌اند و سایر کمپانی‌ها نیز از آن‌ها استفاده می‌کنند. به نظر می‌رسد سرمایه‌گذاری روی روش‌های مذکور مقرون به صرفه و مطمئن خواهد بود. توسعه‌ی این روش‌ها و ارتقاء تجهیزات و نرم‌افزارهای مربوط به آن از برنامه‌های اصلی سولزر در آینده است.

- Traverse hardness of rotor disks
- Magnetic particle testing of disassembled rotor

- Ultrasonic inspection
- Boresonic inspection of disk bores
- Phased array ultrasonics of compressor disks
- Eddy current testing of turbine and compressor disks
- Array eddy current inspection of FA class turbine disks
- Dye penetrant inspection of FA class turbine disks
- In-situ metallography and replication of turbine and compressor disks
- Chemical analysis of turbine and compressor disks

۲-۲-۶-۸- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی مؤسسه LABORELEC

این مؤسسه با ۵۰ سال سابقه، یکی از مراکز پژوهشی و خدماتی ممتاز در صنایع انرژی‌تیک و نیروگاه‌هایست [۱۴] و زیرمجموعه‌ی گروه تحقیقاتی GDF SUEZ از نهادهای پیش‌تاز در بحث انرژی دنیاست. Laborelec بیش از ۲۵۰ کارمند در دنیا دارد و مرکز اصلی آن در بلژیک و برجسته‌ترین شعبات آن در هلند، آلمان و شیلی مستقر هستند. فعالیت‌های این مجموعه کلیه‌ی جنبه‌های مربوط به نیروگاه‌های گازی، بخاری، هسته‌ای، تجدیدپذیر و زغال‌سنگ را در بر می‌گیرد. این مجموعه سال‌هاست جهت عملکرد پربازده و مطمئن نیروگاه‌ها، بهینه‌کردن شرایط تعمیر و نگهداری تأسیسات و ممانعت از خسارات پرهزینه در نیروگاه‌ها از آزمون‌های غیرمخرب، مخرب و مدلسازی فرآیندها بهره‌می‌برد. در ادامه متدولوژی تخمین عمر Laborelec به تفصیل شرح داده خواهد شد.

- انتخاب بهترین تکنولوژی جهت بررسی غیرمخرب برای هر یک از شرایط

پیش از آغاز بررسی‌ها، کارشناسان Laborelec قادرند توسط نرم‌افزار CIVA، طراحی شده توسط مجموعه‌ی CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique)، بهترین تکنیک آزمون غیرمخرب را جهت مدل کردن دقیق اجزا، در نظرگرفتن هندسه و جنس ماده انتخاب کنند. با این ابزار کارشناسان مجموعه توانایی شبیه‌سازی هر نوع نقص، بر مبنای اطلاعات از قبل موجود و یافته‌های بصری را دارند.

- آزمون‌های غیرمخرب استاندارد انجام گرفته توسط LABORELEC

- بازرسی چشمی (VT)

- بازرسی با مایع نافذ (UT)

- آزمون ذرات مغناطیسی (MT)

- آزمون التراسونیک (UT)

- آزمون ادی کارنت (ET)

- آزمون‌های غیرمخرب پیشرفته‌ی انجام شده توسط LABORELEC

- Automated Ultrasound, Phased Array (PA)

- Time of Flight Diffraction (TOFD)

- آزمون Eddy Current tube در ژنراتورهای بخار، کندانسورها مبدل‌های حرارتی

- Frequency Scanning Eddy Current (FSECT)

- Alternating Current-Potential Drop (AC-PD) Testing

• روش‌های غیرمخرب مناسب انتخاب شده توسط *LABORELEC* در مطالعات موردی

Laborelec در برنامه‌ی پژوهشی‌ای که از سال ۲۰۰۶ آغاز کرد طی یک برنامه ۴ ساله ۱۷ تکنولوژی جدید برای بررسی‌های غیرمخرب را آزمود و دریافت که برنامه‌های زیر بالاترین پتانسیل بازرسی برای هر یک از شرایط ذکر شده را دارند [۱۵].

• *X-Ray Tomography tool*: مناسب جهت بررسی حجمی در مقاطع با هندسه‌ی پیچیده.

• تلفیقی از دو تکنیک جهت بازرسی غیرمخرب پایپ‌های دما بالا یا بخار: *Pulsed eddy current* بررسی موضعی بدون زدودن لایه‌ی عایق حرارتی را ممکن می‌سازد در حالی که *ultrasonic guided waves* اندازه-گیری سریع و کلی ضخامت دیواره را ممکن می‌سازد.

• ترکیبی از *alternating current-potential drop (AC-PD)* و *ultrasonic testing time of light diffraction* برای محاسبه‌ی دقیق عمق ترک در اجزاء مختلف کاربرد دارد.

• تکنولوژی *ACPD* پتانسیل‌های بالایی برای تخمین عمر خزشی تیوب‌های بویلر در نیروگاه‌های *USC* (تحت نظر دانشگاه کالیفرنیا جنوبی آمریکا) را نشان داد.

• پراب *Giant magneto-resistive (GMR)* برای بررسی بسیار دقیق در عمق تیوب‌های نازک فلزی با هندسه پیچیده به کار می‌رود. *Giant magneto-resistive* پدیده‌ایست که در آن عملکرد یک میدان مغناطیسی، مقاومت الکتریکی یک ماده را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. در بین روش‌های الکترومغناطیسی برای ردیابی ترک در مواد هادی با استفاده از ادی کارنت، روش‌های بر پایه‌ی اثر *GMR* کارآیی بهتری از خود نشان داده-اند. در مقایسه با روش‌های متداول ادی کارنت، پراب‌های *GMR* حساسیت بسیار بالاتری نسبت به میدان‌های ضعیف در محدوده‌ی وسیعی از فرکانس‌ها از چند هرتز تا چندین مگاهرتز، دارند. خروجی روش‌های معمول بیشتر متناسب با نرخ تغییرات میدان مغناطیسی است تا شدت میدان، بنابراین در فرکانس‌های پایین حساسیت آن‌ها محدود می‌شود. بنابراین ردیابی ترک‌های عمیق با پراب‌های معمول القایی دشوار می‌شود. ضمن اینکه پراب‌های *GMR* ابعاد

و اجزاء کوچکتری دارند که ردیابی موضعی میدان‌های مغناطیسی تشکیل شده ناشی از حضور عیوب را ممکن می‌سازد و به طبع آن رزلوشن سه بعدی بالاتری برای ردیابی ترک دارد.

۲-۲-۶-۹- روند توسعه فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌ی کمپانی GE

کمپانی GE از گروه‌های پیشتاز و معتبر در زمینه‌ی انرژی و صنایع نیروگاهیست که در زمینه‌ی تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی فعالیت‌های منسجم و پیشرفته‌ای انجام داده است. این کمپانی نیز به مانند سایر نهادها علاوه بر روش‌های محاسباتی و مخرب از تکنولوژی‌های استاندارد رایج و همچنین پیشرفته برای بررسی‌های غیرمخرب خود استفاده می‌کند که در ادامه شرح داده خواهند شد [۱۶]. این کمپانی با ارتقاء روش‌ها، تجهیزات و فناوری‌های موجود توانسته است ورژن پیشرفته‌ای از آن‌ها را به نام خود ثبت کند. از دیگر فعالیت‌های اصلی واحد تحقیق و توسعه‌ی GE برای آینده ابداع و توسعه‌ی نرم-افزارهای تخمین عمر پر قدرت و قابل رقابت در بازار است.

۱- Eddy Current Testing (ET) Solutions

این کمپانی از مجموعه‌ی کاملی از ابزار مورد نیاز آزمون ادی کارنت و پراب‌ها جهت ردیابی ترک‌های سطحی و زیرسطحی به انضمام طبقه بندی فلزات مختلف بهره می‌برد.

• Apollo Eddy Current System

ابزار ادی کارنت با فرکانس و کانال چندتایی جهت بررسی تیوب مبدل‌های حرارتی است که آزمون ادی کارنت استاندارد و پراب‌های (RFT) remote field tubing، همچنین اسکن محدوده‌ای وسیع از سطح را پشتیبانی می‌کند.



شکل ۲-۲۳- سیستم Apollo Eddy Current مجهز به نرم افزار پردازش و آنالیز اطلاعات.

- اندازه گیری رسانایی

GE از ابزاری قابل حمل، سبک و پر قدرت، مجهز به نمایشگر دیجیتال برای بررسی دقیق و تکرارپذیر فلزات غیر آهنی جهت شناسایی نوع ماده، خلوص و شرایط آن استفاده می کند که نمونه ای از آن در شکل (۲-۲۴) آمده است.



شکل ۲-۲۴- دستگاه الکتریکی سنجش رسانایی کمپانی GE.

- ابزار قابل حمل

GE دارای تجهیزات قابل حمل و پر قدرت برای بررسی های با فرکانس بالا و پایین جهت ردیابی عیوب، سنجش رسانایی و اندازه گیری ضخامت پوشش می باشد. این ابزار قابلیت کار با فرکانس دوتایی درایو چرخندهی دینامیک را دارند.



شکل ۲-۲۵- Aircraft inspection with the Phase 3 series flaw detectors

- GE، محدوده‌ی وسیعی از پراب‌های استاندارد ادی کارنت و کویل‌ها برای آزمون ET را استفاده و عرضه می‌نماید. همچنین پراب‌های تیوبی ID برای بازرسی مبدل‌های حرارتی در صنایع نیروگاهی توسط این کمپانی استفاده و پیشنهاد داده می‌شود.



شکل ۲-۲۶- پراب‌های ID جهت بررسی تیوب مبدل‌های حرارتی غیرآهنی.

۲- Radiographic Solutions

رادیوگرافی یکی از مهمترین مطمئن‌ترین و شناخته‌ترین روش‌های بازرسی غیرمخرب است. این روش مزایای بسیاری مانند آشکار ساختن تغییرات در ضخامت، عیوب داخلی و خارجی، جزئیات مونتاژ داخلی اجزا و ... را دارد. روش‌هایی مانند film integrated portable and stationary X-ray sources, digital technologies radiography

analytical X-ray metrology solutions 3D computed tomography inline systems
diffraction systems توسط GE ارائه و استفاده می شوند.



شکل ۲-۲۷- تصویر رادیوگرافی دو بعدی از پره توربین.

۳- Ultrasonic Testing (UT) Solutions

این آزمون روشی تقریباً همه کاره در بررسی های غیرمخرب است که از پرتو صوتی با فرکانس بالا برای ردیابی ناپیوستگی های داخلی در محدوده وسیعی از مواد مختلف شامل فلزات، پلاستیک و کامپوزیت ها استفاده می کند. در شکل زیر نمونه هایی از کاربرد آزمون التراسونیک در صنعت آورده شده است.



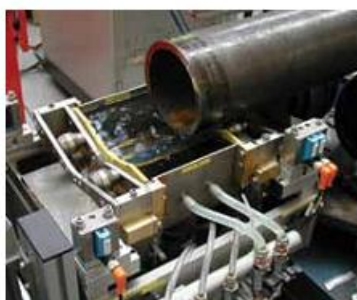
Weldstar mobile ultrasonic inspection system



SNUP ultrasonic pipe testing system



Phased Array Squinter with robots



GRP ultrasonic tube and pipe testing system



ROTA ultrasonic bar, tube and pipe testing system



Multi-channel ultrasonic instrumentation

شکل ۲-۲۸- نمونه‌هایی از کاربرد متنوع UT در صنعت.

۴- Remote Visual Inspection (RVI) Solutions

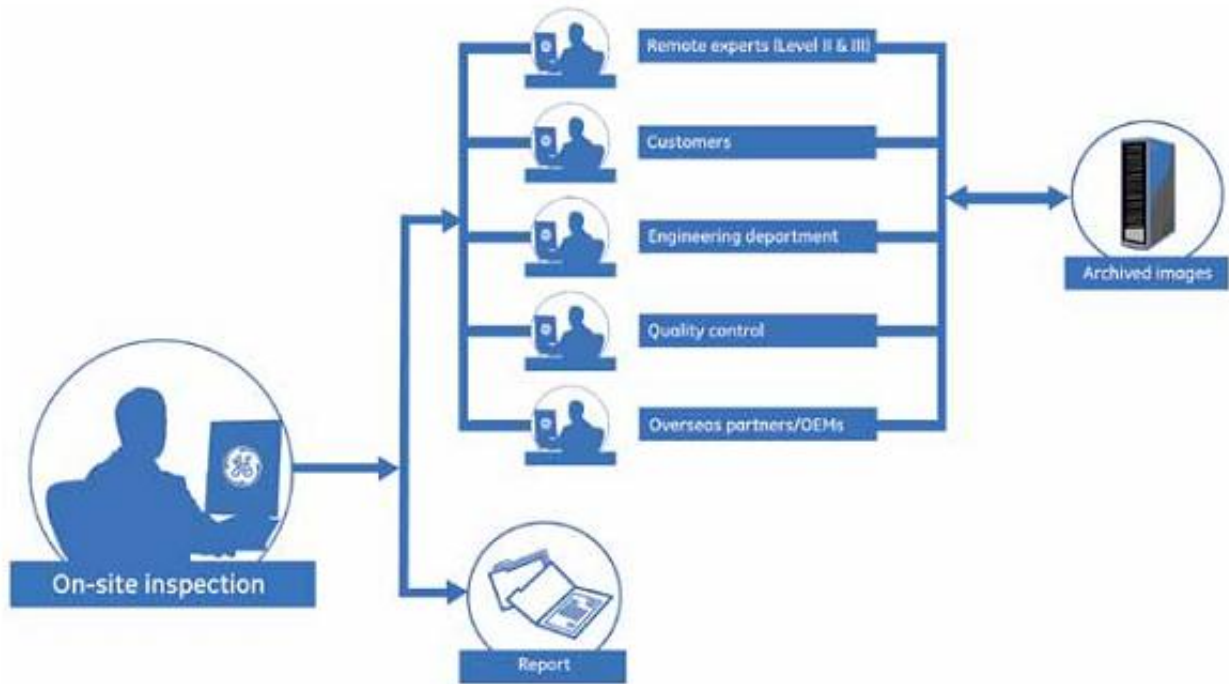
GE از ویدیو بوردسکوپ‌های مختلف (صلب و منعطف) با قابلیت حمل و در قطرهای متنوع استفاده مینماید. همچنین فیبروسکوپ از قطر ۸ تا ۱/۵ میلی‌متر برای دسترسی سریع به مناطق کوچکتر در GE مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۲۹- بررسی گسترده توربین گازی با ویدیوپراب XL Go توسط GE.

۵- Software Solutions (SS)

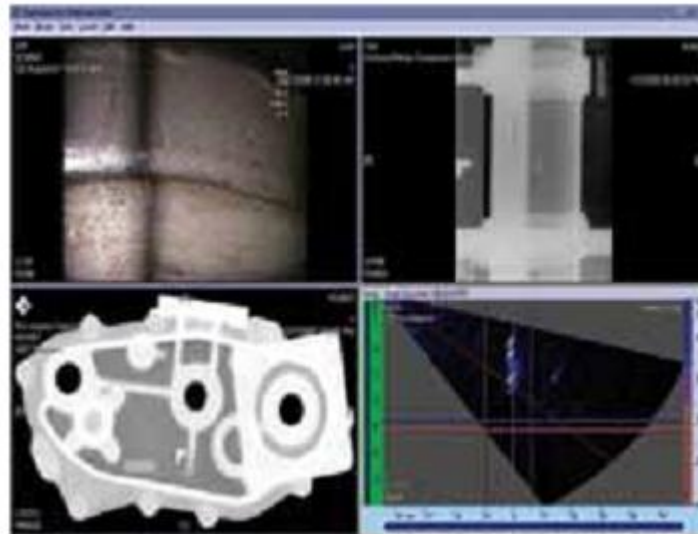
کمپانی GE نرم افزارهای ساده و مفیدی را طراحی کرده است که تمامی کاربردها و روش های آزمون های غیرمخرب شامل نرم افزار برای اطلاعات ورودی، آنالیز، بررسی تصاویر، گزارش، مدیریت، ذخیره سازی و به اشتراک گذاشتن اطلاعات را در بر می گیرد.



شکل ۲-۳۰- نحوه‌ی بررسی‌ها در محل.

• Rhythm Software Suite

این نرم‌افزار دارای ابزار قوی بررسی تصاویر و مدیریت اطلاعات برای کلیه‌ی بازرسی‌های چشمی (VT)، التراسونیک (UT) و پراش پرتو X (شامل computed and digital radiography و film digitization) می‌باشد. توانایی نرم‌افزار در به اشتراک گذاشتن اطلاعات به صورت پیشرفته سبب بهبود قابل توجه در بهره‌وری شده و به شناسایی و توصیف هرچه سریع‌تر مشکل ایجاد شده کمک می‌نماید که نتیجه‌ی آن آسیب کمتر به قطعه و یا مدیریت قوی‌تر بازرسی و سرویس می‌شود. تکنولوژی اصلی این نرم‌افزار بر پایه‌ی ارسال تصاویر دیجیتالی حاصل از بررسی غیرمخرب است و توانایی بررسی همزمان نتایج چند آزمون طی یک برنامه را دارد.



شکل ۲-۳۱- Rhythm Review screen.

• Menu Directed Inspection (MDI)

این برنامه اولین نرم افزار در صنعت بررسی های غیرمخرب جهت استانداردسازی فرآیند بازرسی است. یک ویدیو بسکوپ GE مجهز به نرم افزار MDI با تهیه ی گزارش به صورت اتوماتیک، صرفه جویی در زمان و بهبود کیفیت و افزایش بهره وری به بازرسی طی فرآیند کمک شایانی می کند.

• Application Specific Software

این نرم افزار قدرت ردیابی عیوب را افزایش می دهد. این نرم افزار قابلیت استفاده با آشکارسازهای مختلف پرتو X مانند flat panels و image intensifiers را دارد و در حالت خارج از خط نیز می توان به آنالیز نتایج پرداخت. مثلا بسته ی نرم-افزاری کمپانی GE برای آزمون التراسونیک، اسکن اجزا و سیگنال دریافتی التراسونیک را مدیریت کرده و ابزار آنالیز تصویر در حالت خارج از خط را فراهم می نماید. علاوه بر این، GE نرم افزار تحلیل سه بعدی اطلاعات (3D rendering software) را پیشنهاد می دهد که به شناسایی دقیق عیوب و ابعاد آنها می پردازد.

۲-۲-۶-۱۰- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی مؤسسه Intertek APTECH

Intertek APTECH یک مؤسسه‌ی مشاوره مهندسی و ایمنی تجهیزات و صنایع نیروگاهی در آمریکاست که شعبات متعددی در سرتاسر جهان دارد. عمده‌ی برنامه‌های آینده‌ی این کمپانی متمرکز بر تهیه‌ی نرم‌افزارها و برنامه‌های تخمین عمر قطعات داغ است. آن‌ها نرم‌افزارهای راهنمای سیکل ترکیبی (CCA: Combined Cycle Advisor) و COSTCOM قابل اجرا در رایانه را برای بررسی آسیب‌های مربوط به خزش، خستگی حرارتی و ... را جهت تخمین عمر قطعات داغ پیشنهاد می‌دهند [۱۰]. COSTCOM برای محاسبه‌ی آسیب کارکرد و CCA برای بهینه‌سازی عملکرد فرآیندهای ترکیبی است. الگوریتم استفاده شده توسط COSTCOM رویدادهای عملگر را با استفاده از پردازش اطلاعات طبقه‌بندی می‌کند. مدل استفاده شده در محاسبه‌ی خسارات با به کار بردن تاریخچه‌ی شکست تجهیزات واحد نیروگاهی یا واحدهای مشابه آن کالیبره می‌شود. COSTCOM شامل عملگر نشان دهنده‌ی سطح آسیب ایجاد شده است و مشخص می‌کند که چقدر سریع‌تر سیستم می‌تواند بدون ریسک آسیب به تجهیزات، آغاز به کار کند. نرم‌افزار، هزینه‌ی مالی کارکرد را نیز معین می‌نماید. (Kumar, Besuner, Dwight & Hilleman, 2012)

۲-۲-۶-۱۱- روند توسعه فعالیتها و برنامه‌های آینده‌ی گروه Quest

این مجموعه گروهی پیش‌تاز در توسعه و ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی و ایمنی برای تعمیر و نگهداری کلیه‌ی صنایع و تجهیزات نیروگاهی است. تخمین عمر قطعات داغ، آنالیز شکست، آزمایشات ریزساختاری و خوردگی، بررسی همزمان در محل و حین کار تجهیزات، بازرسی‌های غیرمخرب و ... برای خطوط لوله‌ی انتقال نفت و گاز، توربین‌های بخار و گازی و ... از عمده‌ی فعالیت‌های این مجموعه است [۱۷].

- توانایی‌های گروه Quest در بررسی و تخمین عمر قطعات توربین گازی و بخار

عمده‌ی فعالیت‌ها و خدمات ارائه شده توسط گروه Quest در مورد نیروگاه‌های حرارتی و تجهیزات آن‌ها بر برنامه‌های زیر متمرکز شده است [۱۷].

- Gas and steam turbine rotor life management and inspection
- Non-destructive testing (NDT), inspection management and outage support
- Gas turbine hot gas path life management, repair and refurbishment
- Site inspection and repair audits
- High temperature materials research and testing in fully equipped metallurgical laboratories
- Root cause failure analysis
- Steam side plant life management, life assessment and life extension
- HRSG, pressure vessels, superheater, steam drums and boiler life assessment using risk based methods
- Corrosion life prediction modeling and water chemistry analysis
- LifeQuest HEP advanced analysis for remaining life predictions and life management of high temperature, high pressure steam piping.
- FEM analysis
- Proprietary software tools

• نرم‌افزارهای تخمین عمر متعلق به گروه Quest

این گروه چندین نرم‌افزار تجاری را ارائه کرده است که برنامه‌ی سرویس تجهیزات، آنالیز شکست و مدیریت پایگاه داده‌ها و اطلاعات حاصل از بازرسی‌های غیرمخرب را انجام می‌دهند [۱۷]. این نرم‌افزارها عبارتند از:

- Signal FFS (Fitness-for-Service)

این نرم‌افزار آنالیز مکانیک شکست را در تجهیزات چرخان و ثابت انجام می‌دهد و قابل نصب و اجرا بر روی ویندوز بوده و از سطح بالاترین نرم‌افزارهای موجود در حوزه‌ی تخمین عمر قطعات دوار و ثابت است.

- FEACrack

این نرم‌افزار پکیج آنالیز المان محدود، قابل نصب و اجرا بر روی ویندوز است و مش‌های ترک‌های سه بعدی تولید می‌کند و توسط برترین متخصصان مکانیک شکست گروه Quest طراحی شده است. این نرم‌افزار ابزار است سودمند که کاربر را مرحله به مرحله در فرآیند وارد کردن اطلاعات و مدل، پردازش آنالیز و انجام فرآیند راهنمایی می‌کند. این نرم‌افزار فایل خروجی مورد نیاز برای نرم‌افزارهایی همچون Abaqus، ANSYS و Warp3D را نیز ایجاد می‌نماید. کلیه‌ی اطلاعات مربوط به فاکتور شدت تنش (K)، تنش Von-Mises، نمودارهای نیرو-جابجایی، نمودارهای تنشی دلخواه و ... را در فرمت‌های مختلف قابل استخراج از این نرم‌افزار است.

- RMS Software

نرم‌افزار Reliability Management System به کارگیری برنامه‌های تخمین بر پایه‌ی ریسک (RBA) در گستره‌ی وسیعی از صنایع را میسر می‌سازد.

- New Software for infrared temperature correction (14-May 2014)

روش ترمومتری با IR بیش از ۳۰ سال است که جهت تعیین دما در تجهیزات داغ استفاده می‌شود و ثابت شده است که روش بسیار مفیدی برای خطایابی مناطق داغ تیوب از توزیع نامناسب حرارت، خسارات و آسیب‌های ناگهانی و مضر است. اما برای استفاده از تمام مزایای این روش متدولوژی مطمئنی نیاز است تا خطاهای موجود در اندازه‌گیری دما را از بین ببرد و اطلاعات دقیقی را از شرایط دمایی مناطق داغ و حساس ارائه دهد. Correct IR ارائه شده توسط گروه Quest از یک مدل ریاضی مرتبط به هندسه‌ی تجهیزات مورد نظر استفاده می‌کند که از روش مرسوم IR Thermometry اطلاعات بسیار دقیق‌تری ارائه می‌دهد، از تکرارپذیری مطلوبی برخوردار است و خطای ناشی از تجهیزات اندازه‌گیری را، به‌ویژه با اتومات کردن محاسبات، به حداقل می‌رساند. بنابراین تخمین عمر باقیمانده اجزاء داغ با دقت بسیار بالاتری انجام می‌گیرد.

- Pressure cycle fatigue Analysis-Pacifica

نرم افزار Pacifica آنالیز Pressure cycle fatigue را در حضور ترک در خطوط لوله بر مبنای متدولوژی مکانیک شکست پیشرفته انجام می‌دهد. این نرم‌افزار عمر باقیمانده اجزاء و برنامه‌های بازرسی، مکان و ابعاد عیوب ایجاد شده در ساختار قطعات را ارائه می‌دهد و اطلاعات خروجی آن به سهولت و در فرمت‌های مختل قابل استخراج است. آنالیز این نرم‌افزار از ریسک بسیار پایینی برخوردار است و جزئیات و کوچکترین تغییرات را نیز دقیق نشان می‌دهد.

اطلاعات بیشتر در وبسایت کمپانی به آدرس www.questintegrity.com قابل ملاحظه است.

۲-۲-۷- روش‌های نوین آزمون‌های غیرمخرب

۲-۲-۷-۱- مقدمه

روشهای مرسوم تستهای غیرمخرب شامل بازبینی چشمی، اندازه‌گیری ابعاد، ضخامت سنجی و عیب یابی توسط آلتراسونیک، آزمون مایعات نافذ، آزمون ذرات مغناطیسی، آزمون ادی کارنت و روشهای رادیوگرافی برای بازرسی و عیب یابی اجزاء مختلف یک نیروگاه بکار گرفته می‌شوند. این روشها اگر چه به صورت وسیعی در نیروگاههای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند اما بدلیل محدودیتهای و معایب مختص هر یک از روشهای نامبرده، همواره تلاش در جهت تکمیل و بهبود روشهای رایج صورت گرفته است. با توجه به محدودیتهای و معایب آزمونهای غیرمخرب و از طرفی افزایش روزافزون تقاضا برای تستهای غیرمخرب در صنایع مختلف، سازنده‌های مختلف بر آن شده‌اند که روشهای جدید تستهای غیرمخرب را با دامنه کاربرد وسیع‌تر، معایب و محدودیتهای کمتر و در عین حال سرعت و دقت بیشتر گسترش دهند و در برخی موارد، همان روشهای متداول را بهبود بخشند. مسلماً با گسترش چنین روشهایی، صنایع مختلف نیز برای اطمینان بیشتر از نتایج آزمایشها و کنترل بهتر سیستم و اجزاء مختلف، از روشهای جدیدتر آزمونهای غیرمخرب استفاده می‌کنند.

از مهمترین علل رویکرد به روشهای جدید آزمونهای غیرمخرب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- شناسایی و ردیابی عیوب بسیار کوچک (ترکهای بسیار ریز، عیوب نقطه‌ای و ...)

۲- شناسایی عیوبی که در عمق قطعه قرار دارند و همچنین تعیین نوع عیوب و مشخص نمودن موقعیت آن،

۳- شناسایی عیوبی که در نقاط غیر قابل دسترسی قرار دارند،

۴- سرعت عملکرد روشهای جدید،

۵- هزینه کمتر نسبت به میزان خدمات،

۶- ضرر و زیان کمتر برای شخص استفاده کننده در برخی روشها،

۷- سهولت در استفاده،

۸- استفاده از نرم‌افزارهای کمکی.

اکثر روشهای جدید آزمونهای غیرمخرب، بهینه شده روشهای قدیمی تر می‌باشند، بدین معنی که اصول حاکم بر روشها تغییر چندانی نداشته و تنها قدرت سیستم و سهولت در استفاده آن بهینه شده است.

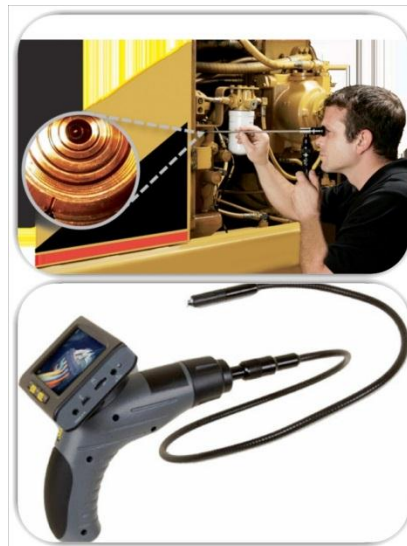
در قسمتهای بعد، برخی از روشهای جدید آزمونهای غیرمخرب، معرفی شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲-۲-۷-۲- سیستمهای پیشرفته ویدئویی و اپتیکی برای استفاده در بازرسی

چشمی

در بازرسی‌های چشمی برای افزایش قدرت بازرسی از سیستمهای پیشرفته ویدئویی و اپتیکی استفاده می‌شود. در بازرسی‌های ویدئویی با استفاده از پرابهای مخصوص می‌توان درون لوله‌های بویلر را مورد بازرسی قرار داد. پرابهای استفاده شده در این روش شامل پرابهای صلب برای لوله‌های مستقیم و پرابهای قابل انعطاف برای لوله‌های خمیده می‌باشد. منبع نور به این پرابها

متصل می‌شود و شدت نور آن قابل تنظیم می‌باشد. قطر پراب، طول پراب، نوع منبع نور و زاویه دید از متغیرهای این روش می‌باشد. پراب چنین سیستمی با چرخش می‌تواند زاویه دید آن را افزایش دهد. شکل (۲-۳۲) شماتیکی از این دستگاه را به همراه معرفی اجزاء آن نشان می‌دهد. این پرابها بسیار حساس هستند و نیاز به مراقبت ویژه دارند. هزینه کم استفاده از این سیستم در بازرسی چشمی، سرعت بالای آن، قابلیت انعطاف پذیری آن برای محیط‌های مختلف و نهایتاً سهولت استفاده از آن از عوامل مهم رویکرد به این سیستم می‌باشد. در انتهای پراب می‌توان عدسی چشمی برای مشاهده مستقیم و یا یک دوربین برای ضبط تصاویر تعبیه نمود [۱۸].



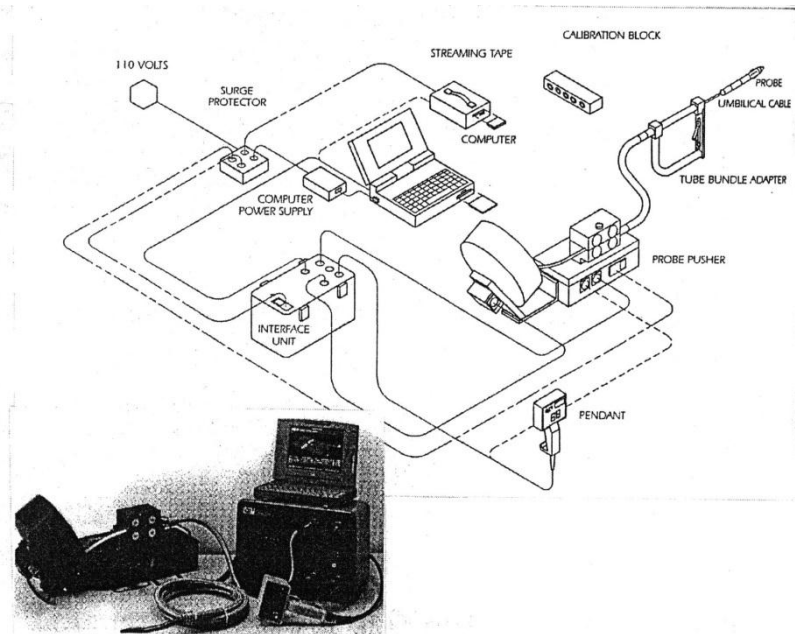
شکل ۲-۳۲- شماتیکی از مدرن‌ترین بوراسکوپ‌های صلب و منعطف

از دیگر ابزار بازرسی اپتیکی بوروسکوپ‌های انعطاف‌پذیر هستند که انتهای مشاهده‌گر آن‌ها از نوع چرخان در چهار جهت، قادر به چرخش و خم شدن در چهار جهت می‌باشد. میزان چرخش و خم شدن انتهای مشاهده‌گر در این بوروسکوپها در جهات بالا، پایین، چپ و راست است. بدین ترتیب می‌توان محدوده و میدان وسیعی را به کمک این بوروسکوپها مشاهده نمود. قطر این بوروسکوپها به اندازه‌ای است که در بازرسی تیوبهای نیروگاههای حرارتی دستگاه مناسب محسوب می‌شود [۱۹].

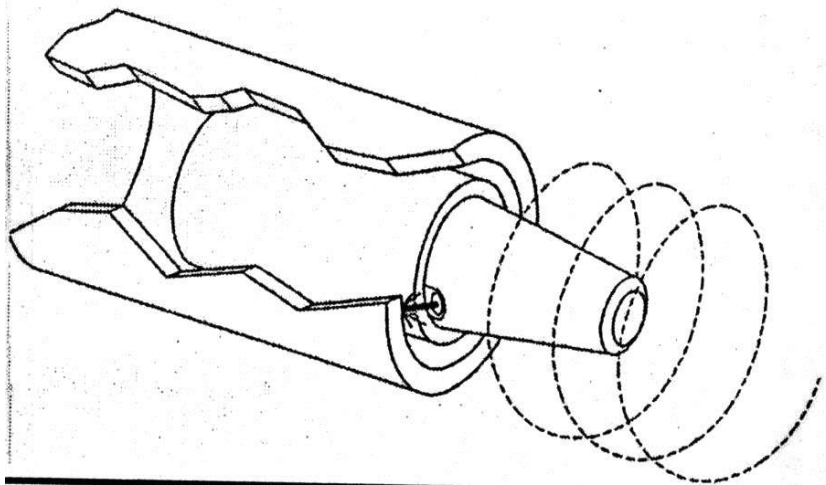
۲-۲-۷-۳- بازرسی غیرمخرب توسط لیزر

در این روش، پراب مخصوص در داخل لوله حرکت می‌کند. این پراب در حین حرکت با سرعت بالا چرخیده و پرتوی باریکی از لیزر را به دیواره داخلی لوله می‌فرستد. با برگشت این پرتو، توسط یک فتو سنسور حساس فاصله تا دیواره لوله محاسبه می‌گردد. حرکت ماریچ گونه منبع لیزر باعث می‌شود که بتوان یک نقشه^۱ کامل از سطح درونی لوله تهیه نمود. توسط چنین نقشه‌ای می‌توان نقایص ناپیوستگی، حفره‌ها، ترکها و ... را شناسایی نمود. شماتیک تجهیزات این روش در شکل (۲-۳۳) نشان داده شده است. شکل (۲-۳۴) نیز شماتیکی از حرکت ماریچی منبع پرتوی لیزری را نشان می‌دهد. سیستم حرکت پراب برای حرکت یکنواخت محوری و چرخشی بسیار مهم است. زیرا، تغییر در سرعت حرکت پراب باعث ایجاد خطا در نتایج می‌گردد. مزیت عمده این روش پیشرفته این است که علاوه بر شناسایی محل عیب، ابعاد عیب را نیز نشان می‌دهد. دقت این روش بستگی به سرعت و دقت پراب و حسگرهای آن دارد. سیستم‌های پیشرفته تحلیلگر دیجیتالی این دستگاه به اپراتور اجازه می‌دهد تا داده‌ها را همزمان به هنگام جمع‌آوری آنها مشاهده نماید. سرعت استفاده از این دستگاه از دیگر قابلیت‌های این روش است. در کمتر از ۳۰ دقیقه می‌توان سیستم را نصب و آماده به کار نمود. مدل‌های مختلفی از این دستگاهها توسط شرکتهای مختلف ارائه شده است که هر یک قابلیت‌های ویژه‌ای را دارا هستند [۲۰ و ۲۱].

¹ - Map



شکل ۲-۳۳- شماتیکی از تجهیزات بازرسی لیزری [۲۰].



شکل ۲-۳۴- حرکت مارییچی منبع نور لیزر [۲۰].

۲-۲-۷-۴- روشهای پیشرفته ادی کارنت

روش ادی کارنت یکی از روشهای ارزیابی عیوب سطحی و زیر سطحی می باشد. این روش براساس تغییر در جریانهای گردابی به علت برخورد به عیوب استوار است. از آنجائی که ضروری نیست که اتصال الکتریکی مستقیم با قطعات مورد آزمایش برقرار شود لذا این روش می تواند کاربردهای زیادی داشته باشد. در اعمال جریانهای گردابی متغیرهایی مانند قابلیت انتقال، نفوذپذیری و توپوگرافی جسم تحت آزمایش نقش مهمی دارند. عمق نفوذ با انتخاب فرکانسهای مختلف تغییر می یابد و برای افزایش وضوح نتایج در محدوده μm و mm از حسگرهای مختلف استفاده می شود. روش ادی کارنت نیز جهت پاسخگویی به نیازهای روزافزون صنایع مختلف همواره در حال گسترش توانایی های آن بوده است [۲۲]. در ابداعات جدید توانایی این روش در شاخه های زیر افزایش پیدا کرده است:

الف - بدست آوردن شرایط مکانی و آماری عیوب به همراه خواص ماده (قابلیت انتقال و نفوذپذیری) و چگونگی توزیع تنش در ساختار،

ب - استفاده از سیگنالهای متغیر در محدوده 80dB و یا بالاتر جهت ردیابی عیوب بسیار ریز و میکروسکوپی،

ج - بهینه شدن حسگرها از نظر طراحی، دقت ردیابی عیوب و تنوع آنها،

د - افزایش سرعت عملکرد سیستم به همراه کوچک شدن حجم آن برای کاربردهای خاص،

ه - قابلیت کالیبراسیون سریع تر.

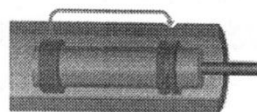
در روشهای جدید بر پایه جریانهای گردابی از پرابهای مخصوص استفاده می شود که توسط این پرابها می توان انواع مختلف عیوب را ردیابی نمود. یکی از پرابهای جدید، پرابهای پنکیکی چند کاناله می باشند که در آنها از چندین کوئل استفاده شده است. توسط این پرابها می توان عیوب و ترکهای موازی با جهت میدان را نیز ردیابی نمود. پراب دیگری که می توان به آن

اشاره نمود پراب چند کاناله دارای فرستنده و گیرنده می‌باشد. این نوع پراب دارای توانایی و سرعت بالایی در شناسایی عیوب می‌باشد. از روشهای جدیدی که بر پایه روش ادی کارنت بنا شده‌اند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

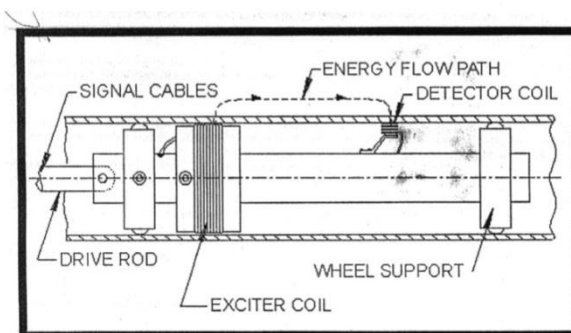
• روشی RFT^۱

در این روش که بیشتر برای بازرسی تیوبها و لوله‌های غیر فرومغناطیسی استفاده می‌گردد، میدان الکترومغناطیسی در داخل یک لوله حرکت می‌کند. در این حالت فرستنده و گیرنده امواج مغناطیسی بر روی یک پراب و به فاصله حدود ۲ تا ۳ برابر قطر لوله از یکدیگر فاصله گرفته‌اند. این کویل ابتدا میدان مغناطیسی با فرکانس پایین در جهت محیطی تولید می‌کند. میدان الکترومغناطیسی از درون ضخامت عبور کرده و به طرف سطح خارجی تیوب حرکت می‌کند. سپس این میدان الکترومغناطیسی توسط یک حسگر دریافت می‌شود. با تفسیر تغییر ایجاد شده در میدان دریافت شده، نوع و اندازه عیوب مشخص می‌گردد. شکل (۲-۳۵) شماتیکی از روش RFT با معرفی اجزاء آن را نشان می‌دهد. روش RTF برای هر دو حالت عیوب سطحی OD و ID حساسیت یکسانی دارد و سرعت بازرسی با این روش در حدود ۱۰۰ الی ۵۰۰ mm/s می‌باشد. از امتیازهای مهم این روش نسبت به روشهای دیگر که بر پایه ادی کارنت کار می‌کنند این است که در موارد فرومغناطیس، حساسیت آن برای عیوب محیطی و محوری یکسان است [۲۳].

¹ - Remote Field Technique



(الف)



(ب)

شکل ۲-۳۵-الف - شماتیکی از روش RFT [۵] ب - شماتیکی از روش RFT با معرفی اجزاء آن [۲۳].

• روش FSEC^۱

اصول این روش با روش معمول ادی کارنت یکسان است. این روش برای موادی که خاصیت فرومغناطیسی کمی دارند از جمله مونل، آلیاژ ۲۲۰۵، نیکل و فولادهای فرومغناطیسی کاربرد دارد. پراب اشباع کامل شامل یک کوئل ادی کارنت معمولی و یک مگنت می‌باشد. مگنت باعث اشباع میدان مغناطیسی می‌شود. وقتی که اشباع شدن انجام گرفت نفوذ پذیری مغناطیسی ماده به یک کاهش می‌یابد و اصول ادی کارنت معمولی قابل استفاده خواهد بود. جهت اطمینان از اشباع کامل، از نمونه‌های کالیبراسیون می‌توان استفاده نمود.

^۱ - Full Saturation Eddy Current

• روش PSEC^۱

روش ادی کارنت اشباع جزئی برای موادی از جنس فرومغناطیس که برای اشباع شدن بصورت کامل خیلی ضخیم هستند بکار می‌رود. در این روش از دستگاه‌های ادی کارنت استفاده می‌شود و تغییرات ایجاد شده در امپدانس که ناشی از تغییرات نفوذپذیری است نشان داده می‌شود.

• روشهای جدید آزمونهای مغناطیسی

• روش نشر شار مغناطیسی (MFL)^۲

در روش نشر شار مغناطیسی از یک مغناطیس دائمی برای ایجاد میدان شار در دیواره پایپها استفاده می‌شود. در این روش از یک کویل برای اندازه‌گیری زمان تغییر شار مغناطیسی به محض وارد شدن پراب به سیستم لوله استفاده می‌شود. نتایج به صورت ولتاژ و نمودار نشان داده می‌شوند. نشر و تضعیف شار مغناطیسی به علت وجود حالت غیر نرمال در لوله‌ها به وجود می‌آید.

این روش که بر مبنای تأثیر عیوب بر میدان مغناطیسی است تنها در مورد موارد فرومغناطیس استفاده می‌شود. از آنجائی که این روش یک روش دینامیکی است سرعت حرکت پراب فاکتور بسیار مهمی در انجام آزمایش می‌باشد.

سرعت حرکت پراب در داخل لوله باید ثابت و یکنواخت باشد. تغییرات در سرعت پراب باعث ثبت سیگنالهای اضافی و ایجاد خطا در عملکرد سیستم می‌شود. روش MFL روش سریعی است زیرا، این روش بر پایه برگشت فرکانس عمل نمی‌کند. سرعت حرکت پراب در این روش بیش از ۱m/s می‌باشد.

¹ - Partial Saturation Eddy Current

² - Magnetic Flux Leakage

- روش ذرات مغناطیس تر به صورت فلورسنت^۱ (WFMT)

هنگام استفاده از روش ذرات مغناطیسی در موارد حساس تر، بجای ذرات مغناطیسی معمولی، از ذرات پوشیده شده با پوشش فلورسنت استفاده می‌شود. در این صورت کار ارزیابی با استفاده از نور ماوراء بنفش انجام می‌گیرد.

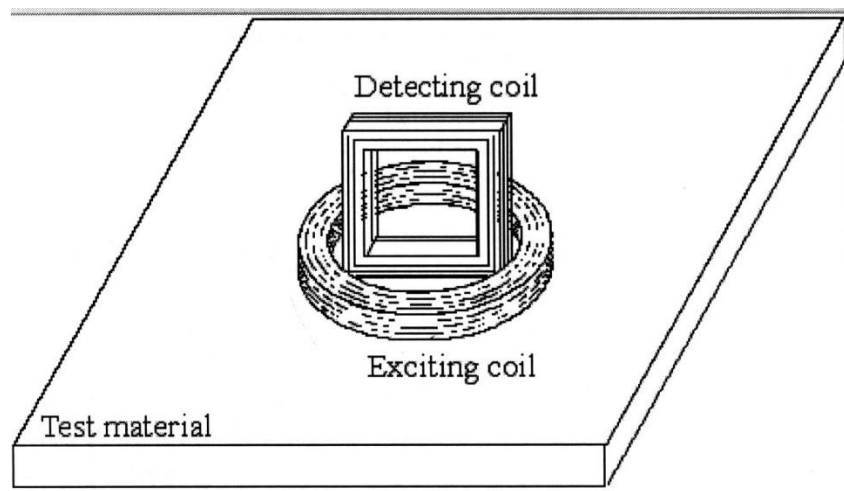
- پراب جدید ادی کارنت بدون سیگنال lift-off

پرابهای متداول ادی کارنت در بازرسیهای غیر مخرب، تغییرات جریان ادی القایی از کویل تهییج یا تغییرات امپدانس کویل را ردیابی می‌کند. از آنجائی که جریان ادی القایی با lift-off پراب از سطح نمونه تغییر می‌کند لذا، سیگنال lift-off در چنین پرابهایی غیر قابل اجتناب است. چنانچه سیگنال lift-off بزرگ باشد، سیگنال فاز را نمی‌توان به سادگی برای ارزیابی ترک به کار برد و لذا در پرابهای متداول تنها از دامنه سیگنال عیب برای ارزیابی عیب استفاده می‌شود و وقتی از دامنه سیگنال استفاده می‌شود نه تنها عمق بلکه طول و عرض عیب نیز تغییر می‌کند و به همین دلیل است که روش ادی کارنت با پرابهای متداول را به سختی می‌توان به عنوان یک روش کمی برای ارزیابی عمق ترکهای سطحی قبول کرد. البته لازم به ذکر است که در سالهای اخیر پرابهای چندی با سیگنال off-lift کمتر گسترش یافته‌اند اما همچنان نیاز به پرابهایی با حساسیت کمتر نسبت به lift-off برای ارزیابی کمی و مطمئن تر مورد نیاز است. در طراحی پراب جدید به این مسئله دقت شده است که جهت حذف سیگنال lift-off لازم است که پراب تنها جریانهای ادی القا شده با ناپیوستگی و عیب را دریافت کند و مستقیماً جریان ادی را از سیم پیچ تهییج دریافت نکند. با این وصف پراب جدید متشکل از یک سیم پیچ تهییج دایره‌ای و یک سیم پیچ بازبینی که در مرکز سیم پیچ تهییج قرار داده می‌شود می‌باشد (شکل ۲-۳۶). کویل تهییج، جریان ادی متقارن محوری در نمونه مورد آزمایش القا می‌کند و کویل بازبینی تنها زمانی سیگنال تولید می‌کند که مقداری جریان ادی از میان سیم پیچ بازبینی عبور

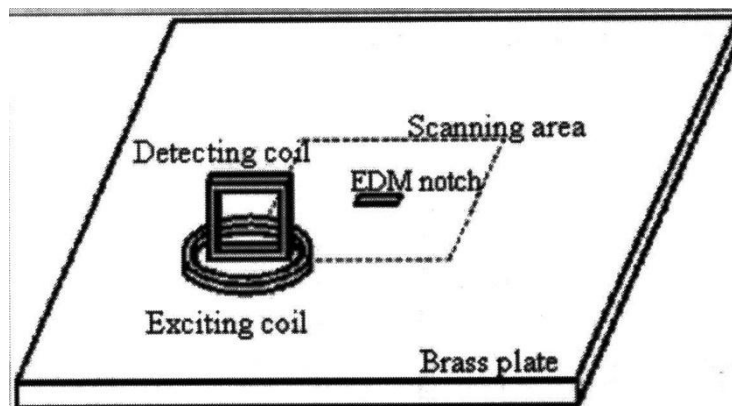
^۱ -Wet Fluorescent Magnetic Particle Testing (WFMT)

نماید و تا زمانی که جریان ادی القا شده به صورت متقارن می‌باشد کویل بازبینی هیچ سیگنالی تولید نمی‌کند و در نتیجه پراب از هرگونه سیگنال lift-off آزاد است. زیرا lift-off پراب از سطح نمونه باعث عبور جریان از کویل تهییج نمی‌گردد.

نتایج آزمایش این پراب جدید روی نمونه برنجی با یک عیب ایجاد شده با ابعاد متفاوت روی آن، شکل (۲-۳۷)، در شکل‌هایی با نمونه پراب متداول از نوع پنکیک مقایسه شده است.

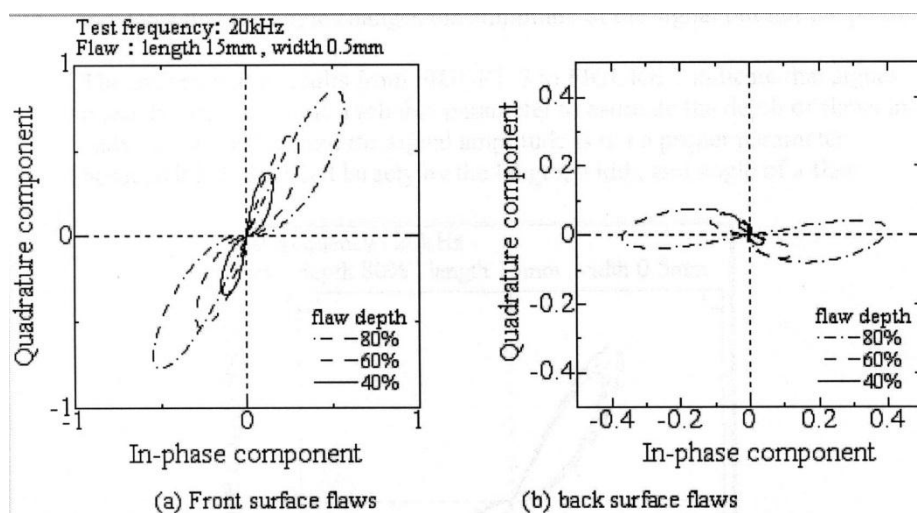


شکل ۲-۳۶- ساختار پراب جدید [۲۴].



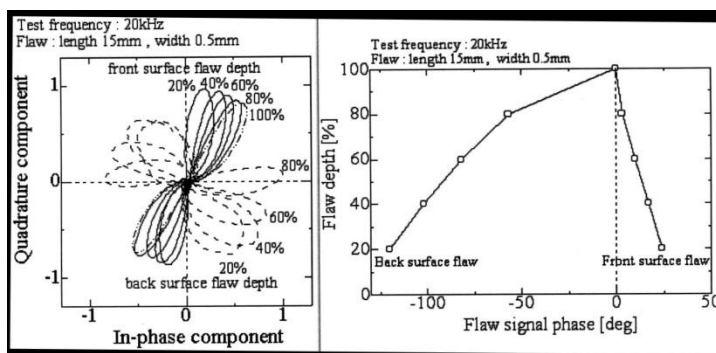
شکل ۲-۳۷- نمونه برنجی با یک عیب ایجاد شده با ابعاد متفاوت روی آن [۲۴].

شکل (۲-۳۸ الف و ب) نشان می‌دهد که دامنه و فاز سیگنالهای تولید شده از رو و پشت نمونه به دلیل عمق متفاوت عیب در این دو سطح، کاملاً متفاوت است و این خود اثباتی است بر این نکته که پراب جدید قادر به ارزیابی عمق عیب در نمونه نیز می‌باشد.



شکل ۲-۳۸- الف و ب نشان دهنده دامنه و فاز سیگنالهای تولید شده از رو و پشت نمونه [۲۴].

در شکل (۲-۳۹) نتایج حاصل از ارزیابی با پراب جدید را برای زوایای متفاوت عیوب نسبت به کوئل بازبینی پراب نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که تغییر زاویه، دامنه سیگنال را تغییر می‌دهد اما باعث تغییر فاز آن نمی‌شود. با توجه به آزمایشهای انجام شده و نتایج حاصله می‌توان گفت که پراب جدید باعث افزایش کمیت تست ادی کارنت می‌گردد.



شکل ۲-۳۹- نتایج حاصل از ارزیابی با پراب جدید در زوایای متفاوت عیوب نسبت به کوئل بازبینی پراب [۲۴].

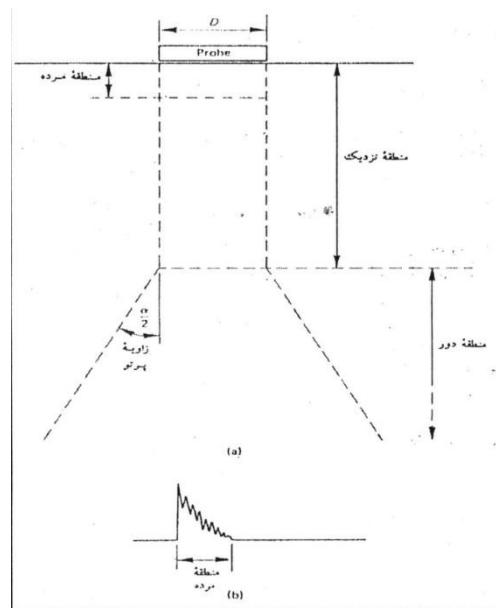
۲-۲-۷-۵- روشهای پیشرفته آتراسونیک

روش آتراسونیک یکی از فراگیرترین روشهای آزمون غیرمخرب مناسب برای تجهیزات یک نیروگاه بخاری می‌باشد. توسط آتراسونیک آزمایشهایی نظیر اندازه‌گیری ضخامت قطعه، اندازه‌گیری ضخامت لایه اکسیدی، ردیابی آسیبهای مختلف، مشخص نمودن مراکز تمرکز تنش و ... امکان پذیر است.

در سیستمهای جدید آتراسونیک از مواد جدید پیزوالکتریک با طراحی جدید استفاده می‌شود تا امواجی با فرکانس بالاتر تولید شود. هرچه بلور پیزوالکتریک نازکتر باشد، امواجی با فرکانس بالاتر تولید می‌کند.

امواج آتراسونیک مانند یک پرتو وارد ماده می‌شوند. منطقه‌ای که تحت تأثیر امواج آتراسونیک قرار می‌گیرد را می‌توان به قسمتهای زیر تقسیم بندی نمود.

- منطقه مرده: این منطقه عمقی است زیر سطح ماده که در آن منطقه عیوب نمی‌توانند آشکار شوند. در سیستمهای جدید سعی بر آن شده است تا با طراحیهای مناسب، منطقه مرده را به داخل پراب کشانده و منطقه مرده را در قطعه حذف کنند.
- منطقه نزدیک: این منطقه، ناحیه‌ای است که در آن پرتو تقریباً کناره‌های موازی دارد. حساسیت آشکارسازی عیب در طول منطقه ثابت نیست و در طرف انتهای منطقه، حساسیت بیشتر است.
- منطقه دور: ناحیه پس از منطقه نزدیک را گویند که در آن پرتو انحراف می‌یابد. در این منطقه مقدار حساسیت به نسبت مربع فاصله از بلور کاهش می‌یابد [۲۵]. شکل (۲-۴۰) این سه منطقه را نشان می‌دهد. با کاهش قطر بلور پیزوالکتریک برای یک فرکانس ثابت، زاویه پخش امواج افزایش می‌یابد، طول منطقه نزدیک کوتاه شده و پرتویی با چگالی کمتر تولید می‌شود. افزایش فرکانس موج روی منطقه نزدیک تأثیر گذاشته و آن را بلندتر می‌کند و پخش پرتو کمتر می‌شود و حد تشخیص بهتری در مورد عیب یابی حاصل می‌شود.

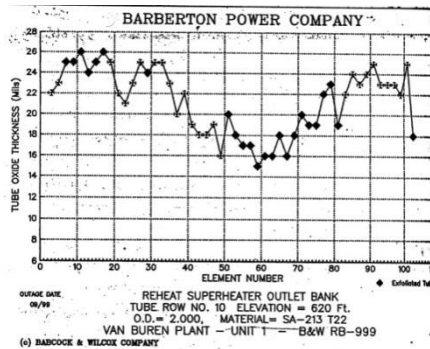


شکل ۲-۴۰- سه منطقه‌ای که تحت تأثیر امواج آلتراسونیک قرار می‌گیرد [۲۵].

✓ سیستم NOTIS^۱

در این سیستم جدید که توسط شرکت **Baba Cock & Wilcox** روانه بازار شده است، از مبدلهای خاص استفاده می‌شود. این سیستم برای اندازه‌گیری ضخامت لایه اکسیدی جهت تخمین عمر گسیختگی خزشی قطعه بکار برده می‌شود. این مجموعه به سطح خارجی آماده شده لوله متصل می‌شود. سپس موجی به داخل لوله فرستاده می‌شود. امواج برگشتی توسط کامپیوتر تحلیل شده و زمان عبور مشخص می‌شود و در نتیجه ضخامت لایه اکسیدی محاسبه می‌گردد. شکل (۲-۴۱) مثالی از نتایج اندازه‌گیری لایه اکسیدی برای یک حالت عملی را نشان می‌دهد. استفاده از این سیستم در مقایسه با روشهای قدیمی و متداول، سریعتر و کم هزینه‌تر می‌باشد [۲۶]. اندازه‌گیری لایه اکسیدی با استفاده از سیستمهای جدید آلتراسونیک با مبدلهایی با فرکانس بالا، جزو روشهای جدید برای اندازه‌گیری لایه اکسیدی محسوب می‌شود.

¹ - Non-Destructive Oxide Thickness Inspection System



شکل ۲-۴۱- مثالی از نتایج اندازه‌گیری لایه اکسیدی برای یک حالت عملی را نشان می‌دهد [۲۶].

این روش براساس واکنش نشان دادن موج فرودی در لحظه برخورد به فصل مشترکها کار می‌کند و ضخامت لایه اکسیدی توسط واکنش موج با فصل مشترکهای آن با فلز و محیط شناسایی می‌شود. فرکانس ورودی قابل تغییر بوده و به ضخامت لایه اکسیدی بستگی دارد. برای تشخیص فصل مشترک لوله و لایه اکسیدی لازم است که ضخامت لایه اکسیدی حداقل مساوی یک طول موج آلتراسونیک باشد. طول موج مناسب از روی سرعت صوت در ماده مورد آزمایش تخمین زده می‌شود. جدول (۲-۱۰) حداقل ضخامت قابل تشخیص لایه اکسیدی را در فرکانسهای مختلف در فولاد نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۰- حداقل ضخامت قابل تشخیص لایه اکسیدی در فرکانسهای مختلف [۲۷]

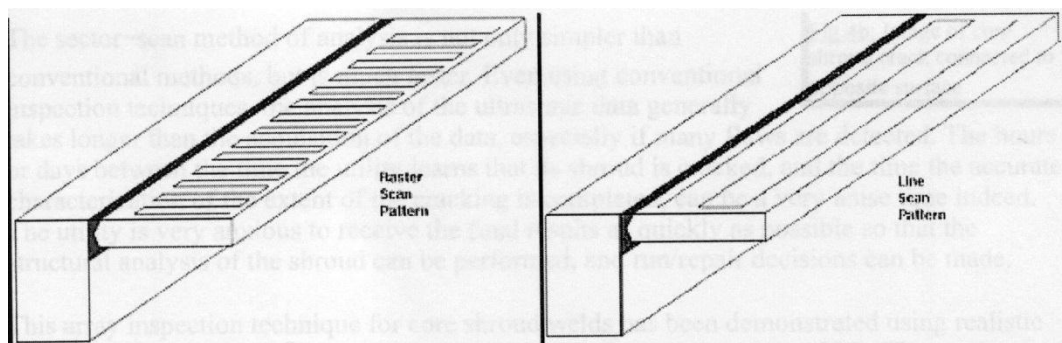
فرکانس آلتراسونیک (MHz)	طول موج (in)
۰/۵	۰/۴۶۷۶
۱	۰/۲۳۳۸
۲/۲۵	۰/۱۰۳۹
۵/۰	۰/۰۴۷۶
۱۰	۰/۰۲۳۳۸
۲۵	۰/۰۰۹۳۵
۵۰	۰/۰۰۴۶۷
۱۰۰	۰/۰۰۲۳۴

برای انجام این تست به علت مشخص نبودن خواص لایه اکسیدی نمی‌توان از روش عبوری استفاده کرد و دستگاه باید برای شرایط خاص کالیبره شود.

✓ روش Phased Array Ultrasonic

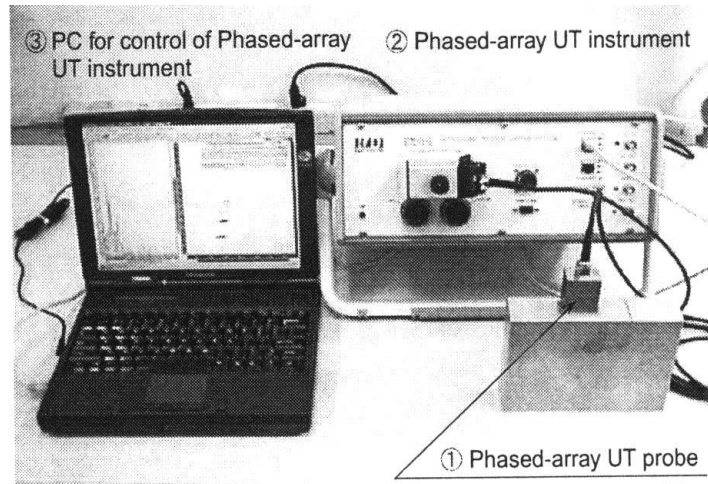
شرکت EPRI، تکنولوژی phased array را برای گسترش روشهای مختلف آلتراسونیک در ارزیابی اجزاء مختلف نیروگاه بکار می‌گیرد. علت روی آوردن به این تکنولوژی، اقتصادی‌تر نمودن ارزیابی از طریق کمتر کردن زمان ارزیابی و ساده‌تر نمودن سخت افزارهای روبش می‌باشد. روشهای متداول آلتراسونیک نیازمند حرکت فرستنده روی سطح قطعه مورد ارزیابی است که خود روشی وقت‌گیر برای اسکن کردن در یک الگوی دو بعدی می‌باشد. روش phased array با ساده تر نمودن الگوی لازم برای روبش، زمان لازم برای ارزیابی را کاهش می‌دهد.

یک پراب single array که بتواند کار انواع مختلف پرابهای متداول را بطور همزمان انجام دهد قابل ساخت است. در چنین پرابی بدون نیاز به حرکت پراب، اشعه‌های صوتی در زوایای مختلف پراکنده شده و در یک زمان کم، ناحیه وسیعی ارزیابی می‌گردد و در نتیجه یک تکه از قطعه‌ای در چند میلی ثانیه به صورت الکترونیکی اسکن می‌گردد و این در حالی است که با روشهای متداول آلتراسونیک، ارزیابی حداقل چند ثانیه طول خواهد کشید. در چنین روشی بجای اسکن کردن یک الگوی دو بعدی در یک زمان طولانی برای ارزیابی محل جوش توسط روشهای متداول آلتراسونیک، می‌توان تنها با یکبار اسکن کردن در طول جوش به همان نتایج دست یافت. شکل (۲-۴۲) تفاوت الگوی اسکن به دو روش آلتراسونیک متداول و روش ابداعی phased array را نشان می‌دهد [۲۸].

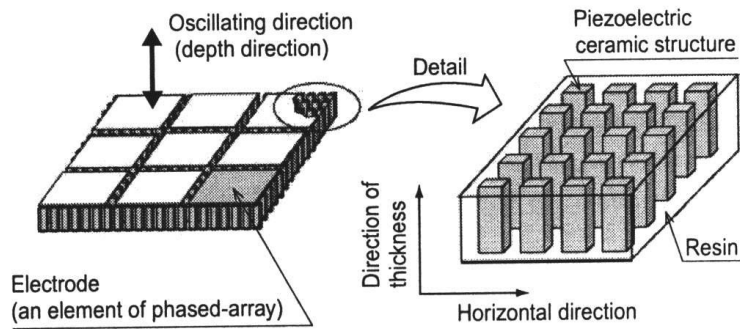


شکل ۲-۴۲- تفاوت الگوی اسکن به دو روش آلتراسونیک متداول و روش ابداعی phased array [۲۸].

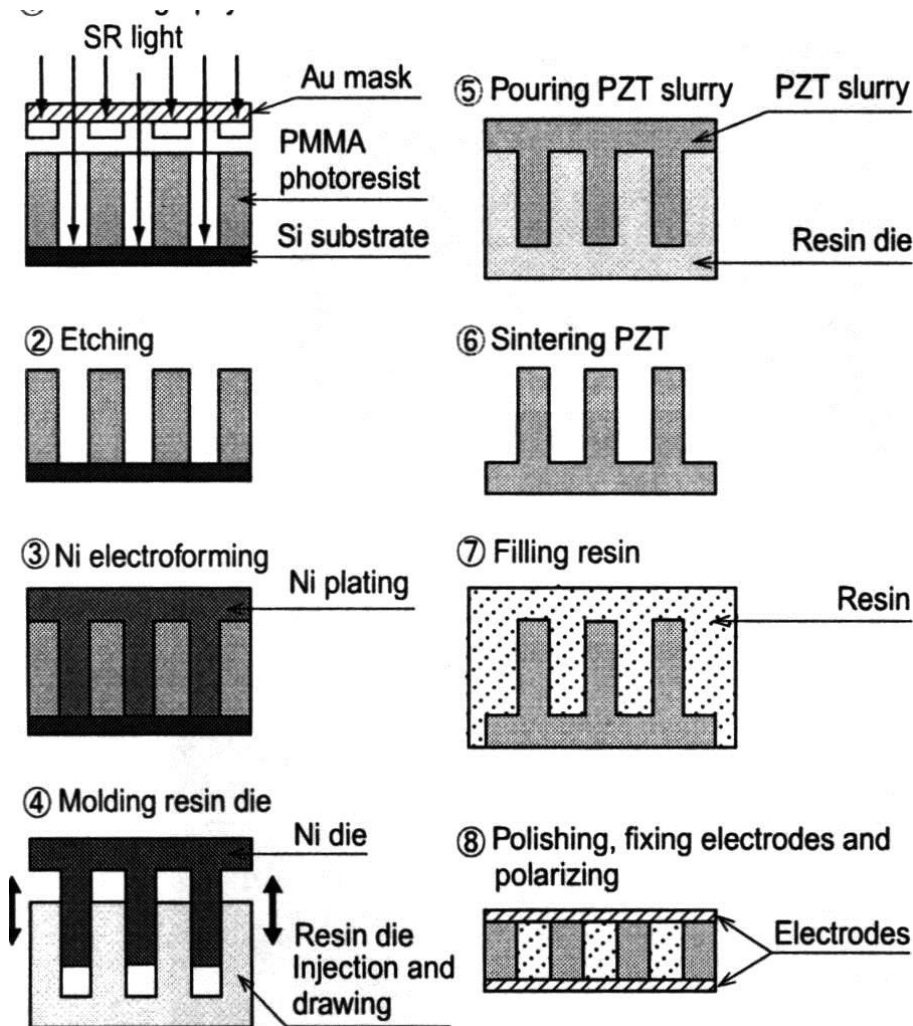
روش phased array برای ارزیابی قطعات مختلف نیروگاهها بکار گرفته می‌شود. محل جوشهای تیوبهای فولادی، جوشهای مخازن تحت فشار، جوشهای rim دیسک توربین و لوله‌های پر انرژی از جمله مواردی هستند که روش phased array برای ارزیابی آنها بکار برده می‌شود. بعنوان مثال در مورد یک ارزیابی معمولی که نیازمند بررسی حدود ۶۰ متر اتصال جوش می‌باشد، توسط روشهای متداول آلتراسونیک، روبش هر متر از اتصالات جوش در حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد. روبش این مناطق با حرکت فرستنده طبق یک الگوی دوبعدی انجام می‌شود. با بکار بردن یک پراب array، ارزیابی مقطع مورد نظر با سرعت بالای ۱۰ ثانیه به ازای هر فوت جوش قابل انجام می‌باشد. مشاهده می‌گردد که استفاده از روش phased array باعث کاهش زمان ارزیابی بطور قابل توجه، کاهش زمان آنالیز داده‌ها، کاهش پیچیدگی دستگاه اسکن کننده و نهایتاً دقت و اطمینان بیشتر در ارزیابی عیوب کوچکتر می‌گردد. شکل (۲-۴۳) اجزاء مختلف یک سیستم phased array را نشان می‌دهد که شامل سه قسمت اصلی پراب، ابزار phased array UT برای کنترل سیگنالهای ورودی و خروجی پراب و کامپیوتر برای کنترل ابزار phased array می‌باشد. چنین سیستم سبکی امکان استفاده از آنرا ساده‌تر می‌کند و حمل و نقل چنین سیستمی بسیار آسان می‌گردد [۲۹]. شکل (۲-۴۴) ساختار یک کامپوزیت پیزوالکتریک و شکل (۲-۴۵) مراحل ساخت آن را نشان می‌دهد. با چنین پیزوالکتریکهایی امکان ارزیابی قطعاتی با هندسه پیچیده میسر می‌گردد.



شکل ۲-۴۳- اجزاء مختلف یک سیستم phased array [۲۹].



شکل ۲-۴۴- ساختار یک کامپوزیت پیزوالکتریک [۲۹].



شکل ۲-۴۵- مراحل ساخت یک کامپوزیت پیزوالکتریک [۲۹].

✓ روش TOFD

در روش TOFD آشکارسازی عیب با استفاده از سیگنال‌های تفرق یافته از دو سر صورت می‌گیرد. دو پراب زاویه‌ای در مد فرستنده - گیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. واگرایی این اشعه‌ها بگونه‌ای است که تقریباً تمام ضخامت نمونه را پوشش می‌دهند. هنگامی که امواج صوتی به نوک عیب برخورد می‌کنند، عیب بصورت یک گسیل کننده ثانویه عمل کرده و امواج صوتی را در فضای اطراف پراکنده می‌سازد که برخی از آنها در استای پراب گیرنده قرار داشته و توسط آن دریافت می‌گردد.

✓ روش Tip Diffraction

هنگامی که هندسه قطعه خیلی پیچیده نباشد و جهت عیب مشخص باشد، ابعاد ترک توسط روشی بنام Tip diffraction قابل اندازه‌گیری است. کاربرد عمده این روش، اندازه‌گیری طول ترکی است که منشأ آن روی سطح مقابل قطعه مورد بررسی است. در چنین حالتی، هنگامی که یک پراب زاویه‌ای، روبش سطح شامل ترک را انجام می‌دهد. انعکاس‌های اصلی حاصل از ریشه ترک، امکان مکان‌یابی ترک را فراهم می‌سازد. انعکاس‌های بعدی که شدت کمتری دارند، نوک ترک را نشان می‌دهد.

۲-۲-۶- روش مبدل‌های صوت الکترومغناطیسی (EMAT)^۱

همانطور که می‌دانیم در آزمون آلتراسونیک از مبدل‌های پیزوالکتریک جهت گسترش موج آلتراسونیک در ماده استفاده می‌شود و برای اینکار یک میدان الکتریکی به کریستال پیزوالکتریک اعمال می‌شود و سپس به پالس مکانیکی تبدیل می‌شود. جهت انتقال این پالسها از فرستنده پیزوالکتریک به سطح قطعه مورد آزمون، نیاز به واسطه ارتباط صوت، غالباً مایعی مانند روغن، آب یا مواد مخصوص می‌باشد که به کوپلانت معروف است. نیاز به کوپلانت کاربرد این روش را در جایی که نیاز به روش منطقه وسیعی دارد، محدود می‌کند. روش جدیدی که برای انتقال موج آلتراسونیک به قطعه بکار می‌رود، EMAT می‌باشد. EMAT بر خلاف مبدل‌های پیزوالکتریک، موج آلتراسونیک را از طریق برهم کنش صوت الکترومغناطیسی با قطعه آزمایش شونده به آن انتقال می‌دهد و لذا نیازی به تماس نزدیک با قطعه مورد آزمایش ندارد. این روش چند سالی است که بطور عمده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است و با استفاده از تجهیزاتی که از این سیستم بهره برده‌اند، به ارزیابی و کشف آسیب از جمله ترکهای داخلی تیوبها، نازک شدن، ترکهای خستگی خوردگی، سایش، آسیب هیدروژنی، حفره‌دار شدن و ... پرداخته‌اند.

[۳۰].

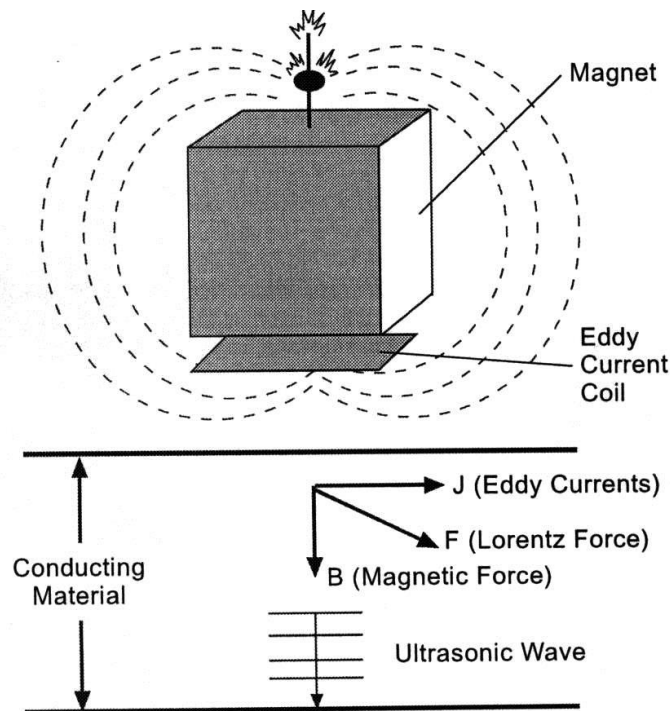
¹ - Electromagnetic Acoustic Transducers

اصول آزمایش به روش EMAT در شکل (۲-۴۶) نشان داده شده است. یک میدان مغناطیسی قوی (B) در سطح ماده و با استفاده از یک الکترومگنت یا آهن ربای دائم ایجاد می‌شود. جریانهای سرگردان (J) در سطح ماده پدید می‌آیند. جریان RF که در سیستم تولید شده در حضور میدان مغناطیسی (B)، نیروی لورنتس را تولید می‌کند که آن هم به نوبه خود، موج تنشی در ماده ایجاد می‌کند. از آنجائی که پالس آلتراسونیک به ماده انتقال می‌شود، EMAT برای مواد رسانای الکتریسیته قابل کاربرد است و تجهیزات ساخته شده برای استفاده از این سیستم، در مورد مواد فرومغناطیسی بکار گرفته می‌شود.

لازم به ذکر است که تئوری این روش سالها پیش ارائه شده ولی تنها در چند سال اخیر است که بطور عملی به کمک صنایع آمده است.

در این روش:

- ۱- نیازی به آماده‌سازی سطح نیست،
- ۲- EMAT نیازی به کوپلانت ندارد و لذا کار ارزیابی ساده‌تر می‌شود. چون اثرات کوپلانت را در تکرارپذیری سیگنالها کاهش می‌دهد و باعث می‌شود که روش بسیار مؤثرتر انجام شود و نیز در دماهای بالا قابل کاربرد می‌باشد،
- ۳- روش EMAT، هیچگونه مهارت خاصی علاوه بر آنچه در روش آلتراسونیک برای اپراتور لازم است، نیاز ندارد چون تنها مبدل تغییر یافته است،
- ۴- توان تولید نوع برشی امواج را دارد، علت مورد توجه بودن این امواج این است که ضریب انعکاس آنها "۱" است و لذا امکان کاربردی بودن دامنه وسیعی از زوایا را فراهم می‌کند [۳۱].



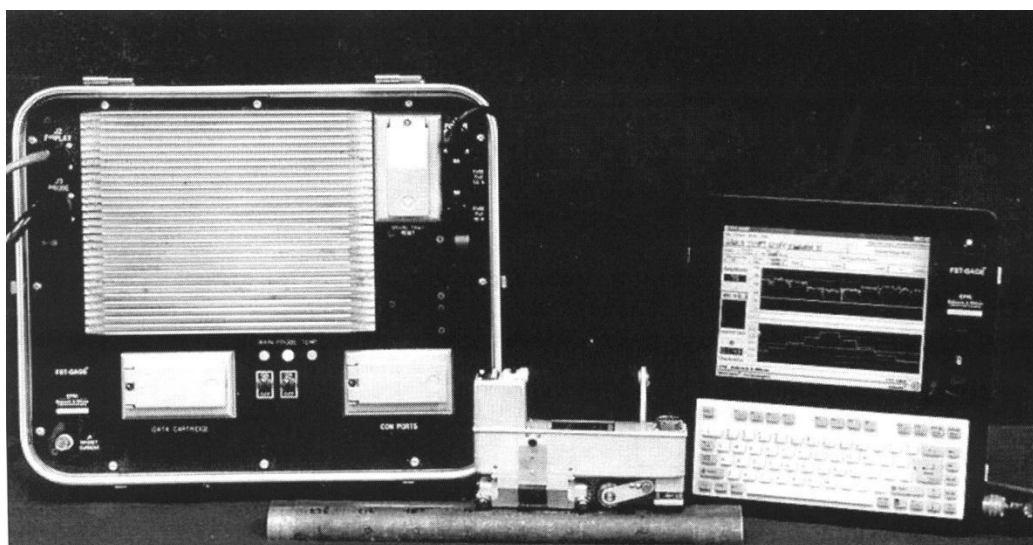
شکل ۲-۴۶- اصول آزمایش به روش EMAT [۳۰].

این روش برای بررسی کیفیت و سلامت مناطق جوش، ردیابی آسیب هیدروژنی در بویلرهای درام دار، ردیابی مناطق حفره دار شده و ترکهای خستگی خوردگی در بویلرها و اندازه‌گیری ضخامت تیوپها به کار برده می‌شود.

شکل (۲-۴۷) تجهیزات سیستم مورد نیاز برای انجام آزمون به روش EMAT را نشان می‌دهد [۳۲]. نسل اول این سیستمها قبل از سال ۱۹۹۸، قابلیت جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات را نداشت و لذا استفاده از آن تنها برای بررسی و ضخامت سنجی محدود می‌شد. در سال ۱۹۹۸ نسل دوم این سیستم ساخته شده و به بازار عرضه گردید. جدیدترین سیستمها، نرم‌افزارهای اصلاح یافته را که عبارتند از افزودن یک به رمز در آورنده روی پراب، جهت نشان دادن موقعیت مورد نظر روی نمونه و توانایی ذخیره اطلاعات، شامل می‌شوند. لذا سیستمهای فعلی جهت نقشه‌برداری ضخامت، علاوه بر روبش و ارزیابی بکار برده

¹ - Encoder

می‌شوند. نمونه‌گیری از سیستم با سرعتی بالغ بر ۶۵ نمونه بر ثانیه انجام می‌شود. در هنگام روبش، سیستم، نمایش همزمان دیواره تیوب را فراهم می‌آورد و در پایان روبش، داده‌های هر آزمون، به صورت الکترونیکی بطور کامل ثبت شده و دستیابی به تیوب و موقعیت مورد نظر روی آن را هموار می‌گرداند [۳۰].



شکل ۲-۴۷- تجهیزات سیستم مورد نیاز برای انجام آزمون به روش EMAT را نشان می‌دهد [۳۲].

۲-۲-۷-۷-۲-۲- روش انتشار صوت (AE)^۱

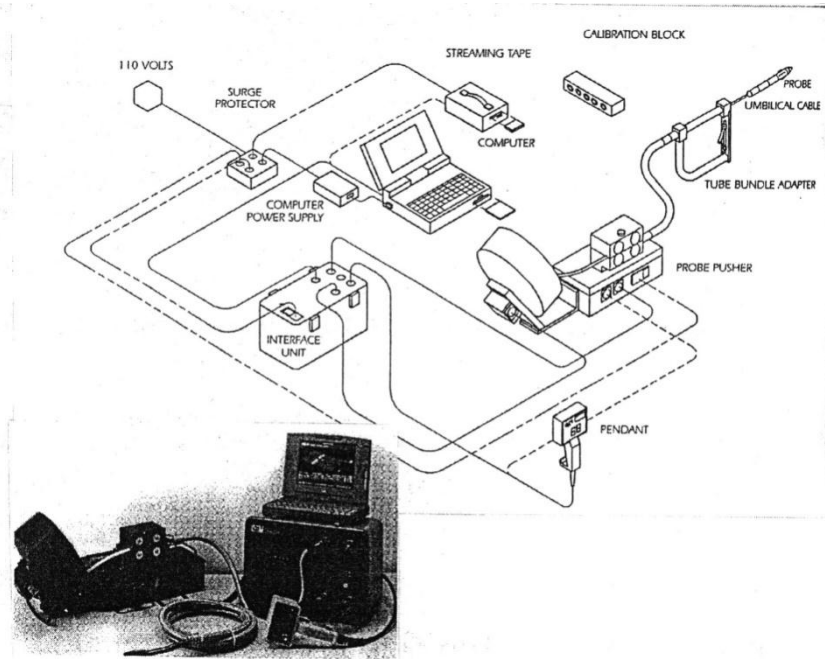
روش AE، روش غیر مخربی است که به سرعت در حال پیشرفت بوده و دارای قابلیت‌های فراوان نمایش ناپیوستگیهای ساختاری، ردیابی نشتی‌ها و تخریبهای زود هنگام تجهیزات نیروگاه است. اولین کاربرد این روش که به صورت مستند انتشار یافته به سال ۱۹۶۴ برمی‌گردد.

موادی که در معرض تنش، تغییر شکل یا شکست قرار می‌گیرند امواج صوتی با فرکانس تا یک مگاهرتز تولید و منتشر می‌کنند. این اصوات توسط گوش انسان قابل تشخیص نیستند ولی می‌توان با استفاده از دستگاههای الکترونیکی پیشرفته و پیچیده آنها را ردیابی کرد. مبدلها، تقویت کننده‌ها و صافیها، شمارگرها و ریز کامپیوترها برای تفکیک و تحلیل انتشار صوتی حاصل از شکاف برداشتن یا تغییر شکل مواد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع بازبینی به کمک انتشار صوت تنها گوش فرا دادن به علائم شکست است. به کمک بازبینی موقت یا گذرا می‌توان تشکیل شکاف در ماده را در حین تولید ردیابی کرد. بازبینی جهت تأییدیه پیش از مصرف، با این روش انجام پذیر است. در موارد حساس تر، مراقبت بطور پیوسته صورت می‌گیرد و با استفاده از حس کننده‌های الکترونیکی مجهز به هشدار می‌توان از مجموعه عملیات مراقبت به عمل آورد. روش AE از دو جنبه خاص با سایر روشهای غیرمخرب تفاوت دارد. اول اینکه انرژی ردیابی شده از داخل شیء آزاد می‌شود در مقایسه با روشهای غیرمخرب دیگر مثل آلتراسونیک یا رادیوگرافی که انرژی توسط یک دستگاه مهیا می‌شود. دوم اینکه AE قادر به ردیابی فرآیندهای دینامیکی مربوط به زوال پیوستگی ساختار می‌باشد.

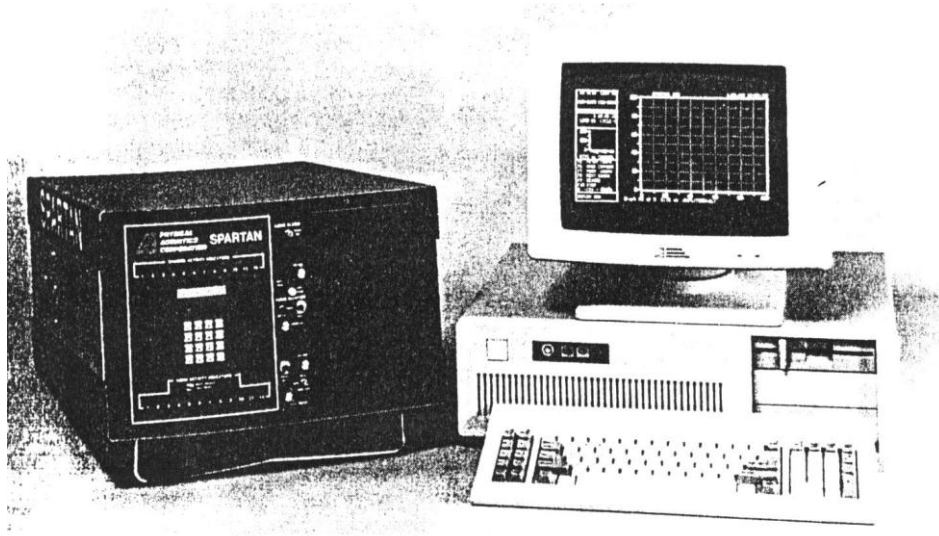
اجزایی که برای همه سیستمها - از دستگاههای پرتابل کوچک تا سیستمهای بزرگ چند کاناله - بکار می‌روند عبارتند از حس گرها، پیش تقویت کننده‌ها، فیلترها و تقویت کننده‌ها.

¹ - Acoustic Emission

شماتیکی از روش و دستگاه AE در شکل (۲-۴۸) نشان داده شده است. شکل (۲-۴۹) نیز شماتیکی از این سیستم که حس-گرها به سیستم جمع‌آوری داده‌ها متصل شده و برای مونیتورینگ بکار گرفته شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۸- شماتیکی از روش و دستگاه AE [۳۳].



شکل ۲-۴۹- شماتیکی از سیستم AE که حس گرها به سیستم جمع‌آوری داده‌ها متصل شده و برای مانیتورینگ بکار گرفته شده [۳۳].

✓ نمونه‌های از کاربرد AE در نیروگاه‌های مختلف

• مانیتورینگ رشد ترک در هدر خروجی سوپر هیتراولیه در *PG&ES Pittsburg Unit 6 Power Plant*

in Pittsburg California / از سال ۱۹۹۱ تا مارس ۱۹۹۲

ترکهای حاصل از خزش و یا خستگی - خزش مورد مانیتورینگ قرار گرفتند.

• روش *on-line* آزمون AE برای مانیتورینگ خط لوله در *N. America, AEPS Gavin Units 1 & 2*

in 1996

بازرسی برای حدود ۱۲۰۰ فوت خط لوله انجام گرفت و نتایج AE، مشکل خاصی را پس از هفته‌ها برای لوله‌ها نشان نداد.

نتایج این روش با NDT به روش آلتراسونیک (TOED) مقایسه گردید و در نهایت مشخص گردید که استفاده از روش

AE، در حدود \$۵۰۰/۰۰۰ صرفه‌جویی اقتصادی برای نیروگاه به دنبال داشته است.

- مانیتورینگ خزش در منطقه جوش لوله‌های بویلر توسط AE در Illinois Powers Bald win & wood River Plants, Unit 1

این مورد اخیراً انجام گرفته و مشخص گردید که حفره‌های مرحله اول خزش در مناطقی که توسط مانیتورینگ مشخص شده بود وجود داشته است و سپس جهت رفع آنها اقدام به موقع صورت خواهد گرفت و صرفه‌جویی اقتصادی فراوانی برای آنها به همراه داشت [۳۳].

روش AE، نسبت به سایر روشهای نوین NDT بیشتر توسعه یافته است. از جمله پارامترهای مهم در دقت روش AE استفاده از سیستم کامپیوتری و نرم‌افزاری قدرتمند می‌باشد. در سیستمهای جدید AE از نرم‌افزارهایی استفاده می‌شود که نتایج را تفسیر کرده و به سرعت آنها را در حالت‌های مختلف نمایش می‌دهد.

۲-۲-۷-۸- روش حافظه مغناطیسی (MMM)^۱

این روش، یک آزمون غیرمخرب رای تعیین مکان واقعی نواحی تحت تنش و کرنش قرار گرفته، می‌باشد. همانگونه که می‌دانیم منبع اصلی ایجاد عیوب در تجهیزات، نواحی تمرکز تنش یا SC^۲ می‌باشد. در این نواحی، فرآیندهای خوردگی، خستگی و خزشی با شدت بیشتری پیشرفت می‌کنند و لذا تعیین این نواحی، از جمله روشهای عمده در ردیابی عیوب تجهیزات و قطعات مختلف می‌باشد. مسلماً این مسئله با بکارگیری روشهای متداول NDT قابل حل نیست. زیرا این روشهای متداول برای ارزیابی عیوب گسترش یافته تدوین شده‌اند. برای حل چنین مشکلی، روشی مناسب است که تلفیقی از قابلیت‌های یک

¹ -Metal Magnetic Mamory

² - Stress Concentration Zone

روش غیرمخرب و مکانیک شکست را دارا باشد تا نواحی مستعد آسیب را شناسایی کند و سپس این نواحی با روشهای متداول ردیابی شوند. روشی که دارای چنین خصوصیتی باشد روش حافظه مغناطیسی است که امروزه بر وسعت استفاده از آن افزوده شده است.

در روشهای مرسوم مغناطیسی، شرایطی برای انجام دادن آن آزمونهای غیرمخرب مورد نیاز است. اول از همه نیاز به دستگاههای مغناطیسی کننده می باشد. دوم، روشهای فوق را تنها می توان بطور موثر در شرایطی که از وجود نواحی تمرکز تنش و عیوب در جسم اطلاع داریم بکار برد. در کنار آن، در روشهای متداول مغناطیسی نیاز به پوشاندن سطح فلز و دیگر عملیات آماده سازی برای انجام آزمون خواهیم داشت. بعلاوه، ارزیابی تنها به سطح قطعات محدود می شود و دسترسی به لایه های زیرین تقریباً غیر ممکن است. آشکار است که استفاده از این روشهای مرسوم مغناطیسی برای سازه های بزرگ با چنین شرایطی عملاً غیر ممکن است. بعنوان مثال برای مغناطیس کردن تیوبهای بویلرهای پیشرفته (با طول تقریبی ۵۰۰ کیلومتر) آزمایش غیر ممکن است.

آزمون حافظه مغناطیسی مواد، یک روش تست غیرمخرب است که براساس ثبت میدان مغناطیسی پراکنده شده از نواحی تمرکز تنش موجود در مواد، ارزیابی را انجام می دهد. امتیازات این روش در مقایسه با سایر آزمونهای غیرمخرب عبارتند از:

- نیازی به استفاده از دستگاههای مغناطیسی کننده ویژه ندارد چون از پدیده مغناطیسی شدن تجهیزات در حین کار استفاده می شود.
- نیازی به پوشاندن سطح فلز و یا هرگونه عملیات سطحی دیگر نخواهیم داشت.
- آزمایش توسط تجهیزاتی که از لحاظ اندازه کوچک بوده و منبع تغذیه و ثباتهای مستقل دارند انجام می گیرد.
- با استفاده از حسگرهای روبش کننده ویژه روش می توان تجهیزات را با سرعتهایی بالغ بر ۱۰۰ متر بر ساعت و بیشتر آزمایش کرد.
- برای سازه ها و تجهیزات بزرگ قابل استفاده است.

در روش حافظه مغناطیسی بدلیل عدم نیاز به آماده سازی سطح، هزینه کاهش و سرعت آزمایش تا حد زیادی افزایش می یابد. بعلاوه کار با این دستگاهها پیچیده نبوده و تحلیل نتایج حاصله نسبتاً ساده است. دامنه کاربرد روش مذکور بسیار وسیع بوده و در عیب یابی قطعات مختلف نیروگاههای بخاری بکار برده می شود. بررسی سوابق بکارگیری روش نامبرده حاکی از آن است که دستگاه مذکور در بسیاری از کشورهای جهان مورد استفاده قرار می گیرد [۳۴].

۲-۲-۷-۹- سیستمهای مبتنی بر امواج الکترومغناطیسی

شرکت Dinsley Device LTD سیستمهای جدیدی به منظور استفاده در روش بازرسی مغناطیسی ارائه کرده است که در زیر به آنها پرداخته می شود:

الف - DIN SEARCH 1-00

این سیستم، سیستمی سریع با وضوح و دقت بالا برای بازرسی تجهیزات بویلر از جنس فولاد کربنی می باشد. پرابهای این سیستم به داخل پایپ فرستاده شده و سیگنالهای دریافتی شرایط پایپ را نشان می دهند. این سیستم با تکنیک معمولی ادی کارنت، RFEC یا MFL تفاوت دارد. در این حالت دیواره لوله به صورت نقطه به نقطه مغناطیسی می شود و تمام انواع عیوب به صورت نقطه ای تشخیص داده می شوند. سرعت این سیستم در حدود 50m/min می باشد. این روش سریعتر از روش IRIS بوده و احتیاجی به تمیز کردن ندارد. کنترل این دستگاه ساده بوده و تنظیم آن پیچیده نیست. کامپیوتر در این سیستم برای نمایش و ذخیره اطلاعات استفاده می شود. چنین سیستمی قادر به ردیابی عیوبی کوچکتر از 1mm نیز مناسب می باشد. وزن این دستگاه در حدود ۱۵ کیلوگرم بوده و از آهنربای دائمی در قسمتهای حساس آن استفاده شده است.

در شکل (۴-۲۲) نتایج بدست آمده از دستگاه نامبرده نشان داده شده است. نمودار بالا و پایین تفاوت بین دو حسگر نزدیک به هم در یک پراب را نشان می‌دهد. (این نتایج مربوط به عیوب و سوراخهای شکل (۴-۲۳) می‌باشد). اگر حفره و سوراخها از هم جدا باشند، سیگنالهای آنها نیز از هم جدا خواهد بود [۳۵].

ب- DINSEARCH 2-00

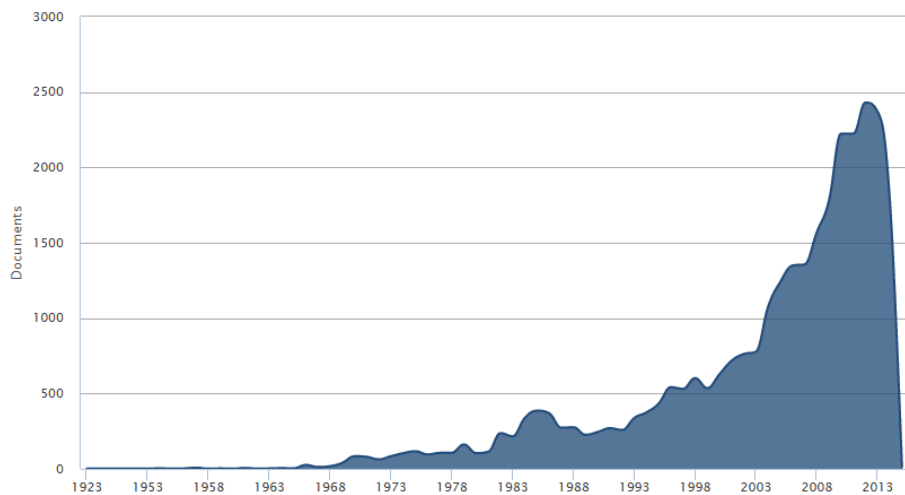
در این سیستم از پرابهایی با چند حسگر استفاده می‌شود. این سیستم برای بازرسی لوله‌های فولادی با قطر 50-100mm قابل استفاده است. با استفاده از پرابهای خارجی می‌توان عیوب بوجود آمده در سطح خارجی لوله‌های بویلر و لوله‌های واتروال را ردیابی نمود و با استفاده از پرابهای داخلی می‌توان تیوبهای مبدلهای حرارتی که دارای قطر بیشتری هستند را بازرسی نمود. از این سیستم، همچنین برای بازرسی لوله‌های ری هیتر، لوله‌های سمت آتش و اکونومایزر استفاده می‌شود. برای اسکن کردن سطح خارجی، تمیز کردن سطح لوله‌ها لازم است. بازرسی با این روش سریع می‌باشد و نیازی به کویپلانت نمی‌باشد. نتایج حاصله از این دستگاه به صورت چند کاناله و در صفحه کامپیوتر نشان داده می‌شود. این سیستم قادر است حفراتی با قطر ۱mm را ردیابی نماید. وزن دستگاه کم و قابل حمل می‌باشد.

علت رویکرد به این سیستمها، کاهش مشکلات روشهای متداول در بازرسی لوله‌ها می‌باشد. در سیستمهای جدید، با استفاده از سیستمهای نرم‌افزاری، تأثیر سرعت حرکت بر سیگنالها حذف شده است (بر عکس روش RFEC) همچنین در این سیستمها به علت اینکه نتایج تحت تأثیر ولتاژ اعمالی نمی‌باشد سیگنالها تحت تأثیر سرعت حرکت سیال درون لوله نمی‌باشند (برعکس روش MFL). امکان بازرسی لوله‌هایی که کاملاً تمیز نمی‌باشند نیز با سیستمهای جدید وجود دارد [۳۵].

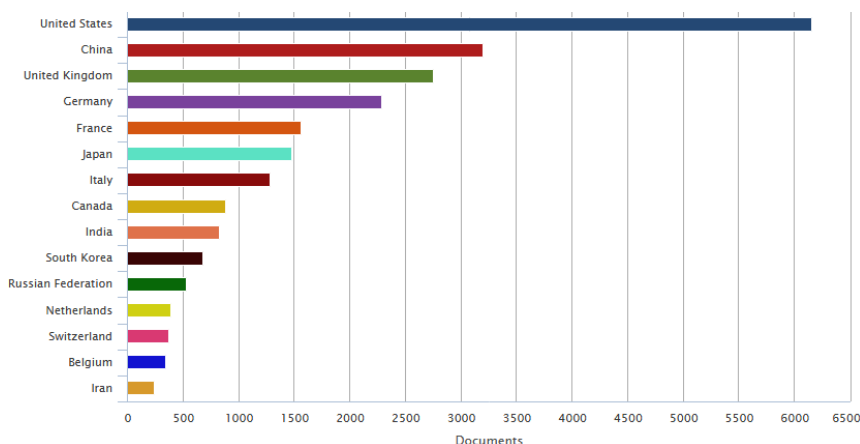
۲-۲-۸- آمار پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه‌ی تخمین عمر قطعات داغ

در دنیا

تعداد مقالات چاپ شده در زمینه‌ی تخمین عمر قطعات داغ، روش‌های مختلف و نرم‌افزارهای آن، در معتبرترین مجلات دنیا از سال ۱۹۲۳ تا ۲۰۱۴ در شکل (۲-۵۰) آمده است. این نتایج از وبسایت معتبر Scopus استخراج شده است. همانطور که مشاهده می‌شود از سال ۲۰۰۰ به بعد این پژوهش‌ها با سرعت بسیار بالایی شدت گرفته که نشان از اهمیت فوق‌العاده زیاد موضوع تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی برای صنایع و دولت‌هاست. در شکل (۲-۵۱) تعداد مقالات چاپ شده به تفکیک کشورهای فعال در این زمینه آمده است که نشان می‌دهد کشور ما به شدت نیازمند سرمایه‌گذاری و کار بر روی روش‌های تخمین عمر است.



شکل ۲-۵۰- آمار مقالات چاپ‌شده بر روی موضوع تخمین عمر از سال ۱۹۲۳ تا کنون.



شکل ۲-۵۱- تعداد مقالات چاپ شده در زمینه تخمین عمر به تفکیک کشورها.

۲-۲-۹- تعمیر و نگهداری نیروگاهها

تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی به موازات فعالیت نیروگاهها در طول عمر طراحی شده و کاری آنها، در سراسر دنیا از گذشته تا کنون انجام شده است. همانگونه که در بخش ۲-۲-۴ ذکر شد، کمپانی‌های فراوانی در این زمینه پیشتاز هستند و کشورهای مختلف با عقد قرار داد با آنها و بر اساس استانداردها و متدولوژی‌های به کار برده شده توسط این مجموعه‌ها، تخمین عمر قطعات داغ و فرآیندهای مرتبط با آنها را انجام می‌دهند. در بخش ۲-۲-۶ نیز ذکر شده که غالب فعالیت‌های انجام شده توسط این کمپانی‌ها جهت انجام فرآیند تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی، مشابه و از روندی یکسان پیروی می‌کند و تفاوت آنها در نوع تکنولوژی‌های ابداع شده و مورد استفاده‌شان می‌باشد.

از آنجا که کمپانی‌های فعال در زمینه‌ی صنایع نیروگاهی عهده‌دار فرآیند تخمین عمر در کشورهای مختلف دنیا می‌باشند و غالب نیروگاهها تحت لیسانس آنها فعالیت می‌نمایند، سند تخمین عمر قطعات داغ برای هر کشور، به طور جداگانه یافت نشد، بنابراین در بخش ۲-۲-۲ و ۲-۲-۳ اسناد موجود در حوزه‌ی انرژی مورد بررسی قرار گرفت و جایگاه فرآیند تخمین عمر قطعات داغ از آنها استخراج شد. کلیه‌ی فعالیت‌های انجام گرفته بر مبنای ملاحظات محیط زیستی صورت گرفته و پس از آن سود و صرفه‌ی اقتصادی، توازن بین بازار عرضه و تقاضای برق مدنظر قرار گرفته است.

در ادامه مبحث نگهداری و تعمیر نیروگاه‌ها و فعالیتهای کشورهای مختلف در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفت. غالب اسناد موجود در زمینه نیروگاه‌های هسته‌ای و حرارتی به ویژه زغال سنگ است. در کشورهای توسعه یافته همانگونه که پیشتر نیز ذکر شد، مبنای ملاحظات زیست محیطیست و به همین منظور نیروگاه‌های زغال سنگ و هسته‌ای رو به برچیده شدن و یا کاهش سهم تولیدشان می‌روند. در کشورهایی مانند چین، هند، بنگلادش، آفریقای جنوبی، کردستان عراق و ... اسناد نوشته شده بر اساس افزایش عمر و مدرن سازی نیروگاه‌های حرارتی قدیمی به ویژه زغال سنگ است. افزایش راندمان کاری، کاهش تولید CO₂، افزایش عمر واحد تولیدی که لازمی آنها انجام فرآیند تخمین عمر است، برنامه‌های اصلی هستند. به عنوان مثال کشور هندوستان با کمک بانک جهانی و تحت نظارت و لیسانس موسسه‌ی بسیار معتبر TÜV قصد دارد تا سال ۲۰۱۶ طی یک برنامه مدون ۵ ساله، به مدرن‌سازی بیش از ۵۰ واحد نیروگاه حرارتی در این کشور بپردازد. بهبود ظرفیت و بازده نیروگاه‌های موجود در صدر توجهات و برنامه‌های دولت هند در حوزه‌ی تعمیر و نگهداری نیروگاه‌ها قرار دارد. در نتیجه این برنامه در راستای قوانین جهانی تصویب شده در راستای حمایت از محیط زیست هم می‌باشد.

در کشورهایی مانند ژاپن و چین غالب اسناد نگهداری و تعمیرات متمرکز بر نیروگاه‌های هسته‌ایست، به ویژه کشور ژاپن که پس از سونامی و زلزله اخیر که منجر به آسیب رسیدن به نیروگاه هسته‌ای این کشور و بحرانی شدن استانداردهای زیست محیطی شد، تلاش‌های بیشتری برای ارتقاء سیستم ایمنی، تعمیر و نگهداری از این نیروگاه‌ها انجام داده و کاهش سهم این نیروگاه‌ها و افزایش سهم نیروگاه‌های گازی از برنامه‌های اصلی دولت ژاپن بوده است. طبیعتاً همزمان با کار واحدهای گازی، بر مبنای لزوم آنچه که در بخش ۲-۲-۱ و ۲-۲-۲ گفته شده، فرآیند تخمین عمر قطعات داغ نیز به موازات آن صورت خواهد گرفت.

به مانند فرآیند تخمین عمر، روش و استانداردهای تعمیر و نگهداری انواع نیروگاه‌ها بر عهده‌ی کمپانی‌های فعال در زمینه‌ی صنایع نیروگاهیست و دولت‌ها بازرسی، نگهداری و ایمنی تجهیزات خود را تحت برنامه ریزی و لیسانس آنها انجام می‌دهند، به عنوان مثال در ادامه اهداف موسسه TÜV از انجام فرآیندهای تخمین و افزایش عمر (Lifetime assessment و Life extension) آن آورده شده است. در ادامه روش‌های کلی نگهداری و تعمیر نیروگاه‌ها، سیستم مانیتورینگ و نتایج و پیش‌بینی‌های حاکی از آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

• هدف از تخمین عمر و افزایش طول عمر از نظر موسسه هیأت ناظران ایمنی آلمان (TÜV)

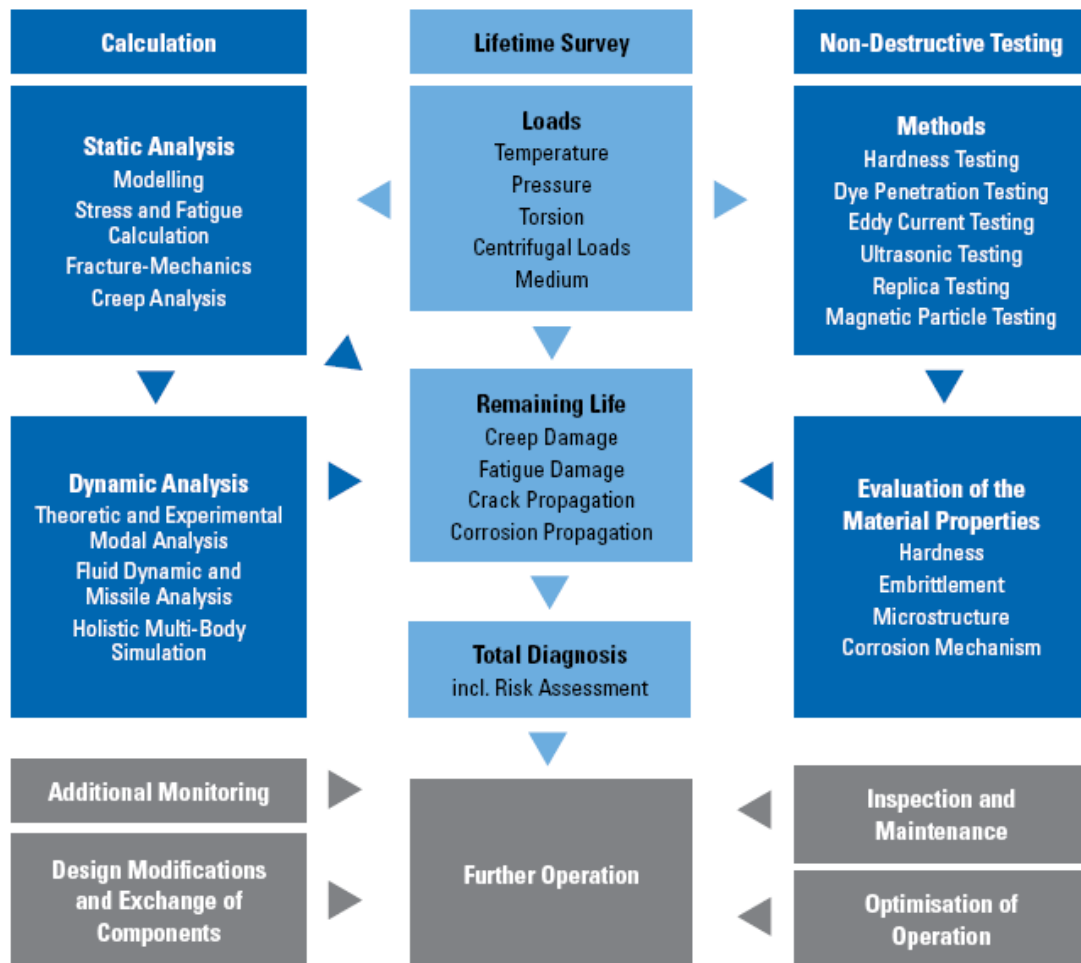
۱- مشخص نمودن ضعف‌ها پیش از آنکه منجر به از کار افتادگی بدون برنامه‌ریزی نیروگاه شود.

۲- ارائه برنامه زمانبندی برای تعمیر یا جایگزینی اجزا بر مبنای شبیه‌سازهای از پیش موجود.

۳- حضور موفق و پایدار در بازار رقابت.

۴- بازده بالا، آمادگی و ایمنی نیروگاه.

۵- بهینه‌سازی هزینه‌ها، پیش‌بینی‌های قابل اطمینان و در نتیجه تصمیم‌گیری مطمئن.



LIFETIME ASSESSMENT AND EXTENSION SOLUTION (www.tuv-۵۲-۲ sud.com)

۲-۹-۱-۲ - روند توسعه روش‌های تعمیر و نگهداری نیروگاه‌ها

دانش نگهداری و تعمیر در طول دوران شکل‌گیری خود دستخوش تحولات گوناگونی بوده است. گام‌های نخست در سال‌های قبل از جنگ جهانی دوم رخ داده و سیستم تعمیر و نگهداری به هنگام از کارافتادگی اجرا می‌شده، اما فشار وارده به صنایع به هنگام جنگ و پس از آن، رشد بازار عرضه و تقاضا، رقابت و سود اقتصادی دولت‌ها و سپس ملاحظات زیست محیطی، سبب

شد تا صنایع به سمت نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و سپس بهره‌ور و پیش‌بینانه بروند و همچنان این مدل‌ها در حال توسعه و ارتقاء هستند. هدف اصلی در استفاده از این سیستم‌ها در صنعت تولید برق در سرتاسر جهان عبارتند از:

- کمک به استمرار تولید برق و کاهش زمان توقف واحدهای تولیدی از طریق کاهش زمان تعمیرات و توجه به اصل تقدم تعمیرات پیش‌گیرانه و پیش‌بینانه

- افزایش قابلیت اطمینان در تولید برق

- حفظ پایایی در تولید برق

- افزایش عمر مفید واحدهای تولیدی

- کاهش هزینه‌های تولید و تعمیرات

- ایجاد اقتصادی‌ترین شرایط بهره‌برداری از تجهیزات

در ادامه روش‌های کلی نگهداری و تعمیر نیروگاه‌ها، سیستم مانیتورینگ و نتایج و پیش‌بینی‌های حاکی از آن به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. هدف از این بخش آشنایی با روش‌های مدرن و موفق به کار رفته در کشورهای پیش‌تاز در صنایع نیروگاهی و الگوگیری از آن‌ها برای آینده است.

۲-۲-۹-۲- روند تغییرات روشهای تعمیر و نگهداری توربین‌های گازی و قطعات

داغ

با توجه به گسترش روزافزون تولید نیرو از طریق توربین گاز، اهمیت تولید پیوسته و بدون ریسک نیرو بسیار بالا می‌باشد. رقابت فراوان در بازار توربین گاز سبب شده است که سازندگان مختلف نه تنها بر روی عملکرد در شرایط طراحی توربین و

مقادیر نامی آن حساسیت بالایی داشته باشند، بلکه کارکرد آن در شرایط سایت را نیز به دقت بهینه نمایند که برنامه‌های آینده-ی نیروگاه‌ها متمرکز بر این مبحث خواهد بود. از جمله این موارد تغییر به سمت سیستم‌های کنترلی دمای ورودی و یا خروجی از توربین ثابت در بارهای مختلف، استفاده از ون راهنمای ورودی و همچنین دو بخش نمودن تولید توان در توربین می‌باشد. لیکن همه انواع توربین های گاز در معرض افت عملکرد های گوناگونی در شرایط سایت هستند. این افت عملکرد باعث می‌شود که بهره‌بردار توان تولیدی بسیار کمتری از آنچه در کاتالوگ توربین آمده است و یا آنچه در ابتدای بهره‌برداری قابل استحصال بوده است، تحویل نماید. بنابراین بهبود عملکرد توربین در شرایط سایت نیز از اولویتهای اول سازندگان و بهره‌برداران توربین به صورت توأم می‌باشد.

روشهای مختلفی برای تعمیرات و نگهداری توربین و بهبود عملکرد آن وجود دارد. باید خاطر نشان ساخت که تعمیرات و نگهداری ماشین تنها به مفهوم جلوگیری از خرابی و یا تعمیر آن جهت عملکرد مجدد نیست، بلکه نگهداری و تعمیرات مفهوم بازیابی عملکرد مناسب اولیه توربین گاز یا هر وسیله دیگری را نیز شامل می‌شود.

بصورت کلی دو دیدگاه در هنگام بررسی روشهای تعمیرات و تعیین اجزاء بحرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دو دیدگاه که مکمل هم می‌باشند شامل الف- دیدگاه زمان از مدار خارج بودن توربین در هنگام تعمیرات اساسی و ب- دیدگاه عوامل ایجاد خرابی در زمانهایی غیر از زمان تعمیرات اساسی می‌باشد.

مجموعه‌ی بررسی‌ها در دو دیدگاه مذکور، باعث شد که حرکت به سمت استفاده از روشهای قویتر جهت مونیتورینگ عملکرد و همچنین مساله مهم تشخیص خطای کمی در توربین و پیش‌بینی خطا و پیش‌گیری از آن اهمیت فراوانی پیدا نماید. پیشرفت کامپیوترهای دیجیتالی و افزایش سرعت روزافزون آنها سبب شده است که شبیه‌سازی توربین‌های گازی با دقت فراوان و در زمانهای بسیار کوتاهی انجام پذیرد. توسعه ادامه‌دار آنها باعث شده است که روشهای تعمیرات و نگهداری نیز پیشرفت فراوانی را بدست بیاورند که آخرین روش آن تعمیرات و نگهداری و تشخیص عیب از طریق شبیه سازی عملکرد و ارتعاشات می‌باشد.

بر همین مبنای سیستم‌های توسعه یافته جهت مونیتورینگ عملکرد و ارتعاشات و تشخیص خطا بعنوان یک سیستم کمکی جهت افزایش کیفیت و تعیین دقیق زمان و چگونگی بهره‌برداری و تعمیرات توسعه یافته‌اند.

۲-۲-۹-۴- پیش‌بینی تاثیر استفاده از تکنولوژیهای مدرن تشخیص عیب بر

کاهش نیاز به تامین قطعات از خارج و افزایش سهم ساخت داخل

مهمترین تاثیر استفاده از سیستمهای مونیتورینگ کاهش میزان خرابیها و افزایش عمر قطعات ویژه می‌باشد. دلایل واضح این مساله در بخش قبلی بیان شد. واضح است چنانچه عیوب در زمان شروع مشخص نشوند با گذشت زمان نرخ آنها افزایش یافته و قطعات ویژه دچار تخریب می‌شوند.

این قطعات بطور عمده شامل پره‌های بخش داغ توربین، مسیرهای هدایت گازهای داغ در محفظه احتراق، پره‌های بخش سرد کمپرسور و عدم تناسب سیستم کنترل با توربین بر اثر پیری توربین گاز می‌باشد (سیستم کنترل فرض بر کنترل یک توربین نو دارد، در حالیکه با پیر شدن توربین منحنی‌های عملکردی آن عوض شده و دیگر آن توابع صادق نیستند).

بخشهای یادشده به طور خاص جزء قطعات مورد نیاز تأمینی از خارج می‌باشند. این مساله در مورد بخشهای داغ (به‌خصوص پره‌های توربینهای نسل جدید با خنک‌کاری لایه‌ای و Single Crystal) و سیستم کنترلی به صورت کامل در انحصار خارج قرار دارد. بنابراین در صورتی که این قطعات با روشهای موجود نگهداری شوند، نیاز شدید در بخشهای گلوگاهی صنعت تولید برق به تامین قطعات از خارج خواهیم داشت. این مساله در شرایط تحریم اهمیت بیشتری نیز پیدا خواهد نمود.

طبق آمار ارائه شده توسط [۳۶Alvarez]، هنگام محاسبه *Lifecycle Cost* یک سیکل ترکیبی، هزینه تعمیرات و نگهداری تقریباً ۲ برابر هزینه سرمایه‌گذاری اولیه آن می‌باشد. با توجه به این مساله به هر میزان هزینه‌های تعمیرات و نگهداری کاهش یابد، قیمت تمام‌شده برق نیز کاهش خواهد داشت و سود حاصله از فروش برق بیشتر خواهد شد.

استفاده از تکنولوژیهای مدرن می‌تواند در برخی بخشها مصرف قطعات ویژه را تا حداکثر ۵۰٪ کاهش دهد. این بدین معنی است که بعنوان مثال عمر یک قطعه داغ توربین تا ۵۰٪ افزایش می‌یابد و می‌توان زمان تعمیرات اساسی را به همان اندازه کاهش داد. به همین دلیل کاهش میزان نیاز به تامین قطعات از خارج در حین ثابت ماندن پتانسیل تولید در داخل کشور، سهم

ساخت داخل در کشور را افزایش می‌دهد. بعنوان مثال شرایط زیر را برای میزان تولید پره در داخل کشور و میزان مصرف کلی در وزارتخانه‌های نیرو و نفت مطرح می‌شود [۳۷]:

الف- میزان نیاز به پره در داخل کشور برابر ۱۰۰ واحد، تولید در داخل توسط مجموعه‌هائی همانند شرکت پرتو و شرکت موادکاران جاهد نوآور برابر ۲۰ واحد از کل نیاز. در این صورت سهم بازار داخلی برابر ۲۰٪ کل نیاز خواهد بود.

ب- میزان نیاز به پره در داخل کشور برابر ۸۰ واحد که ۲۰ واحد کاهش به دلیل استفاده از سیستم مونتورینگ عملکرد و تشخیص عیب رخ داده است. تولید در داخل برابر همان ۲۰ واحد شرایط الف. در این صورت سهم بازار داخلی برابر ۲۵٪ کل نیاز خواهد بود.

از مقایسه این دو حالت ساده به این نتیجه می‌رسیم که در حین ثابت ماندن پتانسیل تولید داخل و بدون ایجاد سرمایه‌گذاری برای گسترش مجموعه‌های بزرگ و پرهزینه همانند پرتو و موادکاران و با استفاده از سیستم‌های مونتورینگ و تشخیص عیوب، سهم بازار داخلی به دلیل کاهش نیاز به قطعات در کل افزایش خواهد یافت.

بنابراین با استفاده از تکنولوژی‌های مونتورینگ عملکرد و تشخیص عیوب عواید زیر حاصل می‌شود:

- هزینه‌های تعمیرات و نگهداری کاسته می‌شود.
- کاهش نیاز به تامین قطعات ویژه از خارج بوجود می‌آید.
- فرصت تدوین دانش فنی ساخت قطعات ویژه به میزان بیشتری در اختیار مجموعه‌های داخلی قرار می‌گیرد.
- سهم بازار داخلی در تامین قطعات افزایش می‌یابد.
- قیمت تمام‌شده برق کاهش خواهد یافت.
- کاهش فشار ناشی از اثرات تحریم به وجود می‌آید.

۲-۲-۱۰- نتایج آینده‌پژوهی ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ

نیروگاهی

از اهداف آینده پژوهی و عامل محرکه اجرای آن، تعیین اولویت‌ها به معنای انتخاب آگاهانه بین فعالیت‌ها و ترجیح دادن فعالیت مهمتر به کم اهمیت‌تر می‌باشد. با توجه به اینکه آینده پژوهی باید به کاسته شدن از عدم قطعیت‌های پیش روی توسعه در آینده کمک کرده و تصمیمات پایاتری را برای سیاست‌گزاران به ارمغان آورد، بررسی‌های انجام شده در زمینه آینده‌پژوهی ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی در صنعت برق و انرژی در کشورهای دیگر و روند انجام پژوهش‌ها و برنامه‌های آینده‌ی آن‌ها ارائه شد.

از اسناد بخش انرژی اتحادیه‌ی اروپا و آمریکا و همچنین اهداف و فعالیت‌های انجام گرفته توسط کمپانی‌های فعال نیروگاهی، حفظ پایایی در تولید برق، توازن بین بازار عرضه و تقاضا، افزایش عمر مفید واحدهای تولیدی، ایجاد و تضمین اقتصادی‌ترین شرایط بهره‌برداری از تجهیزات، تأمین ایمنی و افزایش قابلیت اطمینان از کارکرد قطعات حساس، کاهش هزینه‌های بازرسی و تعمیرات و کوتاه کردن دوره‌های تعمیر از اهداف اصلی فرآیندهای تخمین عمر است. همانگونه که ذکر شد، افزایش قابل توجه سهم منابع گازی در تولید انرژی و استفاده روزافزون از توربین‌های گازی و بخار در صنعت برق، توجه محققان را به بهبود عملکرد و افزایش قابلیت اطمینان به اجزای آنها جلب کرده است. اجزاء مختلف توربین و سایر قطعاتی که دمای کاری بالایی دارند، به واسطه شرایط پیچیده تنشی و حرارتی، همواره در معرض زوال‌های غیرقابل پیش‌بینی هستند. این زوال‌های ناگهانی به واسطه آسیب رساندن به سایر بخش‌های توربین می‌تواند باعث خارج شدن توربین از مدار تولید شوند. علاوه بر این، تعویض هر یک از این قطعات می‌تواند هزینه‌های خیلی سنگینی را متوجه نیروگاه‌ها کند. با توجه به این مطالب، روشن می‌شود پیش‌بینی عمر این اجزا می‌تواند کمک قابل توجهی به کاهش هزینه‌ها در صنعت برق کند. لذا سازندگان و کاربران قطعات داغ همواره در تلاش بوده‌اند تا بتوانند عمر مفید این قطعات را تشخیص داده و اقدام به تعمیر و در صورت لزوم تعویض آنها نمایند. از این دیدگاه، اهمیت بحث تخمین عمر قطعات توربین گازی و بخار روشن می‌شود. همانگونه که به تفصیل در بخش‌های گذشته

بررسی شد، در حالت کلی سه روش محاسباتی، غیر مخرب و مخرب در تخمین عمر اجزاء توربین مورد توجه هستند. این روشها می‌توانند کاربران را در تشخیص شروع زمان از کارافتادگی قطعات یاری کنند.

روش‌های محاسباتی اگرچه دقت پایین‌تری دارند، به دلیل هزینه‌ی کمتری که نسبت به سایر روش‌ها دارند کماکان مورد توجه هستند. کمپانی‌های فعال در صنایع نیروگاهی همواره در پی ابداع و توسعه‌ی نرم‌افزارهای مدل‌های جدید در زمینه‌ی روش‌های محاسباتی تخمین عمر هستند. مدل‌ها و نرم‌افزارهای در حال توسعه مبتنی بر مکانیزم‌های خزش، خستگی، خوردگی و... می‌باشند و با استفاده از داده‌های آزمایش‌های مربوط به مکانیزم‌های مذکور و پارامترهای معتبر مربوط به آلیاژ و ثوابت معادلات تئوری، عمر باقیمانده قطعه تخمین زده می‌شود. لازم به ذکر است که از برنامه‌های اصلی تحقیقاتی در دانشگاه‌ها و واحدهای تحقیق و توسعه کمپانی‌ها، انجام پروژه‌های پژوهشی در زمینه‌ی استخراج پارامترهای آلیاژهای به کار برده شده در قطعات داغ، مورد استفاده در فرآیند تخمین عمر آنها می‌باشد. صرفه جویی در هزینه‌ها، کوتاه‌تر شدن زمان ارزیابی و کمک به افزایش دقت و اطمینان نتایج از مزایای توسعه نرم‌افزارها و مدل‌های روش‌های محاسباتی تخمین عمر است.

روش‌های مخرب اگرچه هزینه‌ی سنگینی دارند اما به دلیل دقت بسیار بالایی که دارند همواره مورد توجه خواهند بود. این روش که کامل‌ترین و دقیق‌ترین مرحله است با تخریب قطعه و تهیه نمونه آزمایش‌های استاندارد همچون خزش، گسیختگی تنش، ضربه، متالوگرافی، کشش و... انجام می‌شود. نیروگاه‌ها با استفاده از نتایج حاصل از این آزمون‌ها سعی در مستندسازی و طبقه بندی جزئیات اطلاعات بدست آمده دارند تا بتوانند در شرایط مشابه پیش از رخ دادن آسیب جدی، آن را به دقت پیش-بینی و راهکارهای لازم برای آینده را اتخاذ کنند.

روش‌های غیرمخرب در صدر توجهات قرار دارند. فعالیت‌های اصلی واحدهای تحقیقاتی متمرکز بر توسعه و ابداع روش‌های پربازده و قدرتمند بازرسی در محل (on-line monitoring) به منظور بازرسی تجهیزات در نیروگاه و حین انجام کار است. مزیت اصلی این روش‌ها عدم نیاز به خاموش کردن دستگاه یا توقف سیکل کاری واحد تولیدی است. توسعه روش‌های غیرمخرب بازرسی در محل، ساخت ابزار قابل حمل بازرسی غیرمخرب و در نتیجه توانایی انجام بررسی‌ها در مقیاس کوچک و در زمان بسیار کوتاه، از جمله‌ی ملزومات این روش‌ها می‌باشد. ابداع و توسعه‌ی نرم‌افزارهای تخمین عمر با قابلیت در نظر

گرفتن جمیع آسیب‌ها و توانایی دریافت و به کارگیری اطلاعات حاصل از سیستم‌های بازرسی غیرمخرب یا اطلاعات حاصل از انجام فرآیندهای بازرسی در محلاز دیگر فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده توسط واحدهای تحقیق و توسعه می‌باشد. یکی از فواید بکارگیری صحیح آزمون‌های غیر مخرب، تعیین هویت معایبی است که اگر بدون تشخیص در قطعه باقی بمانند علاوه بر بروز خسارات مالی ممکن است حتی خسارات جانی نیز به همراه داشته باشد. در واقع با بکارگیری مناسب چنین آزمایش‌هایی، علاوه بر اینکه از تخریب قطعات جلوگیری می‌شود، سرعت آزمایش افزایش یافته و هزینه‌های مربوط به انجام آزمایش (در مقایسه با آزمون‌های مخرب) کاهش می‌یابد. از آنجا که با توسعه‌ی این روش‌ها امکان بازرسی در محل نیروگاه و حتی حین کار توربین‌ها و ... فراهم می‌شود و در نتیجه‌ی آن می‌توان دوره‌های بازرسی و توقف کار واحد تولیدی را کوتاه نمود، سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها هم برای تولیدکنندگان قطعات داغ و توربین‌ها و هم برای صاحبان نیروگاه‌ها به لحاظ اقتصادی سود سرشاری داشته و تولید پایدار نیرو را در پی خواهد داشت.

همانگونه که در بخش فعالیت‌های کمپانی‌ها مشاهده شد، به کارگیری مجموعه‌ای از ابزار و روش‌ها ضروریست و هریک می‌تواند مکمل دیگری باشد تا پیش‌بینی دقیقی از عمر باقیمانده‌ی قطعات انجام شود. برنامه‌های آینده‌ای که ذکر شد تقریباً بین بزرگ‌ترین گروه‌ها و کمپانی‌های پیش‌تاز در صنایع نیروگاهی مشترک است و سرمایه‌گذاری بر روی غالب آن‌ها با توجه به تنوع قطعات، تنوع و پیچیدگی شرایط کاری دمایی و تنش‌ی، آسیب‌ها و قابلیت‌هایی هر روش در تعیین نوع آسیب توصیه شده است.

در مقایسه با کشورهای توسعه یافته مانند آمریکا، آلمان، انگلستان که در مرحله بلوغ فعالیت‌های مربوط به فناوری ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی به سر می‌برند، کشور ما که در مرحله‌ی ابتدایی این فرآیند به سر می‌برد، با توجه به آمارهای ارائه شده، تعداد مقالات و پژوهش‌هایی که در این زمینه دارد، نیازمند نیازمند بازبینی‌های کلی در این زمینه و اتخاذ تصمیمات جدید و مناسب با توجه مطالعات انجام شده می‌باشد.

از بررسی‌های انجام شده در برنامه‌های نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها آشکار خواهد شد که جهت دستیابی به بهره‌برداری هرچه بهتر در نیروگاه‌ها با استقرار تعمیرات بهره‌ور و فراگیر، اقدامات زیر در آینده پیشنهاد می‌شود:

- ✓ استقرار سیستم مشارکت کارکنان به صورت فراگیر در نیروگاه و ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل سوابق تجهیزات و قطعات و بازرسی آن‌ها و ریشه‌یابی علل بروز عیوب و آسیب‌ها
- ✓ ایجاد زمینه همکاری و تفاهم میان پرسنل تعمیرات و بهره‌برداری، ارتقای سطح دانش و تخصص پرسنل به منظور کسب توانایی در فعالیتهای مربوط به تعمیر و نگهداری به ویژه بازرسی و تخمین عمر قطعات داغ
- ✓ برگزاری دوره‌های آموزشی برای کارمندان و شناساندن منابع و علل بروز آسیب‌ها و اتخاذ روش‌های مناسب برای حذف آن‌ها
- ✓ تعریف اهداف مورد انتظار مدیریت بر مبنای استانداردهای روز دنیا از قبیل: درصد قابل قبول خرابی‌ها و درصد موردانتظار توقف‌های ناخواسته واحد تولید پس از استقرار سیستم و جلوگیری از فرسودگی و آسیب تجهیزات به ویژه قطعات داغ با اجرای برنامه‌های (Lifetime Assessment) LTA، (Lifetime Extension) LTE و (Plant Maintenance) P. M.
- ✓ تحول سیستم تعمیر و نگهداری از حالت تعمیر به هنگام خرابی یا از کارافتادگی به سمت سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، بهره‌ور و در نهایت پیش‌بینانه. روش‌های پیشگیرانه نیازمند انجام فرآیندهای ارزیابی وضعیت قطعات و فرآیندهای تخمین عمر از ملزومات روش‌های پیش‌بینانه خواهند بود

۲-۲-۱۱- مراجع

[۸] “ENABLING NEW ENERGY TECHNOLOGIES, under Horizon 2020, A Roadmap on Turbomachinery Research”, EUTurbines, 2014-2020.

[۹] “Annual Energy Outlook 2014 with projects to 2040”, DOE/EIA-0383(2014).

[۱۰] “online Creep and Fatigue Monitoring in power plants”, V. Pesonen, MSc thesis work, Council of Faculty of Natural Sciences, Tampere University of Technology, (2014).

[۱۱] “Siemens’ Medium Size Gas Turbine Continued Product and Operation Improvement Program”, O. Andersson, V. Navrotsky, S. Santamaria, Siemens Industrial Turbomachinery AB, PowerGen Europe, 2010.

[۱۲] “NDE Inspections and Lifetime Assessment of Turbine Equipment”, W. Abbasi, S. Rahman, M. J. Metala, Power-Gen International 2008 – Orlando, FL, www.siemens.com.

[۱۳] “Gas Turbine Life Assessment”, Sulzer Turbo Services, 2013, www.Sulzerts.com.

[۱۴] “Non-Destructive Testing for Gas Turbines, From selecting the best NDT technique to monitoring inspection quality”, 2014, www.leonardo-energy.org-www.laborelec.be.

- [۱۵] “Focus on materials technologies, condition assessment and non-destructive testing”, S. Goedseels, Laborelec Journal Eleventh Year, 2010.
- [۱۶] “Inspection Technologies, Productivity through inspection solutions-Advanced nondestructive imaging”, GE Sensing & Inspection Technologies, 2014, www.geit.com.
- [۱۷] “Capabilities Statement, Process, Pipeline, Power”, Quest Integrity Group, (2010).
- [۱۸] “Olympus Series 5 Rigid Borescope”, Internet Document, www.olympusipg.com
- [۱۹] Internet Document, www.fort-fr.com.
- [۲۰] “Special nondestructive Testing Methods”, Internet Document.
- [۲۱] “Quantitative NDE for tube Inspection”, Internet Document, Lotis Co., www.qi2.com.
- [۲۲] W. Matulewicz, G. Rousseau, M. Grenier, “Recent Advances in Carbon Steel Tube inspection”, R/D tech, Quebec, GLP2J7, Canada.
- [۲۳] “Remote Field Through Wall Inspection Technique”, Internet Document, <http://phy-server.phy.queensu.ca>.
- [۲۴] H. Hoshikawa, K. Kayama, “A New Eddy Current Surface Probe without lift – off Noise”, www.NDT.net

[۲۵] H. Barry, J. Vernon, “Non-destructive Testing”, First Published, McMillan Education LTD., 1988.

[۲۶] Internet Document, www.notis.com.

[۲۷] G. Selby, “Phased Array UT Application Development at the EPRI NDE Cneter”, www.NDT.net.

[۲۸] گزارش مرحله دوم پروژه تهیه نرم افزار تخمین عمر باقیمانده لوله های بویلر "، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۰ [۲۸]

[۲۹] S. Kawanami, M. Kurokawa, M. Taniguchi, Y. Tada, “Development of Phased Array Ultrasonic Testing Probe”, Technical Review, vol. 38, No. 3, Oct. 2001.

[۳۰] G. J. Nakoneczny, R. D. Murphy, R. M. Tilley, “Application of EPRI/B&W Developed EMAT for Assessing Boiler Tubes”, ICOLM, May 2000.

[۳۱] M. O. Robertson, D. M. Stevens, D. M. Schlader, R. M. Tilley, “Advances in NDE for Utilation and Petrochemical Industry through EMATs”, 1998.

[۳۲] Internet Document, www.NDT.net.

[۳۳] J. M. Rodgers, R. M. Tilley, “Summary of Field Experience for Acoustic Emission Monitoring of Seam – Welded High Energy Pinping”, 1999.

[۳۴] A. A. Dubov, “Diagnostics at Equipment & Structures Strength by using of Metal Magnetic Memory”, Energodiagnostika Ltd, 2000.

[۳۵] “Carbon Steel Tubes and Pipes “, Internet Document, www.dinsearch.com.

[۳۶] T.Alvarez, "Technology foresight for Gas Turbines", Escuela de energia, Madrid, 26 October, 2006.

[۳۷] هیوا خالدی، "نقش سیستم‌های مونیتورینگ عملکرد و ارتعاشات و تشخیص عیب در افزایش عمر واحدهای نیروگاهی و کاهش وابستگی به تأمین قطعات ویژه از خارج"، شرکت مهندسی پتروگاز خاورمیانه.

فهرست مطالب

۳-۱- چشم انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ.....	۲
۳-۱-۱- مقدمه.....	۲
۳-۱-۲- مبانی نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز.....	۳
۳-۱-۳- تعریف چشم‌انداز.....	۳
۳-۱-۴- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب.....	۵
۳-۱-۵- ضرورت تدوین چشم‌انداز.....	۶
۳-۱-۶- انواع چشم‌اندازها.....	۷
۳-۱-۷- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز.....	۹
۳-۱-۸- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز.....	۱۲
۳-۱-۹- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی.....	۱۴
۳-۱-۱۰- نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ..	نیروگاهی در کشورهای مختلف.....
۳-۱-۱۱- نتایج حاصل از بررسی نظرات خبرگان و کارشناسان.....	۱۹
۳-۱-۱۲- تبیین چارچوب بیانیه و پیش‌نویس بیانیه چشم‌انداز.....	۲۵
۳-۱-۱۳- تعریف واژگان چشم‌انداز (توصیفات پسا چشم‌اندازی).....	۲۶
۳-۲- تعیین اهداف کلان توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ.....	۲۹
۳-۱-۲- مقدمه.....	۳۱

- ۳-۲-۲- مبانی نظری تدوین اهداف کلان برنامه راهبردی ۳۱
- ۳-۲-۳- حوزه‌های اهداف تعیین شده ۳۲
- ۳-۲-۴- ویژگی‌های اهداف تعیین شده ۳۴
- ۳-۲-۵- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی ۳۵
- ۳-۲-۶- تایید و نهایی‌سازی اهداف کلان ۳۶
- ۳-۲-۷- فرآیند تدوین اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی ۳۷
- ۳-۲-۸- مراحل تدوین اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی ۳۸
- ۳-۲-۸-۱- نتایج حاصل از بررسی گزارش آینده‌پژوهی ۳۹
- ۳-۲-۸-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری ۴۰
- ۳-۲-۸-۳- نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تدوین شده ۴۱
- ۳-۲-۸-۴- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی ۴۳
- ۳-۲-۹- اهداف کلان سند راهبردی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۴۵
- ۳-۳- تدوین راهبردهای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ ۵۰
- ۳-۳-۱- مقدمه ۵۳
- ۳-۳-۲- اولویت‌بندی قطعات داغ نیروگاهی بر اساس شاخص جذابیت ۵۵
- ۳-۳-۳- دسته‌بندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت بر اساس جذابیت و توانمندی ۶۳
- ۳-۳-۴- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی ۷۱
- ۳-۴- نتیجه‌گیری ۷۵
- مراجع: ۷۷

- پیوست ۱ - اسامی اعضا کمیته راهبری ۷۹
- پیوست ۲- پرسشنامه ارزیابی چشم انداز ۸۰
- پیوست ۳ - پرسشنامه ارزیابی اهداف ۸۳
- پیوست ۴ - پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات ۸۶
- پیوست ۵ - پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری ها ۹۲

فهرست شکل‌ها

- شکل ۳-۱- بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز ۸
- شکل ۳-۲- گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ۱۲
- شکل ۳-۳- مدل اجرایی خلق چشم‌انداز ۱۳
- شکل ۳-۴- مدل توسعه مفهومی مبنا جهت انجام مطالعات تطبیقی ۱۹
- شکل ۳-۵- زمینه‌های چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۲۷
- شکل ۳-۶- ویژگی‌های اهداف کلان ۳۴
- شکل ۳-۷- نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فناوری ۳۷
- شکل ۳-۸- مدل اجرایی تدوین اهداف ۳۹
- شکل ۳-۹- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس .
مطالعه چشم‌انداز تدوین شده ۴۲
- شکل ۳-۱۰- ارتباط بین اهداف، حوزه‌های اهداف و زمینه‌های چشم‌انداز ۴۸
- شکل ۳-۱۱- متدولوژی تدوین ارکان جهت ساز توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ
نیروگاهی ۵۱
- شکل ۳-۱۲- جمع‌بندی نتایج مرتب شده بصورت نزولی براساس جذابیت ۵۸
- شکل ۳-۱۳- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۶
- شکل ۳-۱۴- ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ
نیروگاهی ۶۷
- شکل ۳-۱۵- الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری ۷۲

فهرست جدولها

- جدول ۱-۳- عناوین سیاستها و برنامه‌های مصوب بررسی شده ۱۴
- جدول ۲-۳- زمینه‌های قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه چشم‌انداز ۱۶
- جدول ۳-۳- بررسی چشم‌انداز شبکه برق کشورهای آسیایی ۲۵
- جدول ۴-۳- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس مطالعه گزارش آینده‌پژوهی ۴۰
- جدول ۵-۳- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس مطالعه گزارش توجیه‌پذیری ۴۱
- جدول ۶-۳- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس مطالعه اسناد بالادستی مرتبط ۴۳
- جدول ۷-۳- نظرات اعضای کمیته راهبری در رابطه با اهداف اولیه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده . قطعات داغ نیروگاهی ۴۶
- جدول ۸-۳- جمع‌بندی نتایج پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات ۵۸
- جدول ۹-۳- جمع‌بندی نتایج پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها ۶۴
- جدول ۱۰-۳- ناحیه‌بندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۹
- جدول ۱۱-۳- روش اکتساب پیشنهادی برای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۷۳

چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و
عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۱- چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۱-۱- مقدمه

به طور کلی، چشم‌انداز^۱ بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای سازمان، صنعت یا تکنولوژی است. چشم‌انداز، امیدها و اهداف آرمانی را نشان می‌دهد و یادآوری می‌کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز آینده‌ای است واقع‌گرایانه، محقق‌الوقوع و جذاب که کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس، در خصوص موضوع سند، چشم‌انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در موضوع سند خواهد بود.

اهمیت چشم‌انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است. می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری کرده و دوم اینکه همواره امید را برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید. انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته طبقه‌بندی می‌شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب.

آینده ممکن: شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

آینده‌های محتمل: آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

آینده‌های مطلوب: آنچه مطلوب‌ترین و ارجح‌ترین رویداد آینده به شمار می‌رود.

هدف از نگارش این گزارش، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. بیانیه اولیه چشم‌انداز باید مبتنی بر مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً اسناد راهبردی صنعت برق) تدوین گردد. با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت

اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز می‌باشد، در ابتدا به بررسی چارچوب نظری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین چشم‌انداز پرداخته می‌شود. پس از آن، با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادستی، به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز می‌پردازیم. سپس، پیش‌نویس بیانیه اولیه چشم‌انداز تدوین می‌شود. در آخر، پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز پس از اخذ نظرات خبرگان و هیئت رئیسه و نظارت کارفرما، تکمیل و اصلاح شده و در این گزارش ارائه خواهد شد.

۳-۱-۲- مبانی نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز

همان‌طور که اشاره شد، یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی، تدوین چشم‌انداز است. در حقیقت، پس از تدوین مأموریت، می‌بایست مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص تعیین گردد. با تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های کلان، فرابخشی و بخشی دارای یک هدف واحد هستند و این هدف، رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد.

در این بخش از گزارش، به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسی الزامات آن پرداخته شده است. بر این اساس، ابتدا تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلف ارائه شده و سپس متدولوژی‌های تدوین چشم‌انداز معرفی می‌شوند.

۳-۱-۳- تعریف چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصویری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعات انجام گرفته، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل ارائه می‌شود:

(۱) آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب

(۲) بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد

(۳) هنر دیدن نادیدنی‌ها

۴) یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد تا با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند

۵) تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در افق زمانی معین بلندمدت که متناسب با مبانی ارزشی ذینفعان تعیین می‌گردد

۶) تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در افق زمانی معین بلندمدت که متناسب با مبانی ارزشی و آرمان‌های نظام و مردم تعیین می‌گردد

۷) تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم و هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌توجه‌تر خواهد بود

۸) ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی که مانند چراغی در افق بلندمدت سازمان و ذینفعانش قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد

بر اساس این تعاریف، می‌توان دریافت که، چشم‌انداز علاوه بر این که برانگیزاننده، هدایتگر و جهت‌دهنده جامعه و الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری نیز برخوردار بوده و تغییر اساسی در وضع موجود ایجاد کند تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد. همچنین، چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت آن مجموعه را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. لذا، آگاهی کامل مدیران مجموعه به چشم‌انداز، می‌تواند آن‌ها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان نیز تکمیل گردد. از دیدگاهی دیگر، چشم‌انداز، آمیزه‌ای از ارزش‌ها و داورهای مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است. لذا، در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

بر مبنای تعاریف مختلف ارائه شده، ویژگی‌های زیادی را برای یک چشم‌انداز مطلوب می‌توان مدنظر قرار داد که در ادامه و مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

۳-۱-۴- ویژگی‌های یکچشم‌انداز مطلوب [۱]

برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب که در این مطالعه نیز مورد توجه و تمرکز قرار خواهند گرفت، عبارتند از:

- ۱) در زمان مورد نظر کمیت‌پذیر و قابل دستیابی باشد.
- ۲) برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) و چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید) با توجه به استراتژی‌های تعیین شده تبیین گردد.
- ۳) جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا باشد.
- ۴) دارای افق زمانی معین باشد.
- ۵) بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد باشد.
- ۶) برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت باشد.
- ۷) حال و آینده را به هم پیوند دهد؛ یعنی در عین آنکه واقع‌گرایانه باشد، با آرمان‌ها نیز مطابقت داشته باشد.
- ۸) برای ذینفعان، اطمینان‌بخش و توجه برانگیز باشد.
- ۹) دارای حس مالکیت و تعلق باشد و این حس را در ذینفعان تقویت نماید.
- ۱۰) تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم باشد. به این منظور، باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب در چشم‌انداز مد نظر باشد.
- ۱۱) تداوم‌بخش برنامه‌ریزی و اجرا باشد.
- ۱۲) نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها باشد.

این در حالی است که در سیستم‌ها و سازمان‌هایی با مقیاس‌های کوچک‌تر، ویژگی‌های زیر را نیز باید برای چشم‌انداز متصور شد:

- ایجاد کننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در ذینفعان و انرژی‌دهنده به آن‌ها باشد.

- درحوزه هدف، اثرگذار و معنی‌بخش به جوانب مختلف زندگی باشد.
- مشوق یادگیری باشد.
- مشخص‌کننده مخاطب باشد.
- مشخص‌کننده استاندارد برتر باشد.
- کوتاه و دقیق باشد.
- مرتبط با تمام ذینفعان باشد.

۳-۱-۵- ضرورت تدوین چشم‌انداز

از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم‌انداز است. همان‌طور که اشاره شد، ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز، تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است. با تعیین این مفاد، از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در مجموعه ذینفعان مدنظر تقویت می‌شود. به طور کلی چشم‌انداز در سطوح مختلف ملی، بخشی و سازمانی در پاسخ به مجموعه سؤالاتی مشابه سؤالات زیر تعریف می‌شود:

- ۱) آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟
- ۲) آیا افراد از میزان چالش در کار خود رضایت دارند؟
- ۳) آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟
- ۴) آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟
- ۵) آیا به نظر می‌رسد که روند حرکتی جامعه با تغییرات محیطی هماهنگ نیست؟
- ۶) آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟
- ۷) آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می‌کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟

۸) آیا اجتناب از ریسک در جامعه، بیش از حد لازم است؟ (افراد تمایل به مسئولیت‌پذیری ندارند، در چارچوب قوانین و مقررات محدود مانده‌اند و در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند؟)

۹) آیا احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟

چنانچه پاسخ هر یک از سؤالات فوق در یک نظام، مثبت قلمداد شود، اصلاح ساختارهای راهبردی و تعریف چشم‌انداز جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. لذا، برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت است.

۳-۱-۶- انواع چشم‌اندازها

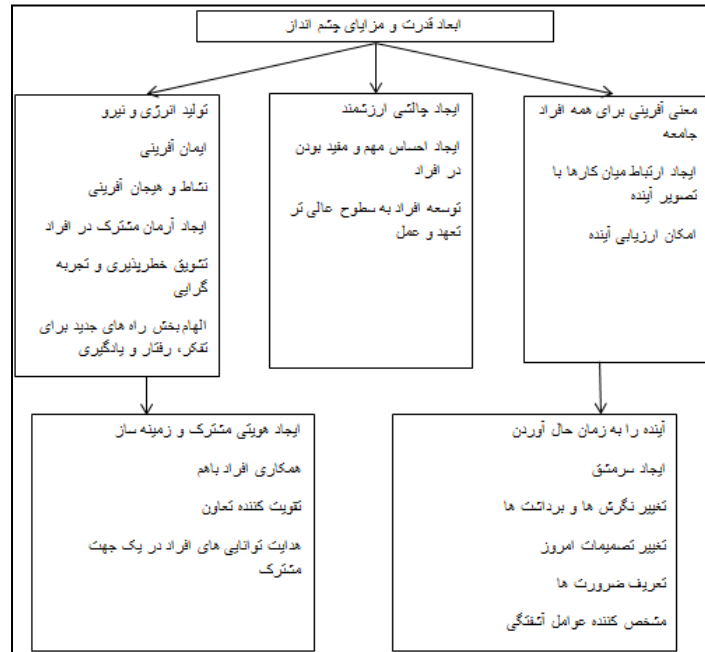
پیش از بررسی انواع چشم‌اندازها، در ابتدا به بررسی محتوا و ارکان یک چشم‌انداز پرداخته می‌شود. در این ارتباط، توصیه شده است که هریک از انواع چشم‌انداز از لحاظ محتوایی باید سه عنصر زیر را روشن سازد:

۱) صحنه و یا مرزهای رقابتی

۲) مزیت رقابتی

۳) قابلیت رقابتی یا شایستگی‌های محوری

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم‌انداز در نمودار شکل (۳-۱) ارائه شده است.



شکل ۳-۱- بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم انداز

اکثر چشم اندازها به بیان جمله ای کیفی و کلی پرداخته اند. با این وجود، می توان چشم انداز را به چهار نوع زیر دسته بندی

نمود:

● چشم انداز کمی

چشم اندازی است که در آن شاخص های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص ها عددگذاری می شوند. چشم اندازهای کمی می توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم انداز) و یا از نوع درصدی (به عنوان مثال، درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم انداز) باشند.

● چشم انداز کیفی

بر خلاف چشم انداز کمی، در این چشم انداز، به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می شود. این نوع چشم انداز، شاخص های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان به کار می برد.

● چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور یا سازمان یا بخش بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است کشور یا سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین رقبای جایگاه سوم را داشته باشد.

● چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود و ملاک پیشرفت و توسعه، برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام می‌گردد.

البته، باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمی و کیفی هستند و از این رو، چشم‌اندازها در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود.

پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز، و معرفی انواع آن، نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد. از این رو، در ادامه گزارش، به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

۳-۱-۷- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

به بیان کسانی که مسیر دشوار تدوین چشم‌انداز را طی کرده‌اند، این مسیر دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است. از این رو، روش‌های متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرآیند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نیست و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. لذا، در ادامه، برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز ارائه شده است.

● روش ۵ چرا

کالینز و پوراس (۱۹۹۶) طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که کار را با این پرسش آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟". این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

● روش استوارت

توماس استوارت (۱۹۹۳) قالبی را به شرح زیر طراحی کرده است که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

- ✓ جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)
- ✓ ویژگی کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)
- ✓ ویژگی مشتریان و ذینفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی برای ذینفعان،...)
- ✓ نوع صنعت

● روش برت نی‌نوس

برت نی‌نوس (۱۹۹۲) روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ✓ وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت
- ✓ تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذینفعان و نیازهای آنان)
- ✓ تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی
- ✓ ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی

● روش کیگلی

به زعم کیگلی (۱۹۹۶)، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرآیند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

- ۱) انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز
- ۲) تدارک جلسه آشنایی مختصر برای تمام افراد گروه مرکزی
- ۳) تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضا و گروه‌های مرتبط
- ۴) مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می‌دهند
- ۵) جمع‌آوری پاسخ‌ها و دسته‌بندی پاسخ‌های مشابه
- ۶) خلاصه کردن نتایج
- ۷) آماده‌سازی و ارسال کتاب‌داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

● روش لاتام

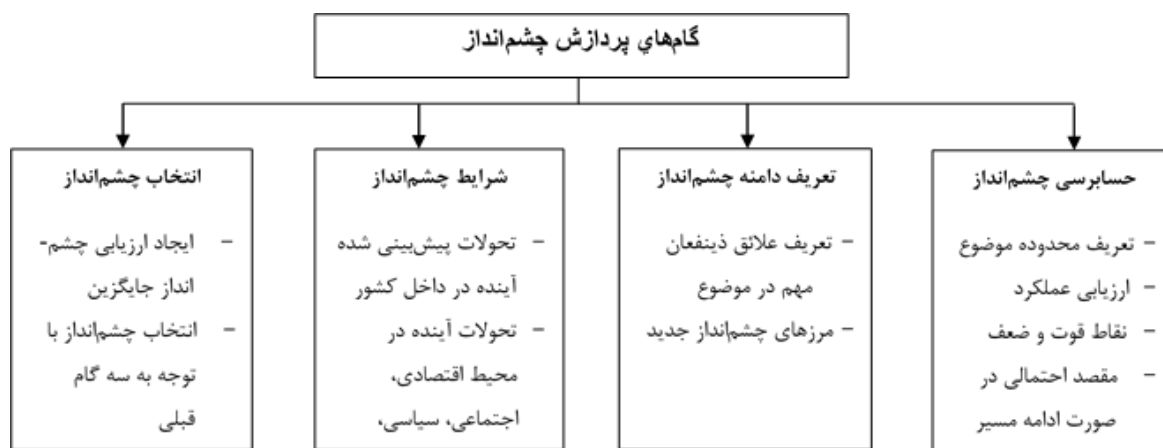
در روش لاتام (۱۹۹۵)، هشت گام معرفی شده است که به شرح زیر می‌باشند:

- ۱) گام اول: جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات بنیادین
- ۲) گام دوم: طوفان ذهنی
- ۳) گام سوم: حذف اضافات
- ۴) گام چهارم: تدوین سند اولیه
- ۵) گام پنجم: تصحیح بیانیه
- ۶) گام ششم: آزمون معیارها

۷) گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح

۸) گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

این در حالی است که، چشم‌انداز به هر روشی که انتخاب و خلق گردد باید مبتنی بر گام‌های خلق آن و مطابق با رویکرد ارائه شده در شکل (۲-۳) پردازش و ارائه شود. در شکل (۲-۳)، گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



شکل ۲-۳- گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

۳-۱-۸- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز

با معرفی روش‌ها، الزامات، ویژگی‌ها و تعاریف متعدد برای یک چشم‌انداز مطلوب، می‌توان به انتخاب یک روش پیشنهادی ترکیبی برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. در این راستا، آنچه قابل توجه و اساسی خواهد بود آن است که مشخص شود در حوزه ارائه، بسط و خلق یک بیانیه چشم‌انداز، توجه به چه مواردی حائز اهمیت است. به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز، باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارتند از:

۱) رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟

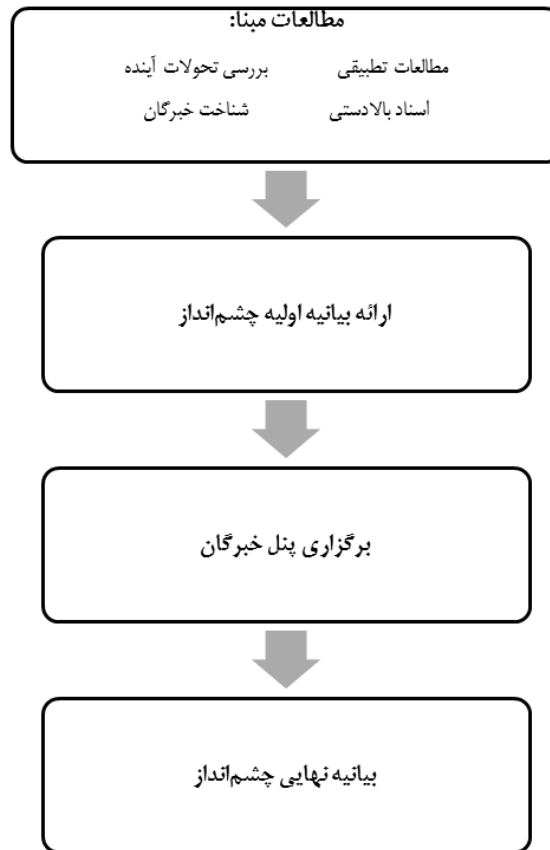
۲) چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از زیر

بخش‌های اصلی آن چیست؟

۳) اگر زیر بخش‌های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی چشم‌انداز

تبیین شده کدام است؟

در واقع، می‌توان اشاره کرد که روش (متدلوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز، پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر بوده و پیشنهاد می‌شود برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوچارت ارائه شده در شکل (۳-۳) عمل شود.



شکل ۳-۳-مدل اجرایی خلق چشم‌انداز

از این رو، بر اساس روش منتخب، گام‌های خلق یک چشم‌انداز به شرح زیر می‌باشد:

در مرحله اول، به بررسی اسناد بالادستی مرتبط، مطالعات تطبیقی، تحولات آینده، خبرگان و توقعات آنها و ... پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سازمان، صنعت و یا سیستم مورد مطالعه به دست می‌آید. در مرحله دوم، با توجه به اطلاعات حاصل شده و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانییه ابتدایی از چشم‌انداز پرداخته می‌شود. باید توجه کرد که چشم‌انداز تدوین شده باید به سؤالات اساسی فوق‌الذکر (از جمله ما امروز چه هستیم؟ آرزو

داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟ چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه رسالت را محقق خواهیم کرد؟ راهبرد رشد داخلی ما در هر یک از زیر بخش‌های اصلی چیست؟ و... پاسخ دهد.

در مرحله سوم، که در شکل (۳-۳) از آن تحت عنوان برگزاری پنل خبرگان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه با خبرگان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله، پس از دریافت و بررسی نظرات خبرگان، در صورت لزوم، تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده می‌شود. سپس، در مرحله چهارم، با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی، بیانیه نهایی چشم‌انداز که مورد قبول تمام مقامات اصلی سازمان باشد، نهایی و تدوین می‌شود.

لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده، از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز، بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد، چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود. بر اساس کلیت اجمالی بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز، در ادامه، مطابق با گام‌های تبیین شده، به بررسی مطالعات تطبیقی، نظرات خبرگان و اسناد بالادستی حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی پرداخته خواهد شد.

۳-۱-۹- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان‌طور که اشاره شد، یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی، تبیین چشم‌انداز است. به منظور تبیین چشم‌انداز، ضرورت دارد که به بررسی اسناد مختلف پرداخته شود. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز، اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار، اسناد بالادستی متعددی در رابطه با ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بررسی شده‌اند. لیست این اسناد در جدول (۳-۱) ارائه شده است.

جدول ۳-۱- عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده

ردیف	سند	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	مقام معظم رهبری	۱۳۸۲

ردیف	سند	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۲	ابلاغ سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	مقام معظم رهبری	۱۳۸۹
۳	ابلاغ سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	مقام معظم رهبری	۱۳۹۲
۴	ابلاغ سیاست‌های کلی علم و فناوری	مقام معظم رهبری	۱۳۹۳
۵	سیاست‌های کلی نظام در زمینه انرژی	مقام معظم رهبری	۱۳۷۹
۶	سیاست‌های کلی نظام در مورد پدافند غیرعامل	مقام معظم رهبری	۱۳۸۹
۷	سیاست‌های کلی نظام در خصوص موضوع خودکفایی دفاعی و امنیتی	مقام معظم رهبری	۱۳۹۱
۸	نقشه جامع علمی کشور	شورای عالی انقلاب فرهنگی	۱۳۸۹
۹	قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران	مجلس شورای اسلامی	۱۳۵۸
۱۰	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	مجلس شورای اسلامی	۱۳۹۰
۱۱	قانون هدفمند نمودن یارانه‌ها	مجلس شورای اسلامی	۱۳۸۸
۱۲	اساسنامه شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانبر)	هیئت وزیران	۱۳۸۱
۱۳	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۱۴	سند ملی توسعه بخش برق و انرژی‌های نو	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	۱۳۸۴
۱۵	سند برنامه‌های راهبردی صنعت، معدن و تجارت	بخش صنعت، معدن و تجارت جمهوری اسلامی ایران	۱۳۸۴

در اکثر اسناد بررسی شده، سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به سیاست‌های مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ اشاره نشده است. لیکن، با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط و با توجه به پتانسیل‌های موجود در رابطه با فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، زمینه‌های قابل تصور برای چشم‌انداز پیشنهادی را می‌توان برداشت کرد. زمینه‌ها و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی باید در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند به طور اجمالی در جدول (۲-۳) آمده است.

جدول ۳-۲-زمینه‌های قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه چشم‌انداز

ردیف	سند یا قانون تصویب شده	بخش مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	موارد و زمینه‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	<ul style="list-style-type: none"> توسعه یافته برخوردار از دانش پیشرفته توانا در تولید علم و فناوری متکی بر تولید ملی بهره‌مند از محیط زیست مطلوب دست‌یافته به جایگاه اول اقتصادی و علم و فناوری در سطح منطقه‌ی آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه) تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم توسعه‌ی کارآمد 	<ul style="list-style-type: none"> دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در افق ۱۴۰۴ تربیت نیروی انسانی متخصص و بومی‌سازی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در افق ۱۴۰۴ بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی در افق ۱۴۰۴ توسعه فناوری‌های نرم‌افزاری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در افق ۱۴۰۴
۲	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری	<ul style="list-style-type: none"> اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی 	<ul style="list-style-type: none"> مشارکت در افزایش ظرفیت تولید انرژی در راستای افزایش بهره‌وری با به کارگیری فناوری‌های مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

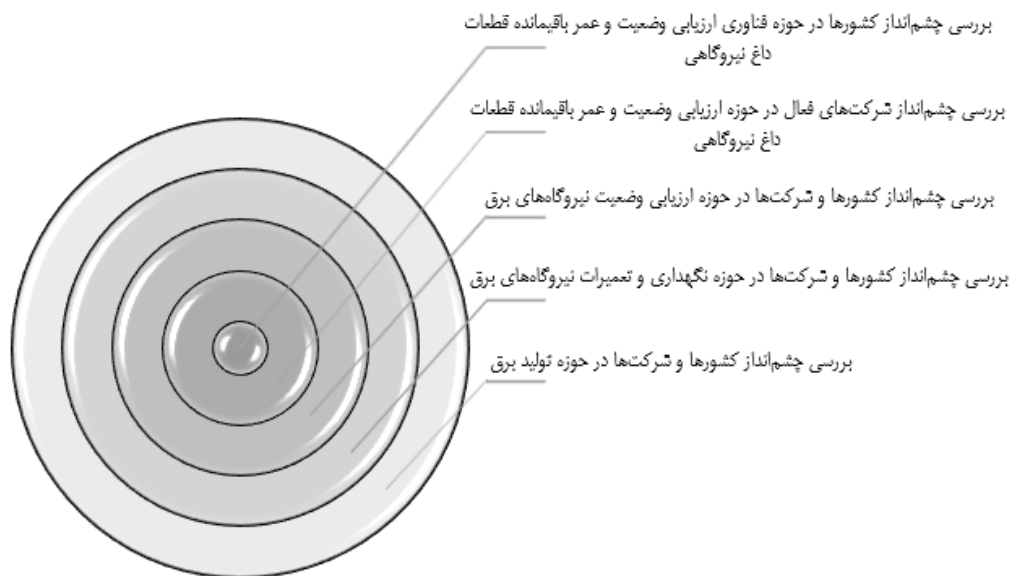
موارد و زمینه‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند	بخش مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	سند یا قانون تصویب شده	ردیف
<ul style="list-style-type: none"> • ورود به بازار جهانی و افزایش صادرات به کشورهای منطقه از طریق توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی • افزایش بهره‌وری و کیفیت تولید برق در کلیه مراحل تولید و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها از طریق بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی • ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق از طریق بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی • تبدیل کشور به قطب تأمین و تبادل برق منطقه از طریق توسعه زیرساخت‌های تولید برق از جمله بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی 	<ul style="list-style-type: none"> • گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی • افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها • ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق • افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف • پایداری و بهبود کیفیت و کمیت خدمات آب و برق در بخش‌های مختلف مصرف • توسعه زیرساخت‌های تولید و انتقال برق و تلاش برای تأمین ملزومات تبدیل کشور به قطب تأمین و تبادل برق منطقه 	<p>سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری</p>	<p>۳</p>
<ul style="list-style-type: none"> • کسب مرجعیت علمی و فناوری در جهان به کمک جهاد مستمر علمی در زمینه‌های مختلف به ویژه در رابطه با فناوری‌های مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی • گسترش مستمر پژوهش‌های مرتبط با توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در راستای تحکیم استقلال کشور 	<ul style="list-style-type: none"> • جهاد مستمر علمی با هدف کسب مرجعیت علمی و فناوری در جهان • گسترش همکاری و تعامل فعال، سازنده و الهام بخش در حوزه علم و فناوری با سایر کشورها و مراکز علمی و فنی معتبر منطقه‌ای و جهانی بویژه جهان اسلام همراه با تحکیم استقلال کشور 	<p>سیاست‌های کلی نظام در زمینه علم و فناوری</p>	<p>۴</p>

موارد و زمینه‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند	بخش مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	سند یا قانون تصویب شده	ردیف
<ul style="list-style-type: none"> ارتقاء بهره‌وری از طریق بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی افزایش رفاه اجتماعی از طریق بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی گسترش تبادل برق با کشورهای منطقه با افزایش پایایی در شبکه از طریق بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی دستیابی به دانش فنی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی 	<p>وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند</p>	<p>سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو</p>	<p>۵</p>
<ul style="list-style-type: none"> دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان تثبیت جایگاه کشور در فناوری‌های نوینی همچون فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی 	<ul style="list-style-type: none"> دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان تثبیت جایگاه کشور در فناوری‌های نوین 	<p>نقشه‌ی جامع علمی کشور</p>	<p>۶</p>
<p>دستیابی به جایگاه قابل قبول جهانی از طریق افزایش بهره‌وری به وسیله توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی</p>	<p>بخش ۲-۱- افزایش بهره‌وری: رتبه جهانی ایران در سهم بهره‌وری از رشد تولید ناخالص ملی بین ۲۰ کشور نخست باشد.</p>	<p>سند برنامه‌های راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت</p>	<p>۷</p>

۳-۱-۱۰- نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و

عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در کشورهای مختلف

همان‌طور که در بررسی چهارچوب نظری تبیین بیانیه چشم‌انداز و فرآیند منتخب تدوین چشم‌انداز اشاره شد، بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده در سایر کشورها، منبع مناسبی است که می‌توان از آن در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز استفاده کرد. در این مرحله، پس از بحث و بررسی‌های صورت گرفته به همراه تیم فنی پروژه، مدل توسعه مفهومی مبنا جهت انجام مطالعات تطبیقی در این حوزه مشخص شده است. این مدل در شکل (۳-۴) ارائه می‌شود. با جستجوی منابع اطلاعاتی بر مبنای این مدل توسعه مفهومی، و با توجه به حجم بازار فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، پراکندگی جغرافیایی و همچنین نظرات خبرگان، تعدادی از کشورها و مناطق برای بررسی انتخاب شده‌اند که عبارتند از: آمریکا، کشورهای اتحادیه اروپا، روسیه، ازبکستان، صربستان، هندوستان، چین، ژاپن، مالزی و عربستان. ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در اسناد هر یک از این کشورها در ادامه بررسی شده است.



شکل ۳-۴- مدل توسعه مفهومی مبنا جهت انجام مطالعات تطبیقی

۳-۱-۱۰-۱- بررسی چشم‌انداز صنعت برق آمریکا مطابق گزارش EIA [۵]

سازمان مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا^۱ (EIA) نهادی وابسته به دپارتمان انرژی آمریکا^۲ (DOE) است و مسئول اصلی جمع‌آوری، تحلیل و انتشار اطلاعات مربوط به انرژی جهت سیاست‌گذاری درست، بازار پربازده، اطلاع‌رسانی و فرهنگ سازی عمومی برای انرژی می‌باشد. فعالیت‌های EIA حوزه‌های مربوط به زغال سنگ، نفت، گاز، برق، انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای را دربر می‌گیرد. این سازمان در سال ۲۰۱۴، با طراحی سیستم مدل‌سازی انرژی ملی، سند چشم‌انداز بلندمدت عرضه، تقاضا و قیمت‌گذاری انرژی سالانه‌ی آمریکا در سال ۲۰۴۰ را ارائه می‌دهد. این سند که با نام AEO2014^۳ شناخته می‌شود، سند چشم‌انداز زیست که در دو دهه‌ی اخیر، سالانه در حوزه‌ی انرژی آمریکا تنظیم شده است. برخی از موارد ذکر شده در این چشم‌انداز به قرار زیر است:

- کاهش ظرفیت تولید برق توسط نیروگاه‌های زغال سنگ و هسته‌ای برای حمایت از محیط زیست
- جبران کاهش ظرفیت تولید نیروگاه‌های زغال سنگ و هسته‌ای و افزایش تولید پاک برق توسط نیروگاه‌های گازی و بخار
- تولید برق با راندمان بالا
- استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی

با توجه به چشم‌انداز متصور برای صنعت برق آمریکا در سال ۲۰۴۰، می‌توان افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و بخاری را مهمترین زمینه چشم‌اندازی صنعت برق این کشور قلمداد کرد.

1- Energy Information Administration

2- Department Of Energy

3- Annual Energy Outlook 2014

۳-۱-۱-۲- بررسی چشم‌انداز صنعت برق اروپا مطابق گزارش EUTurbines [۶]

EUTurbines نماینده مجموعه سازندگان توربین‌های گاز و بخار در اروپاست و حدود ۷۰۰۰۰ نفر کارمند در سرتاسر اروپا و گردش مالی ۲۵ میلیارد یورویی دارد. کمپانی‌های معتبری مانند SIEMENS, GE Energy, ALSTOM, DOOSAN, Solar Turbines, Rolls-Royce, MAN, Dresser-Rand, AnsaldoEnergia زیرمجموعه‌ی EUTurbines می‌باشند. این مجموعه یک برنامه منسجم برای پژوهش تا سال ۲۰۲۰ تهیه کرده است که جزئیات طرح‌های پیشنهادی لازم برای پروژه‌های نیروگاهی کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا را پوشش می‌دهد تا صنایع را قادر سازد نسل بعدی توربین‌های گاز و بخار را تا سال ۲۰۲۰ توسعه دهند. مفاهیم چشم‌انداز این پژوهش به شرح زیر است:

- صرفه جویی در مصرف انرژی، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و افزایش ذخیره سازی انرژی
- افزایش بهره‌وری و عمر صنایع نیروگاهی موجود با نگهداری، تعمیر و اصلاح برنامه بازرسی تجهیزات
- انعطاف پذیری توربین‌های گازی و بخار برای کاربرد در سیکل‌های ترکیبی و سازگار با نسل جدید تکنولوژی‌ها و سوخت‌ها

با بررسی این چشم‌انداز می‌توان زمینه‌هایی همچون کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات، افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر و افزایش راندمان را استخراج کرد.

۳-۱-۱-۳- بررسی چشم‌انداز صنعت برق روسیه مطابق گزارش Swiss Business [۷]

"تجهیزات بخش تولید نیرو در روسیه" عنوان گزارشی است که در سال ۲۰۱۱ و توسط Swiss Business شعبه‌ی مسکو گردآوری شده و در آن، بخش‌هایی از سند Energy Strategy 2030 دولت روسیه که مرتبط با حوزه‌ی تعمیر و نگهداری

نیروگاه‌ها می‌باشد را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. بر اساس این گزارش، برنامه اصلی دولت روسیه متمرکز بر چهار بخش است:

- سرمایه‌گذاری بر روی روش‌های نوین تخمین عمر باقیمانده قطعات داغ و استراتژیک و برآورد وضعیت نیروگاه‌های موجود
- تعمیر و جوانسازی نیروگاه‌های گازی و تبدیل نیروگاه‌های زغال سنگی به گازی یا سیکل ترکیبی
- احداث نیروگاه‌های گازی جدید و مدرن با بازده بالاتر و اجرای برنامه‌های پیشرفته مانتورینگ عمر اجزا و قطعات داغ این واحدها
- افزایش سهم نیروگاه‌های هسته‌ای، آبی و تجدیدپذیر و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای نیروگاه‌های زغال سنگی

توسعه فناوری‌های نوین مانتورینگ عمر و ارزیابی وضعیت قطعات داغ و همچنین تخمین عمر نیروگاه‌های حرارتی از مهمترین ویژگی‌های چشم‌انداز این سند می‌باشد.

۳-۱-۱-۴- بررسی چشم‌انداز صنعت برق ازبکستان مطابق گزارش بانک توسعه آسیایی^[۸]

بانک توسعه‌ی آسیایی در گزارشی تحت عنوان "بهبود بازده نیروگاه‌های حرارتی ازبکستان" به بررسی و ارائه‌ی پیشنهاداتی در حوزه‌ی انرژی ازبکستان پرداخته و بر مبنای آن، میزان و ضرورت اعطای وام توسط ADB به این کشور را تبیین نموده است. بر مبنای این بررسی‌ها، ازبکستان یکی از کشورهای آسیای مرکزی است که به سرعت در حال توسعه است و دولت این کشور تمایل دارد تا سال ۲۰۲۰ میزان توسعه یافتگی این کشور بالای حد میانگین باشد. تأمین برق مطمئن و پایدار، افزایش بازده و ظرفیت تولید نیرو، کاهش هزینه‌های تولید نیرو، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیروگاه‌ها و تجهیزات، توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی و کاهش فقر و کاهش میزان تولید گازهای گلخانه‌ای از زمینه‌های اصلی چشم‌انداز دولت ازبکستان می‌باشد.

۳-۱-۱-۵- بررسی چشم انداز صنعت برق صربستان مطابق گزارش صنعت برق صربستان [۹]

در سندی که در سال ۲۰۱۱ برای افق ۲۰۲۵ توسط صنعت برق دولت صربستان تحت عنوان "پروژه های راهبردی و توسعه صنعت برق صربستان" تهیه شده است، چشم اندازها و اهداف مورد نظر در حوزه های تولید نیرو در بخش انرژی، انتقال و توزیع برق به صورت زیر آمده است:

- مسئولیت پذیری در قبال رفاه جامعه
- ایجاد بازار رقابتی موفق و پر رونق در داخل
- توانایی رقابت با بازار اروپا
- پشتیبانی مطمئن برای صنایع داخلی و قابل مقایسه بودن با کمپانی های خارجی

همانطور که مشخص است، این سند چشم اندازی بیش از هر چیز دیگر حوزه افزایش عدالت اجتماعی را در بیانیه چشم انداز خود مورد توجه قرار می دهد.

۳-۱-۱-۶- بررسی چشم انداز صنعت برق هندوستان [۱۰]

نظامنامه ی "بهترین روش ها در نیروگاه های حرارتی هندوستان"، در سال ۲۰۰۵، توسط بانک ICICI-بزرگترین بانک خصوصی هندوستان، مؤسسه USAID، آژانس توسعه ی بین المللی آمریکا، سازمان ارائه ی کمک های خارجی غیرنظامی، و اتحادیه ی صنایع هندوستان، به هدف تهیه ی سندی برای رساندن نیروگاه های این کشور به کلاس جهانی و افزایش مطمئن ظرفیت تولید تا سال ۲۰۲۰ تهیه شده است. بر مبنای بررسی های انجام شده در سند مذکور، حوزه ی انرژی یکی از روبه-رشدترین بخش ها در هندوستان است که رشد اقتصادی این کشور را تأمین می کند. این رشد اقتصادی دولت هند را قادر به دستیابی به چشم اندازهای زیر خواهد نمود:

✓ افزایش تولید نیرو و در نتیجه، کاهش فاصله ی بین میزان تقاضا و تولید نیرو

✓ تولید و عرضه پایدار نیرو

✓ کاهش هزینه تولید نیرو و در نتیجه، بهبود رقابت بین صنایع هندوستان

✓ بهبود عملکرد واحدهای نیروگاهی موجود، ترمیم و جوان سازی آنها

✓ کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن جهانی کره زمین

همچنین، دولت هندوستان با اختصاص بودجه سالانه ۲۵ میلیارد دلار و عقد قرارداد با کمپانی معتبر Doosan قصد دارد تا سال ۲۰۲۰ نیروگاه‌های گازی مدرن و متعددی را جهت تأمین انرژی مورد نیاز این کشور احداث نماید. از این رو، می‌توان احداث نیروگاه‌های گازی جدید، کاهش هزینه‌های تولید نیرو و افزایش بهره‌وری را از مهمترین چشم‌اندازهای صنعت برق کشور هند برشمرد.

۳-۱-۷- بررسی چشم‌انداز صنعت برق برخی کشورهای آسیایی طبق گزارش EIA

اغلب کشورهای دنیا عضو سازمان EIA هستند. حوزه انرژی این کشورها سالانه توسط EIA رصد می‌شود و گزارشات آن که رویکردی چشم‌اندازی دارند به صورت سالانه ارائه شده و در دسترس عموم قرار می‌گیرد. در ادامه، نتایج برخی از این بررسی‌ها در کشورهای آسیایی مانند چین، ژاپن، مالزی و عربستان در جدول (۳-۳) آورده شده است.

جدول ۳-۳- بررسی چشم‌انداز شبکه برق کشورهای آسیایی

کشور	چشم‌انداز	زمینه چشم‌اندازی مستخرج
چین [۱۱]	<ul style="list-style-type: none"> - تامین برق مطمئن با تاکید بر توسعه نیروگاه‌های گازی و تجدیدپذیر و همچنین بهبود سیستم انتقال برق - افزایش بازده و کاهش ریسک از طریق اجرای برنامه‌های بازرسی و ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاه‌های جدید 	<ul style="list-style-type: none"> - مشارکت در کاهش آسیب‌رسانی به محیط زیست از طریق توسعه نیروگاه‌های گازی و بخاری به جای استفاده از نیروگاه‌های زغال‌سنگی
ژاپن [۱۲]	تغییر برنامه‌های تعمیر و نگهداری به سمت تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه نیروگاه‌های گازی	
مالزی [۱۳]	توسعه روش‌های بازرسی، تعمیر و نگهداری و ارزیابی وضعیت توربین‌ها و نیروگاه‌های گازی	<ul style="list-style-type: none"> - توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
عربستان [۱۴]	<ul style="list-style-type: none"> - تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های گازی، بازرسی اجزای توربین‌های گازی و برنامه‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی 	

۳-۱-۱۱- نتایج حاصل از بررسی نظرات خبرگان و کارشناسان [۴]

در این حوزه باید توجه داشت که دیدگاه‌های خبرگان و کارشناسان داخلی با توجه به شناخت مطلوب ایشان از وضعیت فعلی حوزه تولید انرژی، بسیار حائز اهمیت و اساسی است. مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای اعم از نشریات، مقالات، مصاحبه‌ها، سخنرانی‌ها و سایر نقل قول‌های منتشر شده، و همچنین بر مبنای صحبت‌های اخیر و نقطه نظرات کلان مسئولین و کارشناسان تخصصی حوزه مورد بحث از جمله سخنان وزیر محترم نیرو، مدیر عامل محترم شرکت توانیر، مدیر عامل محترم شرکت مپنا، مدیرعاملان برق منطقه‌ای استان‌های کردستان، سمنان و زنجان و سایر صاحب نظران، عمده نظرات خبرگان و کارشناسان در موارد زیر خلاصه می‌شود^۱.

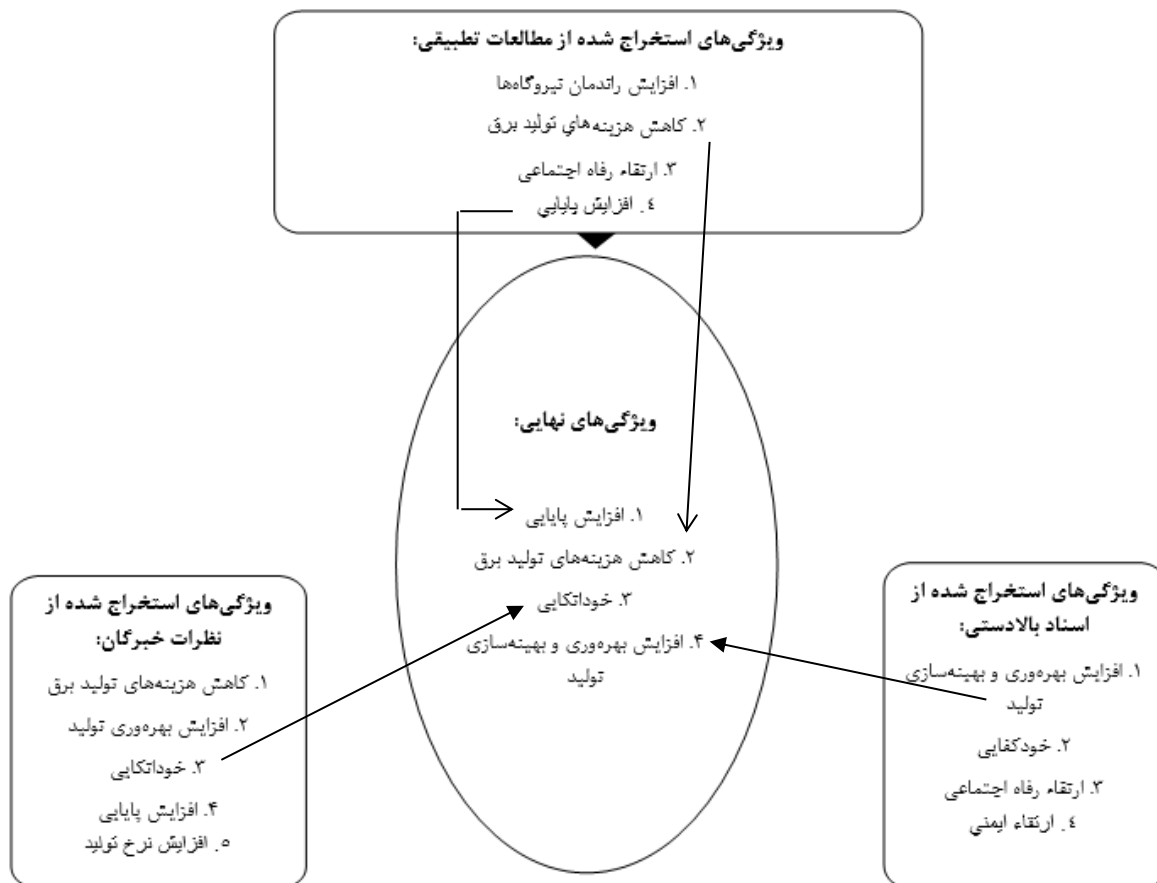
۱- منابع استخراج نظرات خبرگان، آرشیو روزنامه‌های رسالت، جام جم، صبح اقتصاد، صنعت برق و ... و خبرگزاری‌های پانا، ایسنا، مهر، پاون، فارس و ... می‌باشد.

- افزایش بهره‌وری و تولید در نیروگاه‌های تولید برق
- افزایش نرخ تولید و بهبود صادرات برق به کشورهای منطقه
- انتقال و ارتقاء دانش فنی نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های تولید برق
- صرفه‌جویی در هزینه‌های نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های تولید برق
- کاهش هزینه‌های تولید انرژی
- افزایش قابلیت تعمیرپذیری قطعات نیروگاه‌های تولید برق
- افزایش ایمنی و کاهش حوادث در کل زنجیره تولید، انتقال و توزیع نیروی برق
- خودکفایی در عرصه بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های تولید انرژی
- استفاده از فناوری‌های نوین به منظور کاهش قطعی‌های برق

۳-۱-۱۲- تبیین چارچوب بیانیه و پیش‌نویس بیانیه چشم‌انداز

پس از بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی، مطالعات تطبیقی و نظرات خبرگان، زمینه‌های مهم برای تدوین

بیانیه چشم‌انداز مشخص شد. این زمینه‌ها و روش استخراج آنها در شکل (۳-۵) آمده است:



شکل ۳-۵- زمینه‌های چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

از آنجایی که هر سند تدوین شده در کشور باید در راستای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور باشد، با جمع‌بندی زمینه‌های استخراج شده از بررسی اسناد مختلف، مشخص می‌گردد که بیانیه چشم‌انداز باید شامل مفاهیم و ارزش‌های زیر باشد:

۱. توسعه فناوری با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و کاهش وابستگی اقتصادی به سایر کشورها
۲. توسعه فناوری با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی
۳. توسعه فناوری با تأکید بر برقراری عدالت و رفاه اجتماعی
۴. توسعه فناوری با تأکید بر تربیت نیروی انسانی متخصص و استفاده از نیروی انسانی بومی

بر اساس موارد ذکر شده، بیانیه زیر به عنوان بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در کشور تبیین و اعلام گردید:

با اتکا به خداوند متعال و مجاهدت ملی، جمهوری اسلامی ایران، در افق ۱۴۰۴، در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست ساله و سیاست‌های اقتصاد مقاومتی خود، با تأکید بر خوداتکایی، ارتقای سطح رفاه اجتماعی و بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی و ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست، مشارکت در تأمین برق پایا با تأکید بر کاهش هزینه‌های تولید نیرو را از طریق کسب توانمندی در بهره‌گیری از مناسب‌ترین، به‌روزترین و کارآمدترین روش‌های تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی با حداکثر تنوع در پوشش قطعات و آلیاژها، دنبال می‌کند.

سپس، این بیانیه به همراه پرسشنامه ارزیابی چشم‌انداز (پیوست ۲) برای اعضای کمیته راهبری ارسال شد و پس از دریافت نتایج، چشم‌انداز نهایی به این شکل اصلاح گردید. ضمناً، اسامی اعضای کمیته راهبری در پیوست (۱) آورده شده است.

با اتکا به خداوند متعال، صنعت برق ایران، با تأکید بر خوداتکایی علمی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی و کارآمد، مشارکت در کاهش هزینه‌های تولید برق، استفاده بهینه از نیروگاه‌های حرارتی و تأمین برق پایا را از طریق کسب توانمندی در بهره‌گیری از مناسب‌ترین و به‌روزترین روش‌های تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی دنبال می‌کند.

۳-۱-۱۳- تعریف واژگان چشم انداز (توصیفات پسا چشم اندازی)

- خودتکایی: حالتی است که به هیچ کمک خارجی، حمایت یا تعامل برای بقاء نیاز نباشد. این امر می تواند با آموزش نیروی انسانی متخصص و توسعه فناوری ها و تجهیزات نوین به منظور بومی سازی تکنولوژی محقق شود و زمینه ساز استقلال سیاسی نیز باشد.
- برق پایا: شبکه برقی است که توانایی لازم برای تأمین نیازهای توان و انرژی الکتریکی مشترکین با در نظر گرفتن خروجی های برنامه ریزی شده و خروجی های برنامه ریزی نشده محتمل اجزای شبکه، و توانایی تحمل اغتشاشات ناگهانی را توأمأ داشته باشد. به عبارت دیگر، به شبکه برقی که توانایی تأمین برق کافی و ایمن برای مصرف کنندگان را داشته باشد، شبکه برق پایا گویند.
- هزینه های تولید برق: شامل هزینه های ثابت احداث نیروگاه ها، هزینه نگهداری و تعمیرات نیروگاه ها و تجهیزات، هزینه بهره برداری از نیروگاه ها و سایر هزینه های تحمیلی به نیروگاه های تولید برق می باشد. این دسته از هزینه ها شامل هزینه های انتقال و توزیع برق نمی شوند.
- دانش: منظور آن دسته از دانش فنی است که به وسیله آن بتوان مدت زمان مناسب برای بهره برداری از قطعات داغ نیروگاهی با آلیاژهای مختلف را تخمین زد. همچنین، می توان دانش فنی آنالیز خرابی را نیز در حوزه دانش مورد نظر قرار داد.
- مناسب ترین مدل: مدلی است کارا که در شرایط کنونی نیروگاه های کشور بیشترین و بهترین استفاده را به همراه داشته باشد و زیرساخت های کنونی کشور امکان استفاده از این مدل را فراهم می آورند.
- به روزترین مدل: مدلی است که منطبق با آخرین تغییرات دنیای تکنولوژی بوده و در کشورهای توسعه یافته در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد.

تعیین اهداف کلان توسعه فناوری ارزیابی
وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۲-۳- تعیین اهداف کلان توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۲-۱- مقدمه

در ادامه روند تدوین سند، اهداف کلان در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تعیین شده‌اند. اهداف، در برنامه‌های توسعه یک فناوری، بیانگر مقاصد و یا خواسته‌های مطلوب حاصل از توسعه فناوری می‌باشند که از طریق انجام اقدامات پیشنهادی محقق می‌شوند. اگرچه اهداف ممکن است در سطوح مختلفی قابل تعریف باشند، لیکن، در سند راهبردی لازم است صرفاً اهداف اساسی معرفی شوند. اهداف اساسی به اهدافی گفته می‌شود که بر جهت‌گیری‌های اصلی فعالیت‌های حوزه سند تأثیرگذار هستند.

۳-۲-۲- مبانی نظری تدوین اهداف کلان برنامه راهبردی [۱]

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری، در سطح کلان، به منظور شفاف‌نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت، اهداف مذکور پاسخگوی یک سؤال اساسی با عنوان "به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟" است. 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 اهداف به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام می‌دهند.

در روش‌شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه صنعت می‌باشد. در مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور^۱ به توسعه صنعت دارد. با استفاده از رویکرد ترکیبی تدوین اهداف، از یک طرف، هم‌راستایی اهداف

با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده و از طرف دیگر، تمام مسائل و مشکلات موجود در مسیر توسعه صنعت مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های اهداف مشخص می‌شوند. علاوه بر حوزه‌های هدف که بیان‌کننده ابعاد اهداف هستند، کیفیت و ویژگی‌های این اهداف نیز باید تعیین شود. به منظور تعیین حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری اهداف، به بررسی مدل‌های هدف‌گذاری پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۳- حوزه‌های اهداف تعیین شده

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 (کاپلان و نورتون^۱، ۱۹۹۶)**

- منظر مالی (سودآوری، رشد درآمد و افزایش بهره‌وری)
- منظر مشتری (تعیین مشتریان و تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- منظر فرآیندهای داخلی (روابط با تأمین‌کنندگان، تصمیم‌گیری در مورد 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 و برنامه‌های آموزش کارکنان)

- **حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رایبسون^۲ (۲۰۰۴)**

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

1- Kaplan & Norton

2- Pierce & Robinson

• حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس (۲۰۰۹)

- 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 حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

• حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی^۱ (۱۳۸۶)

- 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 (سرمايه‌گذاري در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
- روابط کارکنان
- رهبری فناورانه
- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

۱- این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۲-۴- ویژگی‌های اهداف تعیین شده [۱]

در ادبیات موضوع، علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف بیان شده است. این ویژگی‌ها که در

ادبیات موضوع با نام SMART Goals مطرح می‌شود، عبارتند از:

- S: مشخص باشد^۱ (به‌طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد).
- M: قابل اندازه‌گیری باشد^۲
- A: قابل دستیابی باشد^۳
- R: واقع‌گرایانه باشد^۴
- T: محدود به زمان باشد^۵ (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- ویژگی‌های اهداف کلان

- 1- Specific
- 2- Measurable
- 3- Achievable
- 4- Realistic
- 5- Time Bound

۳-۲-۵- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی [۱]

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 برای تدوین اهداف کلان می‌تواند به صورت دریافت ورودی از نظرات خبرگان هم‌راستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فناوری باشد. در این روش، ابتدا لازم است تا از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان توسعه صنعت 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)، با تأکید بر مولفه‌های موجود در چشم‌انداز و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد. در مجموع، می‌توان این طور بیان نمود که اهداف، ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف است.

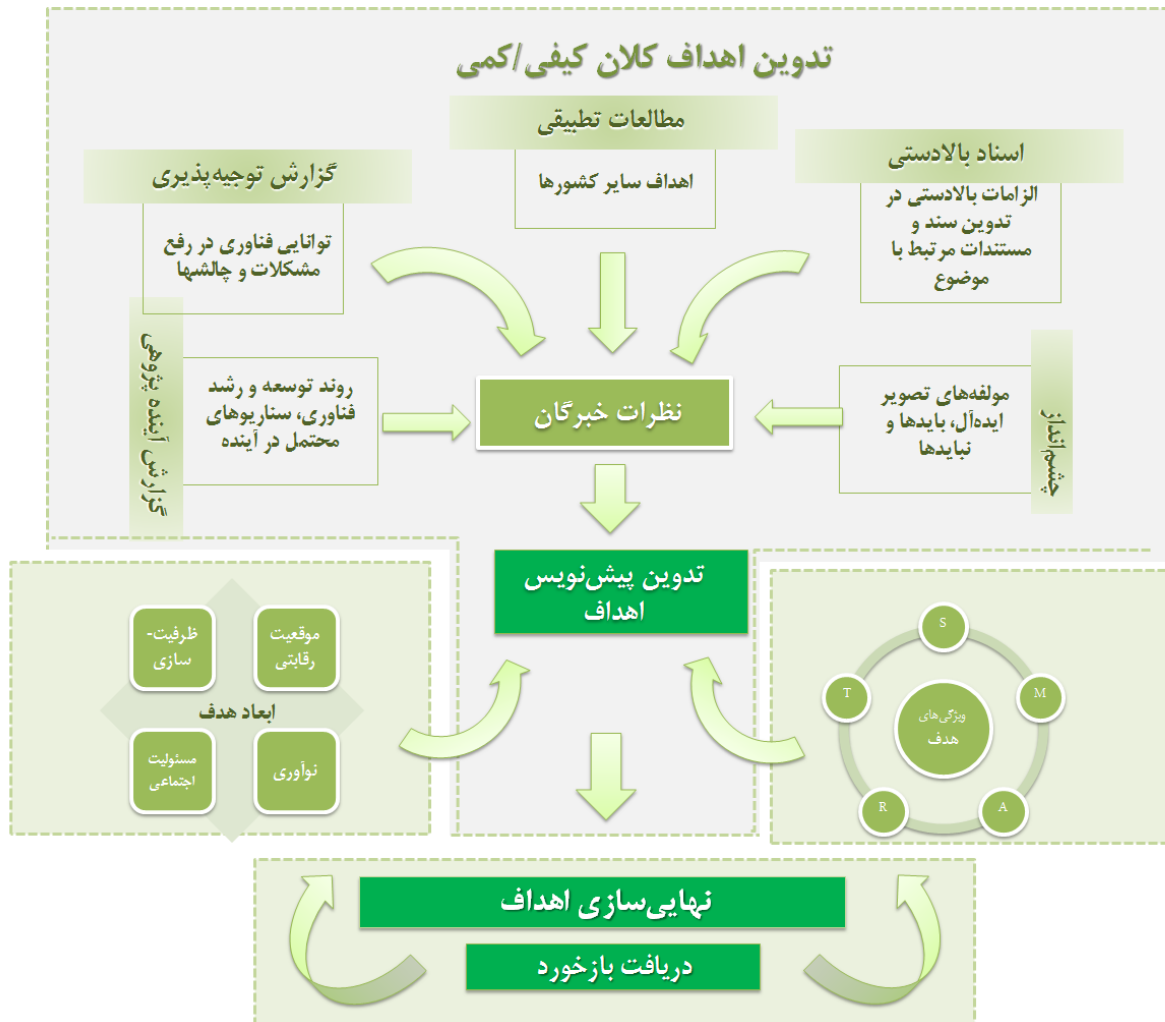
با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، لازم است تا تحلیل‌گران با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف به پالایش این نتایج بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران، نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آن‌ها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه، این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی هستند، 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.

۳-۲-۶- تایید و نهایی سازی اهداف کلان [۱]

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 خطاهای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در این بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (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. مراحل تدوین اهداف کلان، به طور خلاصه در شکل (۳-۷) به صورت گرافیکی ارائه شده است.



شکل ۳-۷- نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فناوری

۳-۲-۷- فرآیند تدوین اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

به منظور تدوین اهداف کلان توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، ابتدا باید به مرور ادبیات و مطالعه تعاریف و مفاهیم مرتبط با اهداف پرداخته شود. نتیجه مرور ادبیات و مطالعات انجام گرفته در بخش های قبلی این فصل ارائه شده است. اهم این مباحث عبارت بودند از تعریف اهداف، رابطه چشم انداز و مأموریت با اهداف، ویژگی های اهداف، حوزه های اهداف بلندمدت و ... که به صورت مفصل ارائه گشت.

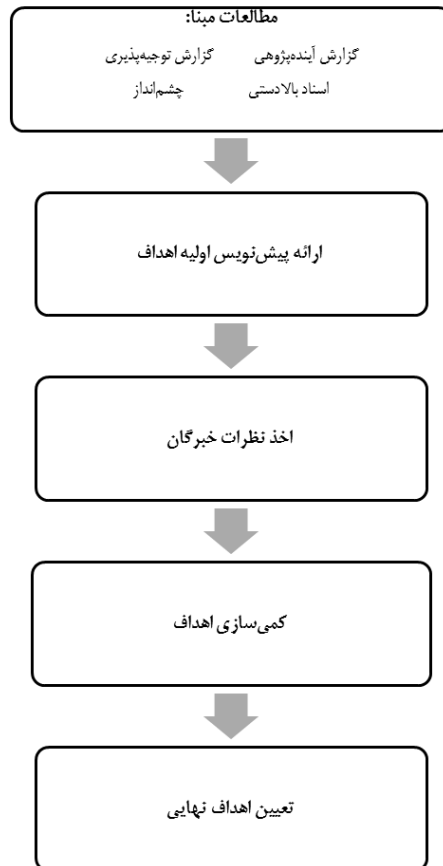
مطابق فرآیند ذکر شده در بخش‌های قبل، در این گزارش، به منظور تعیین اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از منابع مختلفی استفاده شده است، که عبارتند از:

- ۱- مطالعات تطبیقی انجام شده در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ۲- گزارش آینده‌پژوهی تهیه شده برای فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ۳- گزارش توجیه‌پذیری استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ۴- چشم‌انداز تدوین شده در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ۵- گزارش اسناد بالادستی مربوط به قطعات داغ نیروگاهی

۳-۲-۸- مراحل تدوین اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

همان گونه که در شکل (۳-۷) مشخص است، اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی کشور، باید در جهت رسیدن به چشم‌انداز و در مسیر استراتژی کلان انرژی کشور باشد و با توجه به قابلیت‌های فناوری تعیین گردند. در اینجا لازم است تفاوت بین شاخص‌های چشم‌انداز و اهداف بیان شود. شاخص‌های چشم‌انداز از یکسری عوامل کلی تشکیل شده‌اند که بازه زمانی آن بلند مدت است. در حالیکه اهداف، بازه زمانی کوتاه‌تر و نیز ابعاد و سنجه‌های جزئی‌تری نسبت به شاخص‌های چشم‌انداز دارند.

به منظور تدوین اهداف در این سند، با بررسی مطالعات مبنا شامل گزارش آینده‌پژوهی، گزارش توجیه‌پذیری، چشم‌انداز سند و اسناد بالادستی پیش‌نویس اولیه اهداف تدوین شد. سپس با اخذ نظرات خبرگان حوزه قطعات داغ نیروگاهی، به بررسی اطلاعات حاصل از این منابع پرداخته و اهداف نهایی سند مورد بحث، تعیین می‌گردد. در نهایت، پس از نهایی‌سازی اهداف و تعیین بازخوردها، اهداف کمی و کیفی با توجه به نظرات خبرگان مشخص می‌شوند. روش (متدولوژی) منتخب تدوین اهداف در شکل (۳-۸) نشان داده شده است.



شکل ۳-۸-مدل اجرایی تدوین اهداف

در ادامه، اهداف استخراج شده به عنوان نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف ارائه شده است.

۳-۲-۸-۱- نتایج حاصل از بررسی گزارش آینده‌پژوهی [۳]

علاوه بر مطالعات تطبیقی، با مطالعه گزارش‌های مربوط به آینده‌پژوهی و با توجه به رویکرد فناورانه سایر کشورها و مؤسسات، می‌توان اهداف مختلفی را پیشنهاد نمود. از سوی دیگر، در گزارش آینده‌پژوهی، فضای حاکم بر فناوری ارزیابی وضعیت قطعات در صنایع نیروگاهی اروپا و آمریکا مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، اهداف مستخرج حاصل از مطالعه فضای فناورانه این کشورها و مؤسسات می‌تواند زمینه‌های چشم‌اندازی خوبی را در اختیار ما قرار دهد. اهداف حاصل از مطالعه گزارش آینده‌پژوهی به صورت جدول (۳-۴) ارائه شده است.

جدول ۳-۴- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس

مطالعه گزارش آینده پژوهی

اهداف	مرجع استخراج اهداف
افزایش دقت و ایمنی بازرسی‌های مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ^۱	اهداف مستخرج از تحلیل فضای فناوریانه کشورها
کاهش زمان و هزینه بازرسی و ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی ^۲	
کاهش هزینه توقف‌های برنامه‌ریزی نشده نیروگاه‌ها ^۳	

۳-۲-۸-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری [۱]

یکی از پارامترهای مهم در تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مختلف، توانایی و پتانسیل بکارگیری فناوری در زمینه‌های مختلف است؛ به طوری که با فعال‌سازی و شکوفاسازی پتانسیل‌های فناوری در این حوزه‌ها بتوان به نتایج مناسبی دست یافت. قابلیت‌ها و پتانسیل‌های بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به طور مفصل در گزارش توجیه‌پذیری توسعه این فناوری‌ها بحث شده است و می‌توان گفت که گزارش توجیه‌پذیری یک منبع مناسب برای تعیین توانایی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و تعیین اهداف برای آینده می‌باشد. اهداف استنباط شده از گزارش توجیه‌پذیری، در جدول (۳-۵) آورده شده است.

۱- هدف قابل استخراج از تحلیل فضای فناوریانه مؤسسه Intertek APTECH

۲- هدف قابل استخراج از فضای فناوریانه کمپانی‌های EPRI و SIEMENS

۳- هدف قابل استخراج از تحلیل فضای فناوریانه شرکت‌های ABB و Laborelec

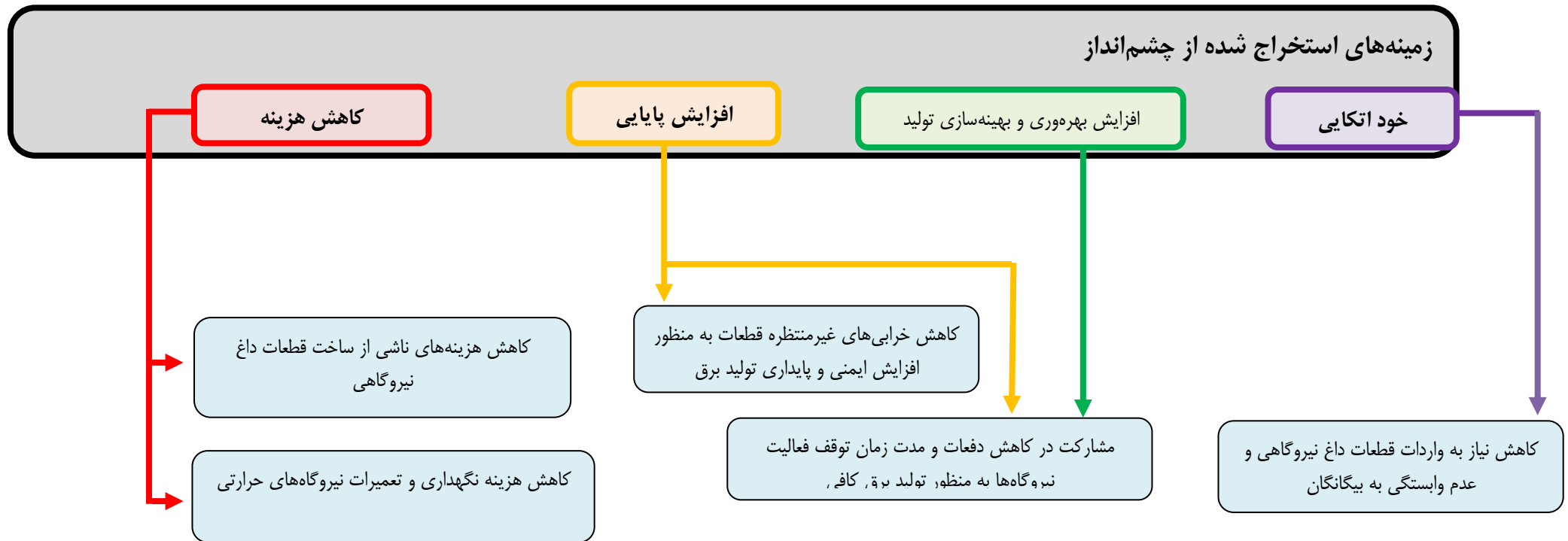
جدول ۳-۵- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس

مطالعه گزارش توجیه پذیری

اهداف	مرجع استخراج اهداف
کاهش خروج‌های اضطراری و تعویض‌های غیرضروری	گزارش توجیه‌پذیری فنی
تنظیم مناسب فواصل بازرسی، تعمیر و تعویض به منظور اصلاح و بهینه کردن شرایط بهره‌برداری و افزایش سهولت بازرسی	
افزایش ضریب آمادگی نیروگاه‌ها	
دستیابی به راهکارهای استفاده اقتصادی از قطعات و تخصیص بهتر منابع در شرایط تحریم	گزارش توجیه‌پذیری سیاسی
کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های تولید برق	گزارش توجیه‌پذیری اقتصادی
مشارکت در کاهش تخریب محیط زیست به دلیل احداث نیروگاه‌های جدید	گزارش توجیه‌پذیری زیست محیطی
مشارکت در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی حاصل از فرآیندهای ساخت قطعات داغ	

۳-۲-۸-۳- نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تدوین شده

از آنجا که در تدوین چشم‌انداز، ویژگی‌های کلی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در سال ۱۴۰۴ مورد بحث واقع شد و برخی از این ویژگی‌ها می‌بایست با تعریف و تدوین اهداف راهبردی محقق گردند، در این قسمت به استخراج اهداف از زمینه‌های چشم‌انداز خواهیم پرداخت. اهداف استخراج شده در شکل (۳-۹) آورده شده‌اند.



شکل ۳-۹- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس مطالعه چشم‌انداز تدوین شده

۳-۲-۸-۴- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همانطور که در بخش تدوین چشم‌انداز نیز اشاره گردید، با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار، اسناد بالادستی متعددی در رابطه با ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی وجود دارند. این در حالی است که در اکثر اسناد بررسی شده، سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به سیاست‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ اشاره نشده است. از این رو، برخی از مرتبط‌ترین اسناد با حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده، به منظور تعیین اهداف سند راهبردی، مورد بررسی قرار گرفته‌اند که لیست این اسناد در جدول (۳-۱) ارائه شده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط موجود در اسناد و با توجه به پتانسیل‌های موجود در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، اهداف قابل استنتاج از این قوانین تعیین شده‌اند. این اهداف در جدول (۳-۶) آورده شده‌اند.

جدول ۳-۶- اهداف تعیین شده برای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس

مطالعه اسناد بالادستی مرتبط

ردیف	سند یا قانون تصویب شده	بخش مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین اهداف باید در نظر گرفته شوند
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴	<ul style="list-style-type: none"> برخوردار از دانش پیشرفته توانا در تولید علم و فناوری متکی بر تولید ملی بهره مند از محیط زیست مطلوب دست یافته به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه‌ی آسیای جنوب غربی توسعه‌ی کارآمد 	<ul style="list-style-type: none"> ارتقاء و بومی‌سازی دانش فنی ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی کاهش احداث نیروگاه‌های جدید و کاهش آسیب‌های زیست محیطی
۲	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری	اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی	<ul style="list-style-type: none"> افزایش پایداری و بهره‌وری تولید برق کاهش زمان توقف نیروگاه‌های حرارتی تولید برق

ردیف	سند یا قانون تصویب شده	بخش مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین اهداف باید در نظر گرفته شوند
۳	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری	<ul style="list-style-type: none"> گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها ارتقاء ایمنی در فعالیت‌های صنعت برق افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف پایداری و بهبود کیفیت و کمیت خدمات آب و برق در بخش‌های مختلف مصرف 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تولید برق ایمن و کافی در شبکه برق بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی اصلاح و بهینه کردن شرایط بهره‌برداری از نیروگاه‌ها جلوگیری از خروج‌های اضطراری کاهش هزینه‌های تولید برق و ارتقاء دانش فنی ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی بهبود پیوستگی عرضه برق و کاهش خرابی قطعات
۴	سیاست‌های کلی نظام در زمینه علم و فناوری	گسترش همکاری و تعامل فعال، سازنده و الهام بخش در حوزه علم و فناوری با سایر کشورها و مراکز علمی و فنی معتبر منطقه‌ای و جهانی بویژه جهان اسلام همراه با تحکیم استقلال کشور	تلاش در جهت انتقال تکنولوژی‌های پیشرفته در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات و ارتقاء تکنولوژی‌های موجود
۵	نقشه‌ی جامع علمی کشور	دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان	تبدیل شدن به کشور پیشرو در زمینه مطالعه بر روی فناوری‌های نوین ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	سند یا قانون تصویب شده	بخش مربوط به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین اهداف باید در نظر گرفته شوند
۶	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای افزایش خودتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند	<ul style="list-style-type: none"> عدم آلودگی محیط زیست با کاهش احداث نیروگاه‌های جدید کاهش هزینه‌های تولید برق افزایش قدرت تبادل برق با کشورهای منطقه

۳-۲-۹- اهداف کلان سند راهبردی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

بر اساس نتایج حاصل از بررسی منابع ذکر شده و همچنین تحلیل معضلات و مشکلات موجود در حوزه قطعات داغ

نیروگاه‌های کشور، ۳ حوزه اصلی برای تدوین اهداف در نظر گرفته شد که عبارتند از:

۱. کاهش هزینه‌های نیروگاه‌های تولید برق

۲. افزایش پایایی تولید برق

۳. بهبود شرایط بازرسی‌ها

در ادامه، اهداف اولیه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در هر یک از حوزه‌های اهداف

به قرار زیر تدوین شدند:

• کاهش هزینه‌های نیروگاه‌های تولید برق

○ کاهش هزینه‌تأمین و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های گازی و بخاری

○ کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات قطعات داغ در نیروگاه‌های گازی و بخاری

• افزایش پایایی تولید برق

○ کاهش خروج‌های اضطراری و تعویض‌های غیرضروری در اثر ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

○ افزایش عمر و ضریب آمادگی نیروگاه‌های گازی و بخاری

• بهبود شرایط بازرسی‌ها

○ افزایش دقت و ایمنی و کاهش زمان بازرسی‌های مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات

داغ نیروگاهی

پس از بحث و گفتگو با اعضای کمیته راهبری پروژه و نظرسنجی از آنها با استفاده از پرسشنامه ارزیابی اهداف، از اعضا خواسته شد تا در مورد میزان تطابق اهداف اولیه تدوین شده، با ویژگی‌های اهداف، بیانیه چشم‌انداز و اسناد بالادستی حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی اظهار نظر کنند. همچنین، در این جلسه، از اعضای کمیته راهبری خواسته شد تا در صورتی که هدف دیگری را علاوه بر اهداف اولیه بیان شده، مناسب این پروژه می‌دانند، آنها را بیان کرده و پیشنهاد دهند. خلاصه نظرات مهم اعضای حاضر در جلسه در جدول (۳-۷) آمده است:

جدول ۳-۷- نظرات اعضای کمیته راهبری در رابطه با اهداف اولیه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

نام خیره	سمت	نظرات
مهندس سلیمانی	رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل شرکت تهران سمعاندیش	عبارت «افزایش عمر» از هدف پنجم حذف گردد و به جای عبارت «افزایش ضریب آمادگی نیروگاه» از عبارت «کاهش عدم آمادگی نیروگاه» استفاده شود.
دکتر موسوی ترشیزی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	هدف «افزایش قابلیت پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای کلیدی و با اهمیت نیروگاه‌ها» به مجموعه اهداف افزوده شود.
مهندس خطیر	سرپرست تحقیق و توسعه و متخصص پره‌های توربین نیروی هوایی جمهوری اسلامی ایران	اهداف حتما باید قابل سنجش و زمانبندی شوند.
مهندس فردنیا	کارشناس امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا - بازنشسته دفتر فنی توانیر	عبارت هدف دوم به کاهش زمان انجام تعمیرات تغییر یابد.
مهندس مهدی‌زاده	کارشناس ارشد پژوهشی گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو	عبارت «کاهش هزینه تعمیر» نیز به هدف اول افزوده شود.
مهندس فلاح	مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو	هدفی با عنوان «افزایش دقت در ارزش‌گذاری قطعات نیروگاهی جهت مشارکت در ارزش‌گذاری نیروگاه‌های حرارتی» به مجموعه اهداف اضافه شود.
مهندس ژام	رئیس مرکز شیمی و مواد پژوهشگاه نیرو	عبارت «تعویض‌های غیرضروری» از هدف سوم حذف شود و عبارت «حوادث ناشی از خرابی قطعات» جایگزین شود. از آنجا که ارزیابی وضعیت صرفاً باعث کاهش زمان بازرسی نمی‌گردد، این عبارت از هدف پنجم حذف گردد.

در نتیجه، با بررسی این نظرات، اهداف کلان توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شده‌اند. همچنین، به منظور کمی‌سازی و قابل‌اندازه‌گیری کردن اهداف کلان، هر کدام از اهداف و درصد‌های کمی مربوط به آن، در جلسه کمیته راهبری مورد بحث گذاشته شد و نظرات اعضای کمیته در مورد درصد‌های تخصیص یافته به هر هدف پرسیده شد. به این ترتیب، در طول جلسه، با کم و زیاد کردن اعداد کمی مربوط به هر هدف، طبق نظرات مختلف اعضا، سرانجام درصد‌های مورد توافق تمامی اعضا برای هر هدف بدست آمد و نتیجه بر آن شد تا از بین ۷ هدف نهایی، ۳ هدف به عنوان اهداف کمی با درصد کاهش مشخص ارائه شوند و سایر اهداف به عنوان اهداف کیفی بیان گردند. اهداف نهایی مورد قبول اعضای کمیته راهبری به قرار زیر هستند:

اهداف کمی:

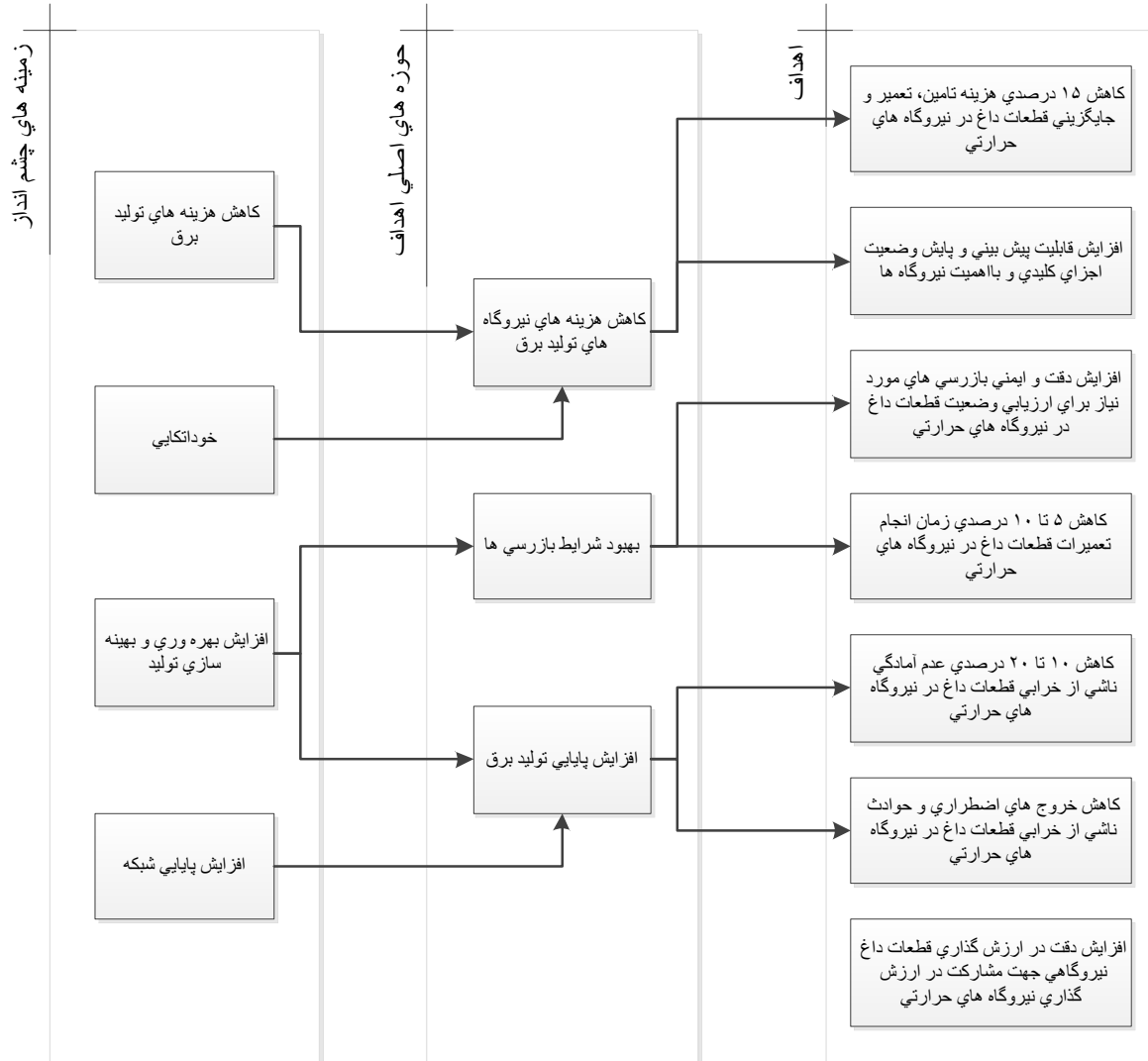
۱. کاهش ۱۵ درصدی هزینه تامین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
۲. کاهش ۵ تا ۱۰ درصدی زمان انجام تعمیرات قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
۳. کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی عدم آمادگی ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی

اهداف کیفی:

۱. کاهش خروج‌های اضطراری و حوادث ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
۲. افزایش دقت و ایمنی بازرسی‌های مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
۳. ارزش‌گذاری قطعات داغ نیروگاهی و مشارکت در ارزش‌گذاری نیروگاه‌های حرارتی
۴. افزایش قابلیت پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای کلیدی و با اهمیت نیروگاه‌ها

همچنین، نحوه ارتباط اهداف مستخرج در این سند با زمینه‌های چشم‌انداز و حوزه‌های اصلی اهداف در شکل (۳-۱۰) نشان

داده شده است.



شکل ۳-۱۰- ارتباط بین اهداف، حوزه‌های اهداف و زمینه‌های چشم‌انداز

تدوین راهبردهای توسعه فناوری ارزیابی
وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۳- تدوین راهبردهای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۳-۱- مقدمه

در گام سوم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، به تدوین راهبردها پرداخته می‌شود. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. در راستای تعیین راهبردها، باید ابتدا اولویت‌بندی قطعات و فناوری‌های مورد نظر انجام گیرد. لذا، در این بخش، ابتدا درباره اولویت‌بندی قطعات داغ نیروگاهی و فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده آنها بحث می‌شود و سپس مبانی نظری تدوین راهبردهای توسعه فناوری ارائه می‌شود. در ادامه، فرایند مورد استفاده در تدوین راهبردها مورد بحث قرار می‌گیرد و در انتها نیز راهبردها و سیاست‌های کلان شناسایی شده برای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی معین می‌گردد.

به منظور انجام این مرحله، تیم مدیریتی پس از بررسی و مطالعه مدل‌های مطرح در زمینه تدوین راهبرد و تعیین اولویت‌های توسعه، و اخذ مشاوره از اساتید فن، طی برگزاری جلسات متعدد، مدل و متدولوژی مناسبی را ارائه نمود. در متدولوژی ارائه شده برای تدوین مرحله سوم پروژه، علاوه بر تعیین چشم‌انداز و اهداف، چهار بخش دیگر نیز در نظر گرفته شده‌اند که عبارتند از:

۱. اولویت‌بندی قطعات داغ نیروگاهی بر اساس شاخص جذابیت
۲. دسته‌بندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر اساس شاخص جذابیت و توانمندی
۳. تعیین روش اکتساب فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
۴. تبیین راهبردهای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

متدولوژی منتخب به منظور اولویت‌بندی قطعات و فناوری‌ها و ارائه راهبردها در راستای تحقق چشم‌انداز و اهداف در شکل

(۳-۱۱) ارائه شده است.



شکل ۳-۱۱- متدولوژی تدوین ارکان جهت ساز توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

مراحل اول و دوم متدولوژی ارائه شده، در بخش های ۳-۱ و ۳-۲ گزارش حاضر مورد بحث واقع شده و تدوین شده است. لذا، در این مرحله از تدوین سند، به انجام مراحل سوم و چهارم، شامل اولویت بندی قطعات و فناوری های مرتبط با آنها پرداخته خواهد شد و در انتها نیز راهبردهای توسعه فناوری ارائه می شوند.

۳-۳-۲- اولویت‌بندی قطعات داغ نیروگاهی بر اساس شاخص جذابیت

در این مرحله تصمیم گرفته شد تا قطعاتی که در مرحله دوم این پروژه با عنوان قطعات داغ نیروگاهی شناسایی شده بودند، بر اساس نظرسنجی از خبرگان این حوزه اولویت‌بندی شوند. این نظرسنجی براساس پرسشنامه‌ای شامل سوالات مربوط به ارزیابی جذابیت قطعات انجام گرفت. لذا، در اینجا لازم است تا توضیحاتی به صورت خلاصه در رابطه با معیار جذابیت ارائه شود.

جذابیت به عنوان منافع بالقوه و توانایی در جذب منابع تعریف شده است. معیار جذابیت، بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌هایی است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در تحقیقات آینده‌نگاری تکنولوژیک در سطح ملی کشور چک، جذابیت به چهار حوزه اصلی اهمیت اقتصادی، اهمیت اجتماعی، اهمیت زیست‌محیطی و فرصت‌های تحقیقاتی و تکنولوژیک تقسیم شده است و با توجه به این تعاریف، مجموعه‌ای از معیارهای جذابیت تعیین شده‌اند. این معیارها بایستی از طرفی بیانگر جذابیت قطعه مربوطه بوده و از طرف دیگر به گونه‌ای انتخاب شوند که بتوانند در مجموع، تمایزی میان قطعات مختلف ایجاد کنند. به عنوان مثال‌هایی از معیارهای جذابیت می‌توان به این موارد اشاره نمود:

- تنوع کاربرد یک قطعه در سایر نیروگاهها
- هزینه‌های به کارگیری یک قطعه
- هزینه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت یک قطعه
- میزان منافع اقتصادی حاصل از دستیابی به تکنولوژی تخمین عمر یک قطعه

به منظور ارزیابی قطعات داغ نیروگاهی، شاخص‌های ارزیابی، مطابق با اهداف ارائه شده در بخش قبل تدوین شده و پس از تأیید مهندس فلاح (مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو) و مهندس ژام (رئیس مرکز شیمی و مواد پژوهشگاه نیرو) در پرسشنامه‌ای گنجانده شده است. این پرسشنامه‌ها، که نمونه‌ی آنها در پیوست (۴) ارائه شده است، به منظور ارزیابی جذابیت

قطعات برای خبرگان این حوزه ارسال گردیده است. در موارد لازم نیز مصاحبه‌هایی ترتیب داده شد تا پرسشنامه‌ها به صورت دقیق‌تری کامل شوند.

نتایج حاصل از این پرسشنامه‌ها، در مجموع، مشخص‌کننده میزان جذابیت هر قطعه داغ نیروگاهی خواهد بود. اعداد حاصل از این روش، تحلیل شده و در نهایت، وزن مورد نظر برای هر قطعه را بدست می‌دهد که موجب اولویت‌بندی قطعات می‌شود. در ادامه این بخش، روند انجام کار توضیح داده شده است.

۳-۳-۱- شاخص‌های ارزیابی جذابیت قطعات

جذابیت یک قطعه به ویژگی‌ها و کاربرد آن قطعه در مقایسه با سایر قطعات بر می‌گردد. بدین صورت که، تعیین موقعیت نسبی کاربرد یک قطعه از سوی متخصصان، میزان جذابیت آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه‌گیری جذابیت یک قطعه ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی کرد. از این رو، در این پروژه، برای تعیین شاخص‌های مرتبط، ابتدا مجموعه‌ای از شاخص‌های موجود در ادبیات موضوع شناسایی شد. سپس، با برگزاری جلسات متعدد مدیریتی و پس از بررسی به عمل آمده توسط کارشناسان تیم فنی پروژه، برخی از این شاخص‌ها به تأیید رسیدند. اکثر شاخص‌های تعیین شده به منظور ارزیابی جذابیت قطعات، بر مبنای برآورده کردن اولین هدف کمی تعیین شده برای پروژه، یعنی کاهش هزینه‌های تأمین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی تعیین شده‌اند. دلیل این امر نیز تأثیر مستقیم نوع قطعات بر افزایش هزینه‌های مرتبط با آنها بوده است. شاخص‌های ارائه شده در راستای ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها، بر ارزیابی میزان تحقق سایر اهداف تأکید بیشتری خواهند داشت. شاخص‌های ارزیابی جذابیت قطعات در ادامه شرح داده شده‌اند:

۷- شاخص اول: میزان کاهش هزینه در صورت دستیابی به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده

قطعه: این معیار که یکی از معیارهای ارزیابی اقتصادی می‌باشد، به بررسی میزان صرفه‌جویی مالی ناشی از توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعه مورد نظر می‌پردازد و سعی در برآورده‌سازی اولین هدف کمی تعیین شده برای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی دارد. طبیعی است که هرچه این صرفه‌جویی بیشتر باشد، قطعه از جذابیت بیشتری برخوردار خواهد بود. یکی از عوامل دیگری که می‌تواند در این هزینه تأثیرگذار باشد، شرایط سیاسی کشور

و موضوع تحریم است. به بیان دیگر، سطح دسترسی به یک قطعه و امکان تعویض آن، عاملی است که می‌تواند اهمیت یک قطعه برای ارزیابی وضعیت را تحت تأثیر قرار دهد.

✓ شاخص دوم: میزان استفاده از قطعه در مقایسه با سایر قطعات: میزان تقاضا برای یک قطعه از دیگر

پارامترهایی است که می‌تواند در محاسبه میزان جذابیت قطعات لحاظ گردد. این شاخص نیز به طور غیرمستقیم به اولین هدف کمی تعیین شده مرتبط است؛ به این صورت که هر چه میزان تقاضای قطعه بیشتر باشد، به همان میزان تأثیر ارزیابی وضعیت آن قطعه در کاهش هزینه‌ها نیز بیشتر خواهد بود. به بیان دیگر، هر چه میزان تقاضا برای یک قطعه بیشتر باشد، به همان میزان نیز از جذابیت بالاتری برخوردار خواهد بود. همچنین، امکان بکارگیری قطعه در سایر حوزه‌ها یکی دیگر از معیارهای جذابیت می‌باشد که به معنای گستردگی کاربرد یک قطعه یا تجهیز است. اگر یک قطعه بتواند در سایر کاربردها نیز مورد استفاده قرار گیرد، این خود مصداقی از گستردگی کاربرد بوده و جذابیت را افزایش می‌دهد. در اینجا هر دو معیار میزان تقاضا و گستردگی کاربرد قطعه را با عنوان میزان استفاده از قطعه مطرح کرده‌ایم.

✓ شاخص سوم: میزان فوریت دستیابی به فناوری ارزیابی وضعیت قطعه: این شاخص به دنبال شناسایی میزان

فوریت توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعه برای کشور در راستای کاهش خروج‌های اضطراری، عدم آمادگی و حوادث ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی است. به این صورت که هر چه فوریت دستیابی به فناوری ارزیابی وضعیت قطعه بیشتر باشد، جذابیت آن قطعه بیشتر خواهد بود.

✓ شاخص چهارم: نرخ رشد کاربرد قطعه: هدف از این معیار، بررسی میزان افزایش کاربرد یک قطعه یا تجهیز در طول

زمان است تا اگر بکارگیری آن قطعه دارای نرخ رشد بالایی بود، این پارامتر نیز در محاسبه میزان جذابیت لحاظ گردد. همچنین، اگر کاربرد یک قطعه یا تجهیزات شامل آن قطعه در حال افول باشد، اولویت قطعه دچار نزول می‌شود. این شاخص نیز همچون شاخص میزان کاربرد قطعه، به کاهش هزینه‌های تأمین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی مرتبط است.

✓ شاخص پنجم: میزان سرعت تخریب (احتمال وقوع خرابی) قطعه: هر چقدر که سرعت خرابی قطعه بیشتر

باشد، در نتیجه نیاز به جایگزینی آن قطعه و میزان استفاده از آن بیشتر خواهد بود. لذا، سرعت تخریب قطعه نیز می‌تواند

معیار مهمی در بررسی جذابیت قطعات باشد. هر چقدر که قطعه سریعتر خراب شود، جذابیت آن برای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده بیشتر است. این شاخص نیز در دستیابی به هدف کاهش هزینه‌های تأمین، تعمیر و جایگزینی قطعه مؤثر است.

✓ **شاخص ششم: قیمت تمام شده ساخت قطعه:** هر چه قیمت ساخت قطعه بیشتر باشد، به همان میزان کاهش تعداد قطعات ساخته شده از آن قطعه نیز مهمتر تلقی می‌شود. در نتیجه، قطعات دارای هزینه ساخت بالاتر، جذابیت بیشتری خواهند داشت. زیرا، ارزیابی وضعیت قطعات می‌تواند موجب افزایش استفاده از عمر مفید آنها و در نتیجه کاهش ساخت آنها گردد. این شاخص نیز با تحقق اولین هدف کمی پروژه ارتباط دارد.

مجدداً لازم به ذکر است که، معیارهای جذابیت قطعات بسیار متنوع هستند. به همین دلیل، در هر موضوعی، انتخاب معیارهای مناسب بسیار ضروری و اجتناب ناپذیر است. در پروژه تدوین سند راهبردی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی نیز معیارهای فوق‌الذکر به عنوان معیارهای جذابیت در بخش قطعات شناسایی شدند. همانگونه که پیش‌تر اشاره شد، بنا بر نظر تیم مدیریتی، به منظور اولویت‌بندی قطعات، بحث توانمندی مطرح نمی‌باشد؛ زیرا معیار توانمندی در رابطه با قطعات داغ، وابسته به فرآیند ساخت آنها می‌باشد که در محدوده مطالعات پروژه ارزیابی وضعیت قطعات داغ قرار نمی‌گیرد. لیکن، معیار توانمندی در دسته‌بندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی مطرح می‌شود.

۳-۳-۲-۲-۲- پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات

پس از بررسی معیارهای جذابیت، اکنون به بررسی روش ارزیابی این معیارها پرداخته می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی وجود دارد (از روش‌های ریاضی محض گرفته تا روش‌های کاملاً کیفی همچون پنل خبرگان) که روش منتخب در این قسمت استفاده از نظر کارشناسان از طریق ارسال پرسشنامه است. پرسشنامه طراحی شده حاصل ساعت‌ها کار کارشناسان تیم فنی و مدیریتی پروژه بوده و سعی شده است تا حد ممکن گویا و موجز باشد تا برای فرد پاسخ‌دهنده خسته‌کننده نباشد. از طرفی، سعی شده است سوالات به نحوی طراحی شوند که پاسخ‌های آنها توانایی تفکیک جذابیت قطعات داغ نیروگاهی را داشته باشند و از سوالات با پاسخ‌های مشترک یا بسیار شبیه هم برای قطعات مختلف خودداری شود. این پرسشنامه شامل ۶ سوال است که مبتنی بر ۶ شاخص جذابیت معرفی شده در بخش قبل می‌باشد. همچنین، در پرسشنامه، ستونی طراحی شد تا هر متخصص میزان آشنایی خود را با هر یک از قطعات مورد نظر مشخص نماید. اعداد بین ۱ تا ۱۰ برای این ستون پیشنهاد شدند؛

عدد ۱ به معنای عدم آشنایی با قطعه و عدد ۱۰ به منزله آشنایی کامل با قطعه مورد نظر است. به علاوه، برای جلوگیری از ایجاد سوگیری در نتایج، سطری به منظور جمع‌آوری نظرات متخصصین در خصوص میزان اهمیت هر یک از سؤالات در اولویت‌بندی قطعات در پرسشنامه گنجانده شد. این امر کارشناسان را در تحلیل دقیقتر نتایج یاری می‌دهد. برای پر کردن این پرسشنامه، پیشنهاد شد که هر سوال راجع به تمام قطعات پاسخ داده شود. به عبارتی، پاسخنامه به صورت ستونی پر شود. مزیت این کار انجام مقایسه ضمنی میان پاسخ‌ها در هر سوال برای قطعات مختلف است که خود به افزایش دقت پاسخ‌ها کمک می‌کند. نحوه پاسخگویی به سؤالات نیز به این ترتیب است که از پاسخ‌دهنده خواسته می‌شود تا براساس طیف لیکرت ۱۰ نقطه‌ای، عددی بین ۱ تا ۱۰ را در محل مربوط به هر یک از قطعات وارد می‌کند. نمونه‌ای از این پرسشنامه در پیوست (۴) آورده شده است.

۳-۳-۲-۳- تعیین اولویت قطعات (نتایج پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات)

پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات در مجموع برای ۱۴ نفر از خبرگان حوزه قطعات داغ نیروگاهی در شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف ارسال شد که ۱۰ نفر از این خبرگان پرسشنامه را تکمیل نمودند. اسامی این افراد به قرار زیر است:

۱. مهندس سلیمانی (رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل شرکت تهران سمع اندیش)
۲. دکتر موسوی ترشیزی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور)
۳. مهندس نمازی (رئیس گروه نظارت بر بهره‌برداری شرکت توانیر)
۴. مهندس خطیر (سرپرست تحقیق و توسعه و متخصص پره‌های توربین نیروی هوایی جمهوری اسلامی ایران)
۵. مهندس قییم (مدیر امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا)
۶. مهندس فلاح (مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو)
۷. دکتر رحمانی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور)
۸. مهندس چراغزاده (معاونت مهندسی شرکت مهندسی موادکاران)
۹. دکتر پورسعیدی (عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان)
۱۰. مهندس مهدی‌زاده (کارشناس ارشد پژوهشی گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو)

پس از دریافت پرسشنامه‌ها نتایج وارد نرم‌افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای اولویت‌بندی انجام شد. لیکن، قبل از بیان نتایج ذکر چند نکته در مورد نحوه جمع‌بندی نتایج ضروری است:

۱- به منظور ارزیابی جامعی از وضعیت جذابیت قطعات داغ نیروگاهی، بانک اطلاعاتی مختصری از افراد صاحب‌نظر و متخصص موضوع تشکیل گردید. با توجه به اینکه میزان خبرگی هر یک از این افراد در ابعاد مختلف موضوع متفاوت بود، ضروری بود این افراد ضمن مشارکت در فرآیند ارزیابی، نظراتشان بر اساس سطح خبرگی و دانش تخصصی‌شان در مورد موضوع لحاظ گردد.

۲- پس از جمع‌آوری نتایج بررسی و پالایش اولیه پرسشنامه‌های دریافتی، سوالاتی که بدون پاسخ بودند، در جمع‌بندی نتایج در نظر گرفته نشدند.

۳- با توجه به تفاوت سطوح دانشی افراد و اطلاع ایشان از قطعات، لازم است که به نظرات هر متخصص، وزنی تخصیص یابد. ولی ممکن است که یک فرد در یک قطعه، تخصص کافی داشته و در قطعه دیگر تخصص کافی نداشته باشد. راه حل این کار، در نظر گرفتن ستون میزان آشنایی فرد با آن قطعه بود. لذا، از این ستون به عنوان وزن نظرات متخصص در هر قطعه استفاده شد.

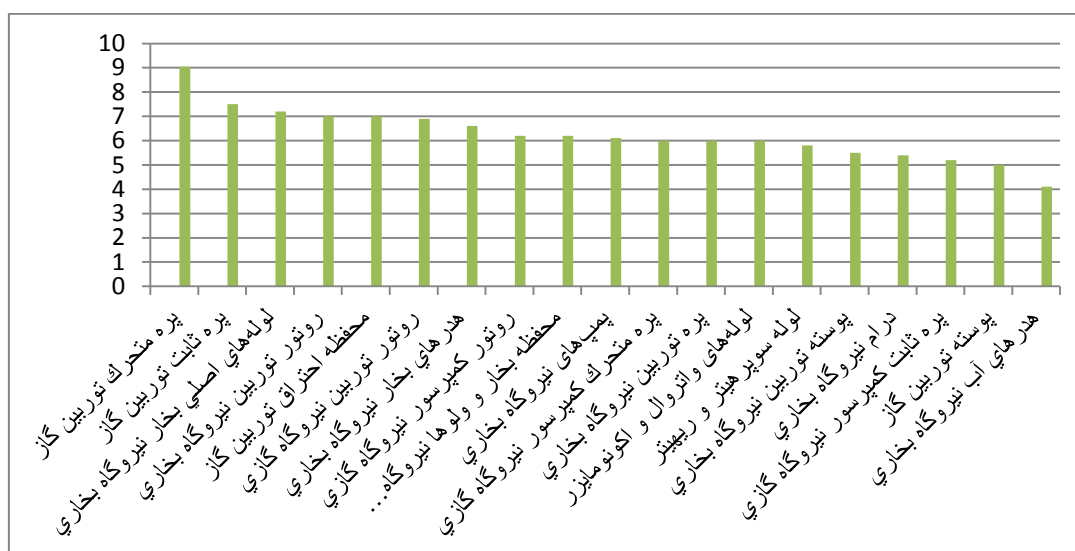
۴- به منظور جمع‌بندی نظرات، علاوه بر به دست آوردن وزن نظرات افراد، لازم است که وزن هر سوال و نسبت اهمیت هر سوال به مابقی سوالات به دست آید. به همین منظور سطری برای وزن‌دهی به سوالات در پاسخنامه در نظر گرفته شد. وزن سوالات عددی بین ۱ تا ۱۰ می‌باشد.

۵- با توجه به این که پاسخ تمام سوالات اعدادی بین ۱ تا ۱۰ داشته است، در جمع‌بندی نهایی نیز عدد حاصله بین ۱ تا ۱۰ نرمال شده است. برای این منظور، عدد به دست آمده از مجموع نظرات بر مجموع میزان آشنایی‌های افراد در هر کاربرد تقسیم شده است تا عدد حاصل بین ۱ تا ۱۰ واقع شود. با رعایت موارد بالا، نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه‌های ارزیابی جذابیت قطعات در جدول (۳-۸) نمایش داده شده است.

جدول ۳-۸- جمع‌بندی نتایج پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات

جذابیت	قطعه	جذابیت	قطعه
۶	پره متحرک کمپرسور نیروگاه گازی	۹/۰۵	پره متحرک توربین گاز
۶	پره توربین نیروگاه بخاری	۷/۵	پره ثابت توربین گاز
۶	لوله‌های واتروال و اکونومایزر	۷/۲	لوله‌های اصلی بخار نیروگاه بخاری
۵/۸	لوله سوپرهیتر و ریپیتور	۷	روتور توربین نیروگاه بخاری
۵/۵	پوسته توربین نیروگاه بخاری	۷	محفظه احتراق توربین گاز
۵/۴	درام نیروگاه بخاری	۶/۹	روتور توربین نیروگاه گازی
۵/۲	پره ثابت کمپرسور نیروگاه گازی	۶/۶	هدرهای بخار نیروگاه بخاری
۵	پوسته توربین گاز	۶/۲	روتور کمپرسور نیروگاه گازی
۴/۱	هدرهای آب نیروگاه بخاری	۶/۲	محفظه بخار و ولوها نیروگاه بخاری
		۶/۱	پمپ‌های نیروگاه بخاری

همچنین، نمودار مرتب شده نزولی بر اساس میزان جذابیت قطعات به صورت شکل (۳-۱۲) می‌باشد:



شکل ۳-۱۲- جمع‌بندی نتایج مرتب شده بصورت نزولی براساس جذابیت

۳-۳-۳- دسته‌بندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بر

اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی

پس از اولویت‌بندی قطعات داغ، در این گام، به منظور اولویت‌بندی فناوری‌های شناسایی شده برای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات، آن‌ها را بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی می‌کنیم. همانطور که گفته شد، شاخص جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌هایی است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، شاخص توانمندی به دنبال ارزیابی قابلیت‌ها و زیرساخت‌های موجود به منظور برگزیدن هر یک از گزینه‌هاست. بدین منظور، ابتدا شاخص‌های جذابیت و توانمندی فناوری‌های شناسایی شده توسط تیم پروژه مشخص شد و سپس پرسشنامه‌ای برای ارزیابی این شاخص‌ها طراحی گردید. این پرسشنامه‌ها که نمونه‌ای از آنها در پیوست (۵) آورده شده است، برای خبرگان و متخصصان حوزه‌ی ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ ارسال شد و جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها میزان جذابیت و توانمندی هر یک از فناوری‌ها را مشخص کرد. نتایج به دست آمده وارد ماتریس جذابیت-توانمندی شدند و جایگاه هر فناوری مشخص گردید. در ادامه، روند اولویت‌بندی فناوری‌ها به تفصیل توضیح داده شده است.

۳-۳-۳-۱- شاخص‌های ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها

برای اندازه‌گیری جذابیت و توانمندی توسعه یک فناوری ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی کرد. بدین منظور، ابتدا مجموعه‌ای از شاخص‌های موجود در ادبیات شناسایی شد و پس از بررسی کارشناسان و خبرگان، شاخص‌های مناسب پروژه مورد تایید قرار گرفت. شاخص‌های تعیین شده برای ارزیابی جذابیت عبارتند از:

✓ شاخص اول: میزان نیاز کشور در دستیابی به فناوری: این شاخص میزان تقاضا برای استفاده از فناوری و میزان

فوریت نیاز به فناوری را به صورت توأمان نشان می‌دهد. در واقع، در اینجا هر دو شاخص فوریت نیاز به استفاده و میزان تقاضا برای استفاده از فناوری را می‌توان در قالب شاخصی تحت عنوان میزان نیاز به فناوری گنجانده. مشخص است که هر چه این شاخص بزرگتر باشد، جذابیت فناوری بیشتر است. استفاده از این شاخص‌ها در راستای ارزیابی میزان تأثیر فناوری‌ها در کاهش خروج‌های اضطراری و حوادث ناشی از قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی تعیین شده‌اند.

✓ شاخص دوم: هزینه دستیابی به دانش فنی و یا بومی سازی فناوری: این شاخص همچون شاخص قیمت تمام

شده قطعه، یکی از معیارهای ارزیابی اقتصادی می باشد که به بررسی هزینه مورد نیاز تحقیق و توسعه در زمینه فناوری مورد نظر می پردازد و ارزیابی میزان تأثیر فناوری بر اولین هدف کمی تعیین شده برای سند را بر عهده دارد. هر فناوری در جایگاه متفاوتی در چرخه عمر قرارداد و بسته به میزان پیچیدگی فناوری مورد نظر، نیازمند هزینه ای است تا با پیشرفت در امر تحقیقات این فناوری، در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. طبیعی است که هرچه این هزینه کمتر باشد، از جذابیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

✓ شاخص سوم: میزان کاهش هزینه های بهره برداری در نتیجه استفاده از این فناوری: این شاخص همانند

شاخص اول معرفی شده برای ارزیابی جذابیت قطعات می باشد و ناظر بر تحقق اولین هدف کمی سند می باشد.

✓ شاخص چهارم: میزان اهمیت توسعه این فناوری در تامین برق مطمئن و کافی: این شاخص به بررسی

پتانسیل موجود در فناوری به منظور رفع برخی مشکلات از قبیل کاهش خروجی های اضطراری و تعویض های غیرضروری و همچنین کاهش عدم آمادگی ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه های حرارتی می پردازد. لذا، ارزیابی میزان تحقق سومین هدف کمی سند نیز با استفاده از شاخص حاضر قابل انجام است.

✓ شاخص پنجم: امکان استفاده از این فناوری برای تخمین عمر و تعیین زمان بازنشستگی نیروگاه ها:

شاخص مورد بحث یک شاخص کاملاً فنی می باشد که بیانگر میزان مشارکت فناوری مورد نظر در تعیین عمر باقیمانده نیروگاه ها است و به منظور ارزیابی میزان تحقق سومین هدف کیفی پروژه یعنی ارزش گذاری قطعات داغ نیروگاهی و مشارکت در ارزش گذاری نیروگاه های حرارتی مورد استفاده قرار می گیرد.

✓ شاخص ششم: امکان استفاده از فناوری در قیمت گذاری نیروگاه ها: این شاخص نیز یک شاخص کاملاً فنی

می باشد که بیانگر میزان مشارکت فناوری مورد نظر در تعیین قیمت نیروگاه ها است. مشخص است که این شاخص به ارزیابی دومین و سومین هدف کیفی سند می پردازد.

همچنین شاخص های ارزیابی توانمندی به شرح زیر هستند:

✓ **شاخص اول: وضعیت دانش فنی و زیرساخت موجود برای توسعه فناوری:** وضعیت مستندات و یا دانش فنی موجود در کشور، اولین معیار تعیین میزان توانمندی در نظر گرفته شده است. طبیعی است هرچه دانش فنی بیشتری موجود یا در دسترس باشد، توانمندی بالا می‌رود. دانش فنی در قالب مستندات موجود، مقالات و دانش‌های ثبت شده و ثبت نشده نیز مطرح می‌شود و از مقوله زیرساخت‌های تکنولوژی به شمار می‌آید. زیرساخت‌ها نیز به دو دسته زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری تقسیم می‌شوند. منظور از زیرساخت‌های نرم‌افزاری، نرم‌افزارهای مورد نیاز جهت اجرای فناوری است. طبیعی است که هرچه میزان امکانات نرم‌افزاری بیشتر فراهم می‌شود، امکان توسعه بیشتر و سریع‌تر در آن زمینه به وجود می‌آید. در بحث زیرساخت‌های سخت‌افزاری نیز، وضعیت تجهیزات و آزمایشگاه‌های موجود در کشور، اصلی‌ترین شاخص می‌باشد. طبیعی است که هرچه میزان امکانات سخت‌افزاری نیز بیشتر گردد، توانمندی تسریع و توسعه فناوری افزایش می‌یابد. شاخص حاضر بر ارزیابی میزان آمادگی صنعت برای تحقق تمامی اهداف مذکور در سند تأکید دارد و نشانگر ارزیابی هدف منفردی نیست.

✓ **شاخص دوم: میزان توانمندی مجریان داخلی برای توسعه فناوری:** این معیار یکی از اساسی‌ترین فاکتورهای توانمندی است. در صورت وجود مجریان توانمند، امکان تحقیق و توسعه در زمینه این تکنولوژی بیشتر فراهم می‌گردد. توانمندی مجریان به معنای داشتن دانش و همچنین تجربه کافی است. قطعاً بدون در اختیار داشتن مجریان کارآمد، نمی‌توان به یک تکنولوژی از طرق داخلی و درون‌زا دست یافت. این شاخص نیز همچون دیگر شاخص ارزیابی توانمندی ناظر بر میزان آمادگی صنعت برای تحقق تمامی اهداف است.

۳-۳-۲- پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها

پرسشنامه تهیه شده برای ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها شامل ۸ سوال است که مبتنی بر ۶ شاخص جذابیت و ۲ شاخص توانمندی معرفی شده در بخش قبل است. در این پرسشنامه نیز برای جلوگیری از ایجاد سوگیری در نتایج، قسمتی به منظور جمع‌آوری نظرات متخصصین در خصوص میزان اهمیت هر یک از سؤالات در دسته‌بندی فناوری‌ها در پرسشنامه گنجانده شد. این امر کارشناسان را در تحلیل دقیقتر نتایج یاری می‌دهد. با توجه به وابستگی شدید جذابیت و توانمندی فناوری‌های مختلف ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده به تجهیزاتی که فناوری در آن به کارگرفته می‌شود، پرسشنامه‌های تهیه

شده به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی این فناوری‌ها به شکل ماتریسی طراحی گردید. به این صورت که در هر صفحه یک سوال برای ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها گنجانده شد و برای پاسخگویی به سوالات، جدول پاسخ به آن سوال، به صورت ماتریسی در همان صفحه قرار داده شد. جدول پاسخ به این صورت است که سطرهای جدول نشان‌دهنده ۳ نوع روش مخرب، غیرمخرب و محاسباتی بوده و ستون‌های جدول بیانگر انواع قطعات داغ نیروگاهی می‌باشند. مزیت این کار انجام مقایسه ضمنی میان پاسخ‌های مربوط به هر فناوری برای قطعات مختلف است که خود به افزایش دقت پاسخ‌ها کمک می‌کند. همچنین، برخی از روش‌ها که در برخی قطعات قابل اجرا نبوده و یا کاربرد ندارند، از نتایج تحلیل حذف شده‌اند. نحوه پاسخگویی به سوالات نیز به این ترتیب است که از پاسخ‌دهنده خواسته می‌شود تا براساس طیف لیکرت ۱۰ نقطه‌ای، عددی بین ۱ تا ۱۰ را در محل مربوط به هر یک از قطعات وارد می‌کند. همچنین، در انتهای پرسشنامه‌ها نیز از خبرگان درخواست گردید که چنانچه سوالاتی را به منظور ارزیابی جذابیت و یا توانمندی فناوری‌ها در ذهن خود دارند که در پرسشنامه به آن اشاره نشده است، سوالات را در صفحات اختصاص یافته به این امر وارد کرده و فناوری‌ها را برای آن سوالات امتیازدهی کنند. نمونه‌ای از این پرسشنامه در پیوست (۵) آورده شده است.

۳-۳-۳-۳- نتایج ارزیابی پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی در مجموع برای حدود ۵۰ نفر از خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی در شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف ارسال شد. مبنای انتخاب این خبرگان نیز بر پایه‌ی ۳ معیار زیر بوده است:

- شرکت و یا سازمانی که شخص خبره در آن فعالیت دارد (سازمان‌هایی از قبیل وزارت نیرو، توانیر، برق‌های منطقه‌ای، نیروگاه‌ها و شرکت‌هایی از قبیل قطعات توربین شهریار، موادکاران، پرتو و ... اولویت انتخاب داشته‌اند).
- حوزه تخصصی و یا رشته دانشگاهی شخص خبره (افراد شاغل در نیروگاه‌های حرارتی و یا فارغ‌التحصیل رشته مهندسی مکانیک و مهندسی مواد در اولویت انتخاب بوده‌اند).
- میزان تجربه در حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی

۲۲ نفر از این خبرگان پرسشنامه را تکمیل نمودند که اسامی آنها به شرح زیر است:

۱. مهندس سلیمانی (رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل شرکت تهران سمع اندیش)
۲. دکتر موسوی ترشیزی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور)

۳. مهندس نمازی (رئیس گروه نظارت بر بهره‌برداری شرکت توانیر)
 ۴. مهندس خطیر (سرپرست تحقیق و توسعه و متخصص پره‌های توربین نیروی هوایی جمهوری اسلامی ایران)
 ۵. مهندس ژام (رئیس مرکز شیمی و مواد پژوهشگاه نیرو)
 ۶. مهندس فلاح (مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو)
 ۷. دکتر رحمانی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور)
 ۸. مهندس چراغزاده (معاونت مهندسی شرکت مهندسی موادکاران)
 ۹. دکتر پورسعیدی (عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان)
 ۱۰. مهندس مهدی‌زاده (کارشناس ارشد پژوهشی گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو)
 ۱۱. مهندس قیم (مدیر امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا)
 ۱۲. مهندس فردنیا (کارشناس امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا - بازنشسته دفتر فنی توانیر)
 ۱۳. مهندس کلاگر (مدیر پروژه شرکت مهندسی موادکاران)
 ۱۴. مهندس طاهرسیما (رئیس هیئت مدیره شرکت بهره‌وران نیرو انرژی - بازنشسته توانیر)
 ۱۵. مهندس علیدوست (مدیر عامل شرکت کنکاو صنعت سحر)
 ۱۶. مهندس کاظم‌پور (کارشناس ارشد پژوهشی گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو)
 ۱۷. خانم دکتر عادل (عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
 ۱۸. خانم مهندس خردمند (عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد)
 ۱۹. دکتر جعفرزادگان (عضو هیئت علمی دانشگاه قزوین)
 ۲۰. مهندس خداپرستی (کارشناس ارشد مشانیر)
 ۲۱. دکتر رشیدی (کارشناس شرکت زمینس)
 ۲۲. دکتر جهانگیری (کارشناس ارشد گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو)
- پس از دریافت پرسشنامه‌ها، نتایج وارد نرم‌افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای دسته‌بندی فناوری‌ها انجام شد. همچنین در تکمیل و تحلیل این پرسشنامه نیز ملاحظات بیان شده در بخش ۳-۳-۲-۳ مبذول گردید. با رعایت این ملاحظات و پس از

حذف روش‌های غیرقابل اجرا در قطعات، نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه‌های ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها در جدول (۹-۳) نمایش داده شده است.

جدول ۳-۹- جمع بندی نتایج پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها

ردیف	فناوری	جذابیت فناوری	توانمندی فناوری
۱	مخرب پره متحرک توربین گاز	۷/۳۸	۵/۶۷
۲	مخرب پره ثابت توربین گاز	۵/۷۲	۵/۷۱
۳	مخرب محفظه احتراق توربین گاز	۴/۱۳	۵/۴۶
۴	مخرب پوسته توربین گاز	۱/۶۲	۲/۸۳
۵	مخرب پره ثابت کمپرسور	۲/۰۳	۳/۳۲
۶	مخرب پره متحرک کمپرسور	۲/۳۵	۳/۳۳
۷	مخرب روتور کمپرسور	۲/۶۱	۳/۹۶
۸	مخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر	۳/۵۷	۵/۶۷
۹	مخرب هدرهای آب	۱/۰۹	۲/۵۱
۱۰	مخرب هدرهای بخار	۱/۸۷	۲/۷۹
۱۱	مخرب محفظه بخار و ولوها	۲/۲۵	۲/۸۹
۱۲	مخرب پره توربین بخار	۲/۶۴	۳/۶۲
۱۳	غیر مخرب پره متحرک توربین گاز	۷/۷۸	۵/۳۵
۱۴	غیر مخرب پره ثابت توربین گاز	۶/۰۷	۵/۳۵
۱۵	غیر مخرب روتور توربین گاز	۵/۳۰	۵/۲۳
۱۶	غیر مخرب محفظه احتراق توربین گاز	۴/۸۰	۵/۲۵
۱۷	غیر مخرب پوسته توربین گاز	۲/۵۱	۳/۴۰
۱۸	غیر مخرب پره ثابت کمپرسور	۲/۳۳	۳/۱۷
۱۹	غیر مخرب پره متحرک کمپرسور	۲/۶۹	۳/۱۴
۲۰	غیر مخرب روتور کمپرسور	۴/۲۱	۴/۷۵
۲۱	غیر مخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر	۳/۵۹	۵/۴۰
۲۲	غیر مخرب هدرهای آب	۱/۷۹	۳/۶۴
۲۳	غیر مخرب هدرهای بخار	۳/۰۲	۳/۷۰
۲۴	غیر مخرب درام	۲/۵۰	۴/۵۹
۲۵	غیر مخرب پمپها	۳/۲۶	۴/۴۴
۲۶	غیر مخرب لوله اصلی بخار	۳/۹۶	۴/۷۴
۲۷	غیر مخرب روتور توربین بخار	۴/۰۱	۳/۹۷
۲۸	غیر مخرب پوسته توربین بخار	۲/۸۹	۳/۸۳
۲۹	غیر مخرب محفظه بخار و ولوها	۳/۲۶	۴/۰۶
۳۰	غیر مخرب پره توربین بخار	۳/۱۷	۳/۸۵

ردیف	فناوری	جذابیت فناوری	توانمندی فناوری
۳۱	محاسباتی پره متحرک توربین گاز	۶/۵۶	۴/۱۴
۳۲	محاسباتی پره ثابت توربین گاز	۵/۰۳	۴/۱۹
۳۳	محاسباتی روتور توربین گاز	۴/۸۶	۴/۰۹
۳۴	محاسباتی محفظه احتراق توربین گاز	۲/۹۰	۳/۸۴
۳۵	محاسباتی پوسته توربین گاز	۲/۳۰	۳/۶۰
۳۶	محاسباتی پره ثابت کمپرسور	۲/۱۸	۳/۳۴
۳۷	محاسباتی پره متحرک کمپرسور	۲/۵۳	۳/۲۶
۳۸	محاسباتی روتور کمپرسور	۳/۹۰	۳/۷۰
۳۹	محاسباتی لوله سوپرهیتر و ریپهتر	۲/۹۲	۴/۰۳
۴۰	محاسباتی هدرهای آب	۱/۵۷	۳/۲۳
۴۱	محاسباتی هدرهای بخار	۲/۶۲	۳/۳۵
۴۲	محاسباتی پمپها	۲/۸۷	۳/۲۱
۴۳	محاسباتی لوله اصلی بخار	۳/۱۸	۳/۱۱
۴۴	محاسباتی روتور توربین بخار	۳/۴۸	۲/۸۵
۴۵	محاسباتی پوسته توربین بخار	۲/۳۰	۲/۷۶
۴۶	محاسباتی محفظه بخار و ولوها	۲/۵۹	۳/۰۰
۴۷	محاسباتی پره توربین بخار	۲/۶۱	۲/۶۸

با توجه به جدول (۳-۸) مشخص است که روش غیرمخرب ارزیابی وضعیت پره متحرک توربین گاز، روش مخرب ارزیابی وضعیت پره متحرک توربین گاز و روش محاسباتی پره متحرک توربین گاز به ترتیب دارای بیشترین میزان جذابیت می‌باشند. همچنین، کمترین میزان جذابیت نیز به ترتیب مربوط به روش مخرب ارزیابی وضعیت هدرهای آب، روش محاسباتی ارزیابی وضعیت هدرهای آب و روش مخرب ارزیابی وضعیت پوسته توربین گاز است.

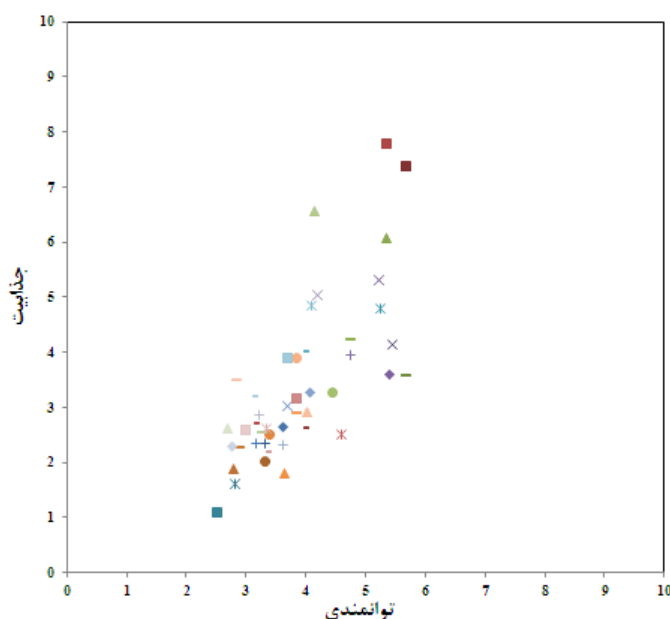
در مورد معیار توانمندی نیز می‌توان مشاهده کرد که روش‌های ارزیابی وضعیت مخرب پره ثابت توربین گاز، مخرب لوله سوپرهیتر و ریپهتر و مخرب پره متحرک توربین گاز به ترتیب بیشترین میزان توانمندی را دارا هستند. همچنین، روش‌های ارزیابی وضعیت مخرب هدرهای آب، محاسباتی پره توربین بخار و محاسباتی پوسته توربین بخار نیز دارای کمترین میزان توانمندی هستند.

لیکن، از آنجا که تنها با توجه به هر یک از معیارهای جذابیت و توانمندی نمی‌توان دسته‌بندی درستی از فناوری‌ها انجام داد، در بخش بعد به تحلیل و دسته‌بندی فناوری‌ها با استفاده از بررسی جایگاه آنها در ماتریس جذابیت و توانمندی خواهیم پرداخت.

۳-۳-۴- ماتریس جذابیت - توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

قسمت اصلی تحلیل نتایج، با توجه به متدولوژی، از طریق تعیین جایگاه فناوری‌ها در ماتریس جذابیت - توانمندی صورت می‌گیرد. همان طور که از نام این ماتریس نیز مشخص است از دو بعد جذابیت و توانمندی تشکیل شده است که محورهای افقی و عمودی ماتریس را تشکیل می‌دهد. بر اساس معیارهای مطرح شده در ابتدای بخش و جمع بندی نتایج پرسشنامه‌ها، هر کدام از ابعاد جذابیت و توانمندی تعیین شده‌اند و کافی است که این مقادیر در ماتریس نمایش داده شوند. به همین منظور، ماتریس حاصل در شکل (۳-۱۳) نشان داده شده است.

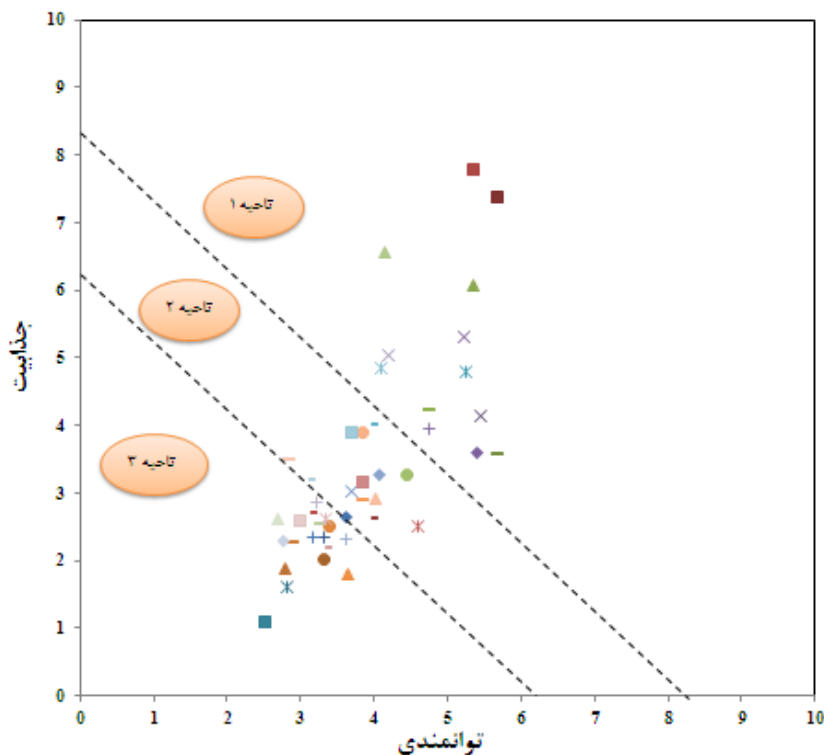


شکل ۳-۱۳- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۳-۴-۱- ناحیه بندی ماتریس جذابیت - توانمندی

با توجه به ادبیات موضوع، ماتریس جذابیت - توانمندی باید به تعدادی نواحی مستقل تقسیم شود تا بتوان بر اساس آن، رویکرد مناسب در قبال توسعه هر فناوری را به صورت دقیق تر تعیین نمود. این ماتریس، بیانگر جایگاه جذابیت و امکان پذیری

هر یک از فناوری‌ها است و برای ناحیه‌بندی آن می‌توان از تقسیم سه ناحیه‌ای (با استفاده از خطوط شیب دار)، چهار ناحیه‌ای، نه ناحیه‌ای و یا حتی شانزده ناحیه‌ای استفاده نمود. در این میان، با توجه به نحوه پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس و نحوه تصمیم‌گیری در این پروژه، از روش تقسیم‌بندی سه ناحیه‌ای (با استفاده از خطوط شیب‌دار) استفاده شده است. شکل (۳-۱۴) تقسیم‌بندی سه ناحیه‌ای ماتریس جذابیت - توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۴- ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

در شکل فوق ۳ ناحیه مشخص شده است و فناوری‌ها در هر کدام از این نواحی پخش شده‌اند. روش اکتساب فناوری‌های

هر کدام از ناحیه‌های سه گانه به صورت زیر است:

۱. **توسعه درون‌زا:** این روش اکتساب مربوط به ناحیه یک ماتریس است که فناوری‌های قرار گرفته در این ناحیه

دارای جذابیت و توانمندی بالایی هستند. استراتژی انتخابی برای حصول این فناوری‌ها، توسعه درون‌زا است. توسعه

درون‌زا به معنی توسعه فناوری است که به صورت همه‌جانبه و در داخل کشور صورت گیرد و معمولاً از مرحله تحقیق

و توسعه برای کسب یک فناوری شروع می‌شود.

۲. **همکاری فناورانه:** این استراتژی مربوط به فناوری‌های واقع در ناحیه دو ماتریس است که عمدتاً دارای جذابیت و

توانمندی قابل قبولی بوده ولی مقادیر این معیارها به گونه‌ای نیست که روش اکتساب توسعه درون‌زا را برای حصول این فناوری‌ها توصیه کنیم. لذا، در این ناحیه باید دست به انتخاب زد و با توجه به شرایط فناوری مد نظر، روش اکتساب را تعیین نمود. به بیان دیگر، فناوری‌های قرار گرفته در ناحیه دوم ماتریس با روش‌های مختلف همکاری فناورانه حاصل خواهند شد. روش‌های همکاری فناورانه از دیدگاه کیزا^۱ عبارتند از:

ا. تملک شرکتی^۲: شرکتی دیگر را به تملک خود در می‌آورد تا بتواند به تکنولوژی یا شایستگی تکنولوژی مورد نظر دست یابد.

ب. تملک فردی: شرکت جهت اکتساب تکنولوژی، متخصصین مربوطه را استخدام می‌نماید و یا شرکت کوچک دیگری را به منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی‌های تکنولوژیک و یا شایستگی‌های مدیریتی خریداری می‌کند.

ت. ادغام^۳: در این روش، شرکت با شرکت دیگری که دارای تکنولوژی و یا شایستگی تکنولوژیک مورد نظر می‌باشد ادغام شده و شرکت جدیدی از ادغام دو شرکت به وجود می‌آید.

ث. خرید حق امتیاز^۴: شرکت امتیاز تکنولوژی خاصی را خریداری می‌کند.

ج. مشارکت با سهام^۵: در این روش، شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای تکنولوژی یا شایستگی تکنولوژیک بوده می‌خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.

ح. سرمایه‌گذاری مشترک^۶: شرکت، از طریق سهام، سرمایه‌گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سومی به وجود می‌آید تا هدف مشخص نوآوری تکنولوژی دنبال شود.

1- Chiesa

2- Acquisition

3- Merger

4- Licencing

5- Minority Equity

6- Joint Venture

- خ. قرارداد تحقیق و توسعه^۱: شرکت می‌پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت‌های نوآور کوچک در زمینه تکنولوژی مشخص تحقیق نموده و شرکت هزینه‌های آن را بپردازد.
- د. سرمایه‌گذاری در تحقیقات^۲: شرکت، در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت‌های کوچک نوآور سرمایه‌گذاری نموده و فرصت‌ها و ایده‌ها را دنبال می‌کند.
- ذ. اتحاد^۳: شرکت منابع تکنولوژیک را با شرکت‌های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری تکنولوژیک را تعقیب می‌کند.
- ر. کنسرسیوم^۴: چندین مؤسسه و شرکت مشترکا تلاش می‌کنند به هدف کلی نوآوری تکنولوژیک نایل شوند.

۳. **خرید:** این استراتژی برای فناوری‌هایی توصیه می‌گردد که در ناحیه سوم ماتریس واقع شده‌اند. بنابراین، از فناوری‌های این دسته که عمدتاً دارای جذابیت و توانمندی پایینی هستند باید چشم‌پوشی کرد و این دسته اصلاً جزء اولویت‌ها قرار ندارد.

فناوری‌های قرار گرفته در هر ناحیه از ماتریس در جدول (۳-۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۰- ناحیه‌بندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

- 1- R&D Contract
- 2- Research Funding
- 3- Alliance
- 4- Consortium

ناحیه فناوری‌ها			فناوری
ناحیه ۳	ناحیه ۲	ناحیه ۱	
روش مخرب پره ثابت کمپرسور	روش مخرب پره توربین بخار	روش مخرب پره متحرک توربین گاز	
روش غیرمخرب پره ثابت کمپرسور	روش غیرمخرب پره توربین بخار	روش غیرمخرب پره متحرک توربین گاز	
روش محاسباتی پره ثابت کمپرسور	روش مخرب روتور کمپرسور	روش محاسباتی پره متحرک توربین گاز	
روش مخرب پره متحرک کمپرسور	روش محاسباتی روتور کمپرسور	روش مخرب پره ثابت توربین گاز	
روش غیرمخرب پره متحرک کمپرسور	روش غیرمخرب روتور توربین بخار	روش غیرمخرب پره ثابت توربین گاز	
روش محاسباتی پره متحرک کمپرسور	روش محاسباتی روتور توربین بخار	روش محاسباتی پره ثابت توربین گاز	
روش مخرب پوسته توربین گاز	روش غیرمخرب محفظه بخار و ولوها	روش غیرمخرب روتور توربین گاز	
روش غیرمخرب پوسته توربین گاز	روش محاسباتی محفظه احتراق توربین گاز	روش محاسباتی روتور توربین گاز	
روش محاسباتی پوسته توربین گاز	روش محاسباتی لوله سوپرهیتر و ریهیتر	روش مخرب محفظه احتراق توربین گاز	
روش مخرب هدرهای آب	روش محاسباتی لوله اصلی بخار	روش غیرمخرب محفظه احتراق توربین گاز	
روش غیرمخرب هدرهای آب	روش غیرمخرب درام	روش مخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر	
روش محاسباتی هدرهای آب	روش غیرمخرب پوسته توربین بخار	روش غیرمخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر	
روش محاسباتی پوسته توربین بخار	روش غیرمخرب هدرهای بخار	روش غیرمخرب لوله اصلی بخار	
روش مخرب هدرهای بخار	روش غیرمخرب پمپ‌ها	روش غیرمخرب روتور کمپرسور	
روش محاسباتی هدرهای بخار			
روش مخرب محفظه بخار و ولوها			
روش محاسباتی محفظه بخار و ولوها			
روش محاسباتی پمپ‌ها			
روش محاسباتی پره توربین بخار			

-۳

-۳

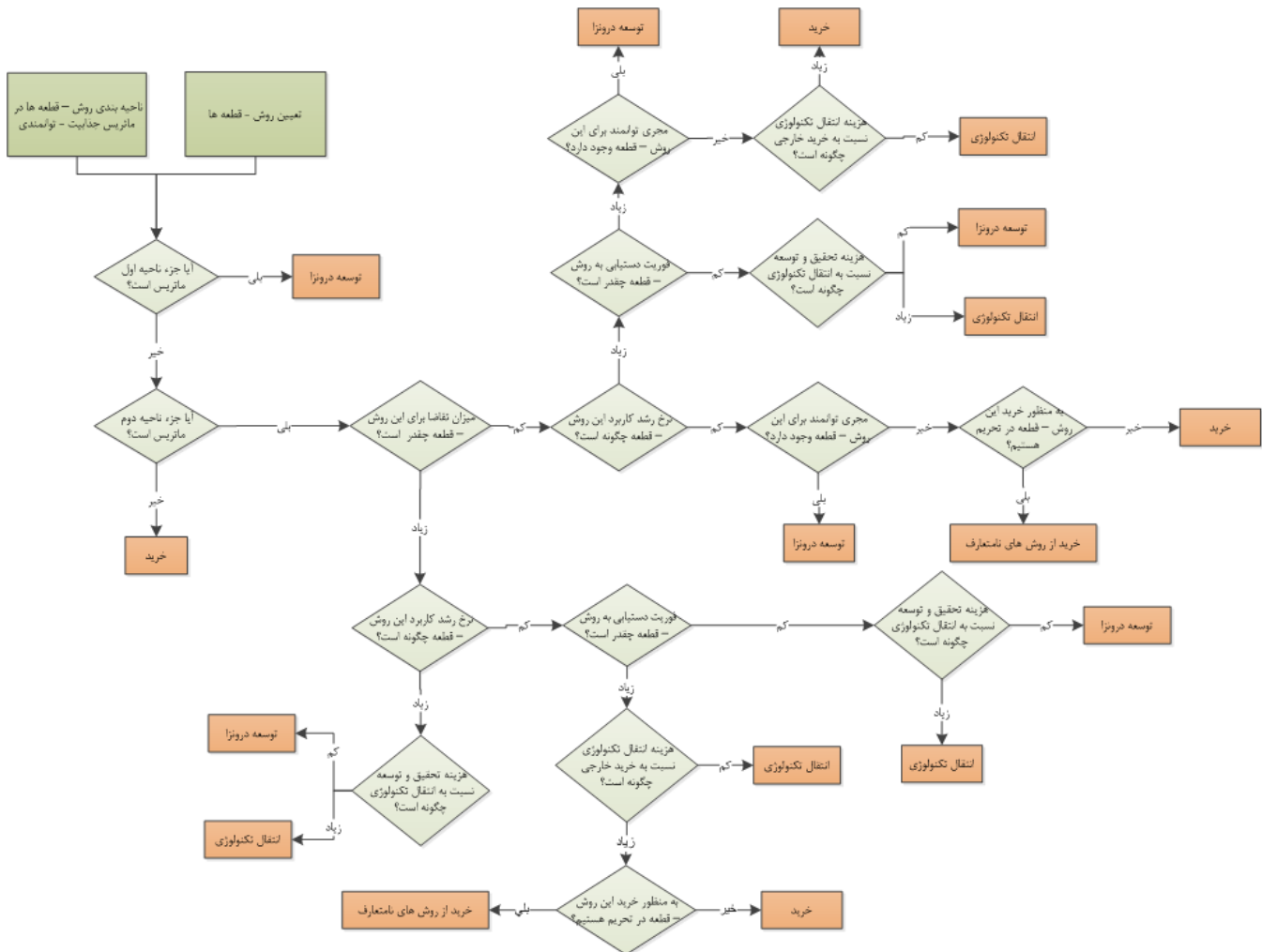
۵- روش اکتساب فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

برای تعیین دقیق روش اکتساب، الگوریتمی توسط تیم مشاور و تیم فنی طراحی و ارائه شده است. این الگوریتم از تصمیم‌گیری متوالی بر پایه چند شرط استفاده می‌کند. با ورود هر فناوری، اولین شرطی که پس از تعیین ناحیه فناوری بررسی می‌شود، میزان تقاضای موجود برای بکارگیری آن فناوری در کشور می‌باشد. با توجه به اینکه میزان تقاضای استفاده از فناوری

در تجهیز مد نظر کم یا زیاد باشد، مسیر تعیین روش اکتساب فناوری متفاوت خواهد بود. با توجه به مسیر تعیین شده در بررسی شرط میزان تقاضا، در گام بعدی، برخی از ۶ سوال اساسی زیر باید بررسی شوند:

- ۱) نرخ رشد کاربرد فناوری در کشور چگونه است؟
- ۲) فوریت دستیابی به فناوری در کشور چگونه است؟
- ۳) آیا مجری توانمند برای این فناوری در کشور وجود دارد؟
- ۴) هزینه تحقیق و توسعه در مقایسه با هزینه همکاری فناورانه چگونه است؟
- ۵) هزینه همکاری فناورانه نسبت به هزینه خرید خارجی چگونه است؟
- ۶) آیا به منظور خرید این فناوری در تحریم هستیم؟

الگوریتم پیشنهاد شده به منظور تعیین روش اکتساب در شکل (۳-۱۵) ارائه شده است.



شکل ۳-۱۵- الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری

با توجه به نظرات مدیر پروژه، مهندس مهدی زاده (کارشناس ارشد پژوهشی گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو) و مهندس فلاح (مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو) خروجی الگوریتم (روش اکتساب پیشنهادی) برای فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در جدول (۳-۱۱) آورده شده است.

جدول ۳-۱۱- روش اکتساب پیشنهادی برای توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

روش اکتساب پیشنهادی	ساخت تجهیز	ناحیه
توسعه درونزا	روش مخرب پره متحرک توربین گاز	ناحیه ۱
توسعه درونزا	روش غیرمخرب پره متحرک توربین گاز	
توسعه درونزا	روش محاسباتی پره متحرک توربین گاز	
توسعه درونزا	روش مخرب پره ثابت توربین گاز	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب پره ثابت توربین گاز	
توسعه درونزا	روش محاسباتی پره ثابت توربین گاز	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب روتور توربین گاز	
توسعه درونزا	روش محاسباتی روتور توربین گاز	
توسعه درونزا	روش مخرب محفظه احتراق توربین گاز	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب محفظه احتراق توربین گاز	
توسعه درونزا	روش مخرب لوله های واتروال و اکونومایزر	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب لوله های واتروال و اکونومایزر	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب لوله اصلی بخار	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب روتور کمپرسور	
توسعه درونزا	روش مخرب پره توربین بخار	ناحیه ۲
توسعه درونزا	روش غیرمخرب پره توربین بخار	
همکاری فناورانه	روش مخرب روتور کمپرسور	
همکاری فناورانه	روش محاسباتی روتور کمپرسور	
همکاری فناورانه	روش غیرمخرب روتور توربین بخار	
همکاری فناورانه	روش محاسباتی روتور توربین بخار	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب محفظه بخار و ولوها	
توسعه درونزا	روش محاسباتی محفظه احتراق توربین گاز	
توسعه درونزا	روش محاسباتی لوله سوپرهیتر و ریپهتر	
توسعه درونزا	روش محاسباتی لوله اصلی بخار	

روش اکتساب پیشنهادی	ساخت تجهیز	ناحیه
توسعه درونزا	روش غیرمخرب درام	
خرید	روش غیرمخرب پوسته توربین بخار	
توسعه درونزا	روش غیرمخرب هدرهای بخار	
همکاری فناورانه	روش غیرمخرب پمپها	
خرید	روش مخرب پره ثابت کمپرسور	تجهیز ۳
خرید	روش غیرمخرب پره ثابت کمپرسور	
خرید	روش محاسباتی پره ثابت کمپرسور	
خرید	روش مخرب پره متحرک کمپرسور	
خرید	روش غیرمخرب پره متحرک کمپرسور	
خرید	روش محاسباتی پره متحرک کمپرسور	
خرید	روش مخرب پوسته توربین گاز	
خرید	روش غیرمخرب پوسته توربین گاز	
خرید	روش محاسباتی پوسته توربین گاز	
خرید	روش مخرب هدرهای آب	
خرید	روش غیرمخرب هدرهای آب	
خرید	روش محاسباتی هدرهای آب	
خرید	روش مخرب هدرهای بخار	
خرید	روش محاسباتی هدرهای بخار	
خرید	روش مخرب محفظه بخار و ولوها	
خرید	روش محاسباتی محفظه بخار و ولوها	
خرید	روش محاسباتی پمپها	
خرید	روش محاسباتی پره توربین بخار	
خرید	روش محاسباتی پوسته توربین بخار	

۳-۳-۶- راهبردهای تعیین شده توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

در راستای نیل به اهداف توسعه‌ی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی باید راهبردهای توسعه این فناوری شناخته شود. به این منظور، پس از بررسی روش اکتساب فناوری‌های ارزیابی وضعیت، ۲ راهبرد متناسب با روش اکتساب مشخص شده شناسایی شد. این راهبردها عبارتند از:

۱. دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت

پره متحرک توربین گاز،

پره ثابت توربین گاز،

محفظه احتراق توربین گاز،

روتور توربین گاز به روش‌های محاسباتی و غیرمخرب،

لوله‌های واتروال و اکونومایزر به روش‌های مخرب و غیرمخرب،

لوله سوپرهیتر و ریپهتر به روش محاسباتی،

لوله‌های اصلی بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی،

پره توربین بخار به روش مخرب و غیر مخرب،

و روش غیرمخرب روتور کمپرسور، درام، هدرهای بخار، محفظه بخار و ولوها.

۲. انتقال فناوری‌های ارزیابی وضعیت

روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی،

روتور توربین بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی

و روش غیر مخرب ارزیابی وضعیت پمپ‌ها.

۴- نتیجه گیری

در فاز سوم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فن آوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، ارکان جهت ساز تدوین گردید. به منظور تدوین ارکان جهت ساز، ضمن بررسی ویژگی های چشم انداز مطلوب، انواع چشم اندازها بررسی گردید و با بهره گیری از نظرات خبرگان و کارشناسان، چشم انداز سند تدوین شد. پس از تدوین چشم انداز، مبانی نظری تدوین اهداف مورد بررسی قرار گرفت و با بهره گیری از گزارشات آینده پژوهی و توجیه پذیری و اسناد بالادستی، اهداف سند تدوین گردید. به دنبال تدوین اهداف، اولویت بندی قطعات داغ و بررسی جذابیت و توانمندی فناوری های ارزیابی وضعیت این قطعات انجام گرفت. به این منظور، نظرات خبرگان این حوزه از طریق ارسال پرسشنامه جمع آوری شد و با ترسیم و تحلیل ماتریس جذابیت - توانمندی، روش اکتساب فناوری ها مشخص شد. در مجموع، این گزارش با روش تحلیلی و با تأکید بر نظرات خبرگان این حوزه تدوین شده است.

مراجع:

۱. روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، راهنمای عمل شماره ۲، پژوهشگاه نیرو، خرداد ۱۳۹۳
۲. سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، گزارش مرحله اول، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۳
۳. سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، گزارش مرحله دوم، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۳
۴. آرشیو روزنامه‌های رسالت، جام جم، صبح اقتصاد، صنعت برق و ... و خبرگزاری‌های پانا، ایسنا، مهر، پاون، فارس و ... در سال ۱۳۹۳

5. Annual Energy Outlook 2014 with Projects to 2040", DOE/EIA-0383, 2014.
6. ENABLING NEW ENERGY THECHNOLOGIES, under Horizon 2020, A Roadmap on Turbomachinery Research", EUTurbines, 2014.
7. Russia, Equipment for the Power Generation Sector", by Swiss Business Hub Russia, 2011.
8. Republic of Uzbekistan: Power Plant Efficiency Improvement Project" by Asian Development Bank, 2014.
9. Strategic and Development Projects of the Electric Power Industry of Serbia", by Electric Power Industry of Serbia, Departments and Independent Sectors, 2011.
10. Manual on Best Practices in Indian Thermal Power Plants Generation Units", by Confederation of Indian Industry & ICICI Bank & USAID (United State Agency International Development), 2005.
11. Energy Information Administration (EIA)/ China-2014.
12. Energy Information Administration (EIA)/ Japan-2014.

13. Energy Information Administration (EIA)/ Malaysia-2014.

14. Energy Information Administration (EIA)/ Country Analysis Brief: Saudi Arabia-2014.

پیوست ۱ - اسامی اعضای کمیته راهبری

۱. مهندس سلیمانی (رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل شرکت تهران سمع اندیش)
۲. دکتر موسوی ترشیزی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور)
۳. مهندس نمازی (رئیس گروه نظارت بر بهره‌برداری شرکت توانیر)
۴. مهندس خطیر (سرپرست تحقیق و توسعه و متخصص پره‌های توربین نیروی هوایی جمهوری اسلامی ایران)
۵. مهندس مهدی‌زاده (کارشناس ارشد پژوهشی گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو)
۶. مهندس قییم (مدیر امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا)
۷. مهندس فردنیا (کارشناس امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا - بازنشسته دفتر فنی توانیر)

پیوست ۲- پرسشنامه ارزیابی چشم انداز

صاحب نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، چشم انداز مربوط به توسعه این فناوری در حال تدوین است. بر این اساس، از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه خلاصه گزارش تدوین چشم انداز، نظر خود را در مورد بیانیه اولیه چشم انداز در فرم پیوست منعکس نمایید.

با تشکر

نظر شما در تایید، رد و یا ارتقای عبارت	زمینه های (تم ها) چشم انداز
	خودتکایی
	ارتقای رفاه اجتماعی
	افزایش پایایی شبکه برق
	کاهش هزینه تولید

در صورتی که زمینه های دیگری را مد نظر دارید که در بیانیه چشم انداز منعکس نشده است، در این بخش یادداشت بفرمایید.

در این قسمت، اگر از نظر شما بیانیه چشم انداز، آینده مطلوب برای فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی را به طور کامل منعکس نمی کند، آینده مطلوب مورد نظر خود را توصیف کنید.

لطفا بیانیه چشم انداز را مطالعه کرده و جدول ذیل را در مورد آن پر نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
قابل دستیابی در زمان مورد نظر (۱۰ سال)						
تاحد ممکن کمیت پذیر باشد.						
جامع، تحول گرا، آینده نگر و پویا باشد.						
بلندپروازانه و منحصر به فرد باشد.						
برانگیزاننده باشد.						
حال و آینده را به هم پیوند دهد یعنی در عین آنکه واقع گرایانه باشد، با آرمان ها نیز مطابقت داشته باشد.						
توجه برانگیز برای جلب توجه ذینفعان (و فعالین این حوزه) بوده و موجب ایجاد اطمینان میان ایشان گردد						
حس مالکیت و تعلق را در فعالین این حوزه ایجاد کند						
ایجاد تداوم در برنامه ریزی و اجرا کند.						
فرصت های موجود را نشان داده، راه بهره جویی از فرصت ها را بنماید.						
کوتاه و به خاطر ماندنی باشد.						

پیوست ۳ - پرسشنامه ارزیابی اهداف

صاحب نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، اهداف مربوط به توسعه این فناوری در حال تدوین است. بر این اساس، از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه خلاصه گزارش تدوین اهداف، نظر خود را در مورد اهداف تدوین شده در فرم پیوست منعکس نمایید.

با تشکر

اهداف کلان تدوین شده مربوط به توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به شرح زیر می‌باشند:

۱. کاهش X درصدی هزینه تأمین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
 ۲. کاهش Y درصدی زمان انجام تعمیرات قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
 ۳. کاهش Z درصدی عدم آمادگی ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
 ۴. کاهش خروج‌های اضطراری و حوادث ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی به میزان M درصد
 ۵. افزایش دقت و ایمنی بازرسی‌های مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی به میزان N درصد
 ۶. افزایش دقت در ارزش‌گذاری قطعات داغ نیروگاهی جهت مشارکت در ارزش‌گذاری نیروگاه‌های حرارتی
 ۷. افزایش قابلیت پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای کلیدی و با اهمیت نیروگاه‌ها
- خواهشمند است مقادیر مناسبی را برای پارامترهای X, Y, Z, M, و N معرفی نمایید.

X=

M=

Y=

N=

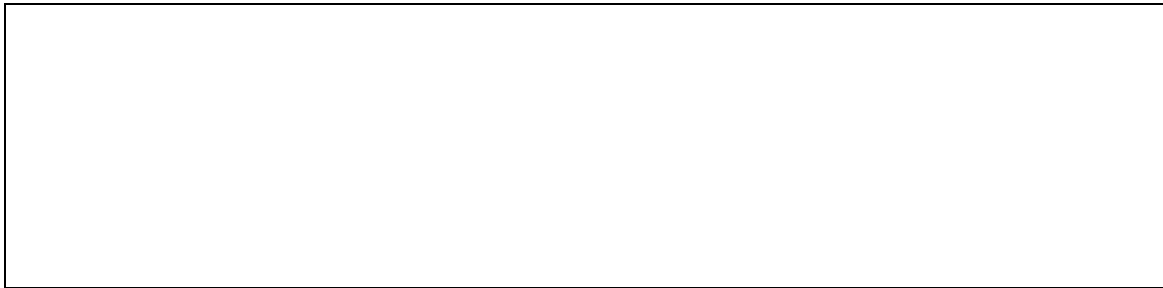
Z=

خواهشمند است اهداف را مطالعه کرده و جدول زیر را برای آنها پر نمایید.

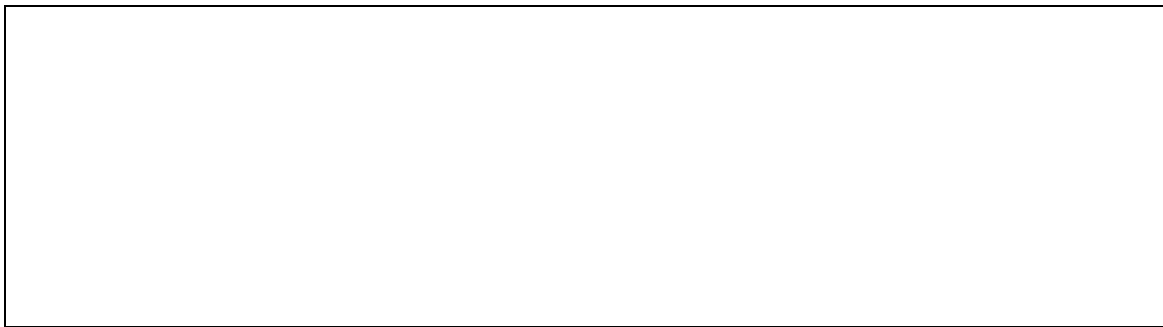
ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
مشخص بودن						
قابل اندازه‌گیری بودن						
قابل دستیابی بودن						
واقع‌گرایانه بودن						
محدود به زمان بودن						

در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

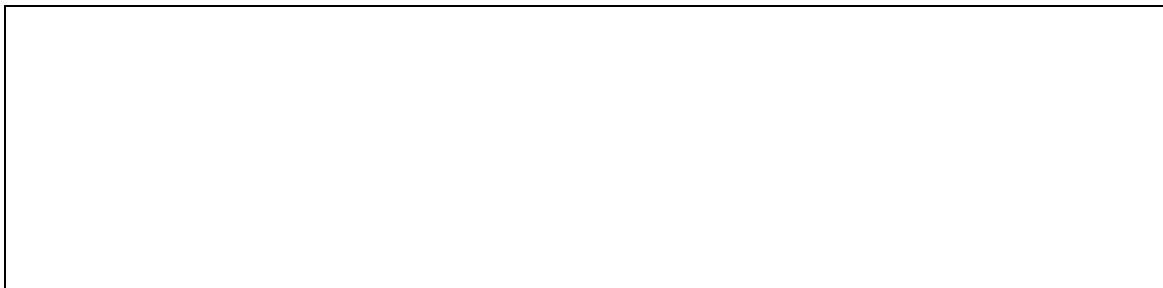
نیروگاهی را به طور کامل منعکس نمی‌کند، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.



در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده با اسناد بالادستی همراستا نمی‌باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.



در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده با چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی همراستا نمی‌باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.



پیوست ۴ - پرسشنامه ارزیابی جذابیت قطعات

فرهیخته گرامی

به استحضار می‌رساند در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در حوزه قطعات داغ نیروگاهی، سند راهبردی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی با مشارکت کلیه فعالان و صاحب نظران در حال تدوین است. بر این اساس و به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستدعی است در تکمیل این پرسشنامه دقت لازم را مبذول فرمایید. لطفاً در صورت نیاز به راهنمایی با مشاور مدیریتی مربوطه و یا مدیر پروژه تماس حاصل فرمایید.

پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی متالورژی

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی قطعات داغ نیروگاهی

نام و نام خانوادگی: _____
 تحصیلات / تخصص: _____
 آدرس پست الکترونیک: _____
 آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره بلی خیر
 گردد؟
 تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد.

ملاحظات:

این پرسشنامه حاوی ۶ سؤال است که مربوط به ارزیابی جذابیت قطعات شناسایی شده می‌باشد. پاسخ به هر سؤال می‌تواند توسط عددی بین ۱ (به منزله جذابیت یا توانمندی بسیار کم قطعه) تا ۱۰ (به منزله جذابیت یا توانمندی بسیار زیاد قطعه) بیان شود.

نحوه پاسخگویی به سؤالات به این نحو است که در سطرهای جدول پاسخ (ارائه شده در انتهای پرسشنامه)، قطعات مورد نظر و در ستون‌های این جدول، شماره سؤالات پرسشنامه درج شده است. خواهشمند است برای پاسخ به سؤالات، عدد مورد نظر برای هر کدام از سؤالات را در خانه مربوط به هر قطعه وارد کنید. همچنین، خواهشمند است در ستون چهارم جدول نهایی، میزان آشنایی خود را با هر کدام از قطعات به صورت عددی بین ۱ (به منزله آشنایی بسیار کم) و ۱۰ (به منزله آشنایی بسیار زیاد) وارد کرده و در سطر پایین شماره سؤالات نیز میزان کارایی هر سؤال برای اولویت‌بندی قطعات را با عددی بین ۱ (به منزله کارایی بسیار کم) و ۱۰ (به منزله کارایی بسیار زیاد) وارد کنید.

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

ارزیابی جذابیت قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	سوال
۱	میزان کاهش هزینه و زمان بازرسی در صورت استفاده از فناوری نوین ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده این قطعه را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۲	میزان استفاده از قطعه را در مقایسه با سایر قطعات داغ نیروگاهی در چه وضعیتی می‌دانید؟ بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۳	میزان فوریت نیاز کشور به دستیابی به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعه را چگونه می‌بینید؟ بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۴	نرخ رشد کاربرد قطعه را در آینده چگونه ارزیابی می‌کنید؟ بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۵	میزان سرعت تخریب (احتمال وقوع خرابی) قطعه چگونه است؟ بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم
۶	قیمت تمام شده ساخت قطعه را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم

توضیحات: (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر

دقیق تجهیز مورد نظر و همچنین شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

جدول پاسخ

ردیف	عنوان قطعه	کاربرد	انواع	میزان آشنایی شما با قطعه	محورهای مورد نظر در ارزیابی					
					ارزیابی جذابیت					
					شماره سؤال					
					۱	۲	۳	۴	۵	۶
					میزان کارایی هر سؤال در اولویت بندی قطعات					
۰	قطعه نمونه	نحوه پاسخگویی به سؤالات	-	۱۰	۷	۵	۵	۲	۶	
۱	پره متحرک	توربین گاز - نیروگاه گازی	V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5							
۲	پره ثابت	توربین گاز - نیروگاه گازی	V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5							
۳	روتور	توربین گاز - نیروگاه گازی	V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5							
۴	پوسته	توربین گاز - نیروگاه گازی	V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5							
۵	محفظه احتراق	توربین گاز - نیروگاه گازی	V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5							

محورهای مورد نظر در ارزیابی						میزان آشنایی شما با قطعه	انواع	کاربرد	عنوان قطعه	ردیف
ارزیابی جذابیت										
شماره سؤال										
۶	۵	۴	۳	۲	۱					
						V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5	کمپرسور - نیروگاه گازی	پره ثابت	۶	
						V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5	کمپرسور - نیروگاه گازی	پره متحرک	۷	
						V94.2 GEF9, GEF5 واحدهای مشابه F5	کمپرسور - نیروگاه گازی	روتور	۸	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	لوله‌های واتروال و اکونومایزر	۹	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	۱۰	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	هدرهای بخار	۱۱	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	هدرهای آب	۱۲	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	درام	۱۳	
						واحدهای بالای	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	پمپ‌ها	۱۴	

محورهای مورد نظر در ارزیابی						میزان آشنایی شما با قطعه	انواع	کاربرد	عنوان قطعه	ردیف
ارزیابی جذابیت										
شماره سؤال										
۶	۵	۴	۳	۲	۱					
						۱۰۰mw				
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	لوله‌های اصلی بخار	۱۵	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات توربین - نیروگاه بخاری	روتور	۱۶	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	پوسته	۱۷	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	محفظه بخار و ولوها	۱۸	
						واحدهای بالای ۱۰۰mw	تجهیزات بویلر - نیروگاه بخاری	پره	۱۹	

پیوست ۵ – پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها

فرهیخته گرامی

به استحضار می‌رساند در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در حوزه قطعات داغ نیروگاهی، سند راهبردی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی با مشارکت کلیه فعالان و صاحب نظران در حال تدوین است. بر این اساس و به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستدعی است در تکمیل این پرسشنامه دقت لازم را مبذول فرمایید. لطفاً در صورت نیاز به راهنمایی با کارشناس مربوطه و یا مدیر پروژه تماس حاصل فرمایید.

پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی متالورژی

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی

نام و نام خانوادگی:

پست سازمانی:

تحصیلات / تخصص:

شماره تماس:

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره

گردد؟

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

نحوه پاسخگویی به سؤالات:

این پرسشنامه حاوی ۸ سؤال است که ۶ سؤال مربوط به ارزیابی جذابیتو ۲ سؤال مربوط به ارزیابی توانمندی فناوری‌های شناسایی شده برای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. هر سؤال به همراه ماتریس پاسخ مربوط به آن در یک صفحه جداگانه قرار داده شده است. پاسخ به هر سؤال می‌تواند توسط عددی بین ۱ (به منزله جذابیت یا توانمندی بسیار کم فناوری) تا ۱۰ (به منزله جذابیت یا توانمندی بسیار زیاد فناوری) بیان شود. همچنین، خواهشمند است در مورد برخی سلول‌ها، در صورت عدم استفاده از فناوری مربوط به آن سلول در قطعه مربوطه، عدد **♦ (صفر)** در سلول قرار داده شود. لازم به ذکر است که در این پرسشنامه، منظور از فناوری، همان روش‌های مخرب، غیرمخرب و محاسباتی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی است.

نحوه پاسخگویی به سؤالات به این نحو است که در ستون‌های ماتریس پاسخ هر سؤال (ارائه شده در صفحه مربوط به همان سؤال)، قطعات مورد نظر و در سطرهای این ماتریس، روش ارزیابی وضعیت قطعات آورده شده است. لذا، هر سلول ماتریس پاسخ، نشان‌دهنده استفاده از فناوری قرار گرفته در سطر آن سلول برای قطعه قرار گرفته در ستون آن سلول است. از این رو، خواهشمند است برای پاسخ به سؤالات، عدد مورد نظر برای هر کدام از سؤالات را در سلول‌های ماتریس پاسخ مربوط به آن سؤال وارد کنید. همچنین، مستدعی است برای هر سؤال، در قسمت مشخص شده تحت عنوان «درجه اهمیت سؤال»، میزان کارایی هر سؤال برای اولویت‌بندی فناوری‌ها را با عددی بین ۱ (به منزله کارایی بسیار کم سؤال) و ۱۰ (به منزله کارایی بسیار زیاد سؤال) وارد نمایید. در انتها نیز اگر سؤالی مد نظر جنابعالی می‌باشد و در سؤالات مطرح شده در این پرسشنامه گنجانده نشده است، می‌توانید این سؤالات را در صفحات آورده شده برای سؤالات ۹، ۱۰ و ۱۱ بیان کرده و امتیاز هر فناوری را برای آن سؤال در ماتریس پاسخ مشخص نمایید.

با تشکر

1. میزان نیاز کشور در دستیابی به این فناوری در نیروگاه‌های حرارتی را چگونه می‌بینید؟

درجه اهمیت سوال:----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود).

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین				تجهیزات بویلر						کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریپهتر	لوله های واتروال و اکونومايزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت		پره متحرک
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			بانی و

(سوالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

2. هزینه دستیابی به دانش فنی و یا بومی سازی این نوع فناوری در نیروگاه های حرارتی را چگونه ارزیابی می کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی							قطعه		
تجهیزات توربین				تجهیزات بویلر						کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			فناوری
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی جذابیت فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

۳. میزان کاهش هزینه‌های بهره‌برداری از نیروگاه‌ها در نتیجه استفاده از این نوع فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

۴. میزان اهمیت توسعه این نوع فناوری در نیروگاه‌های حرارتی را در تأمین برق مطمئن و کافی چگونه می‌دانید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریپهتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

۵. امکان استفاده از این نوع فناوری برای تخمین عمر نیروگاه‌ها و بررسی زمان بازنشستگی آنها را چگونه می‌بینید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریپهتر	لوله های واتروال و اکونومايزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

۶. امکان استفاده از این نوع فناوری در قیمت گذاری نیروگاه‌ها را چگونه می‌بینید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			مخرّب
																			غیر مخرّب
																			مطابقتی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

۷. وضعیت دانش فنی و زیرساخت موجود برای توسعه این نوع فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			مطابقتی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی توانمندی فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

۸. میزان توانمندی مجریان (شرکتها) برای توسعه این نوع فناوری در کشور چگونه می باشد؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه فناوری	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسباتی و نرم افزار

(سؤالات ارزیابی توانمندی فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی)

سؤال ۹:

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه	
تجهیزات توربین				تجهیزات بویلر						کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریپهتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	فناوری
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سؤالات اضافه شده توسط خبرگان)

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه	
تجهیزات توربین				تجهیزات بویلر						کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریبهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	
																			فناوری
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سوالات اضافه شده توسط خبرگان)

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

نیروگاه بخاری										نیروگاه گازی								قطعه	
تجهیزات توربین			تجهیزات بویلر							کمپرسور			توربین گاز						
پره	محفظه بخار و ولوها	پوسته	روتور	لوله اصلی بخار	پمپها	درام	هدرهای بخار	هدرهای آب	لوله سوپرهیتر و ریهیتر	لوله های واتروال و اکونومایزر	روتور	پره متحرک	پره ثابت	پوسته	محفظه احتراق	روتور	پره ثابت	پره متحرک	فناوری
																			مخرب
																			غیر مخرب
																			محاسبی و نرم افزار

(سؤالات اضافه شده توسط خبرگان)

فهرست مطالب

۱-۴-۱-مقدمه.....	۱
چارچوب نظری تدوین اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.	
۳.....	۳
۲-۴-چارچوب نظری تدوین اقدامات و سیاست‌های سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۴
۴-۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه.....	۵
جدول ۴-۲- کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آنها [۳ و ۴ و ۵].....	۸
۴-۲-۲- ابعاد ساختاری در نظام نوآوری فناورانه.....	۲۰
جدول ۴-۳- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه.....	۲۶
جدول ۴-۴- اهداف بررسی مشکلات سیستمی.....	۲۶
فرآیند تدوین اقدامات و سیاست‌های رفع چالش‌های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	
۲۷.....	۲۷
۳-۴- فرآیند تدوین اقدامات و سیاست‌های رفع چالش‌های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۲۸
۴-۳-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۲۹
جدول ۴-۵- بازیگران حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۳۰
جدول ۴-۶- شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه.....	۳۱
جدول ۴-۷- مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۳۳

- ۳۵ ۲-۳-۴ شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ۳۶ ۳-۳-۴ شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- جدول ۴-۸- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس سلیمانی ۳۸
- جدول ۴-۹- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر دکتر موسوی ترشیزی ۳۹
- جدول ۴-۱۰- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس فردینا ۴۰
- جدول ۴-۱۱- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس فلاح ۴۳
- جدول ۴-۱۲- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس مهدی‌زاده ۴۴
- جدول ۴-۱۳- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس خطیر ۴۵
- جدول ۴-۱۴- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس کاظم‌پور لیاپی ۴۷
- جدول ۴-۱۵- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس رعیت‌پور ۴۸
- جدول ۴-۱۶- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مستخرج از جلسه طوفان ذهنی ۵۰
- جدول ۴-۱۷- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۵۴

جدول ۴-۳-۴- سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای رفع چالشهای توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۵۹
جدول ۴-۱۸- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد کارآفرینی در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۵۹
جدول ۴-۱۹- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد خلق و توسعه دانش در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۰
جدول ۴-۲۰- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد انتشار دانش در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۱
جدول ۴-۲۱- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد جهت‌دهی به سیستم در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۳
جدول ۴-۲۲- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد شکل‌دهی به بازار در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۴
جدول ۴-۲۳- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد تأمین منابع در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۵
جدول ۴-۲۴- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد مشروعیت‌بخشی در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۶
جدول ۴-۴- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۶۷
جدول ۴-۵- نتیجه‌گیری	۷۰
مراجع	۷۱
پیوست ۱- اسامی اعضای کمیته راهبری	۷۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۴-۱- نحوه ارتباط سیاستها و اقدامات با چشمانداز و اهداف..... ۱

شکل ۴-۳- فرایند تدوین اقدامات و سیاستهای توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی..... ۲۹

شکل ۴-۴- مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای..... ۳۵

شکل ۴-۵- فرآیند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی..... ۶۷

فهرست جدولها

جدول ۲-۴- کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آنها [۳ و ۴ و ۵].....	۸
جدول ۳-۴- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه.....	۲۶
جدول ۴-۴- اهداف بررسی مشکلات سیستمی.....	۲۶
جدول ۵-۴- بازیگران حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۳۰
جدول ۶-۴- شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه.....	۳۱
جدول ۷-۴- مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی.....	۳۳
جدول ۸-۴- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس سلیمانی.....	۳۸
جدول ۹-۴- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر دکتر موسوی ترشیزی.....	۳۹
جدول ۱۰-۴- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس فردینا.....	۴۰
جدول ۱۱-۴- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس فلاح.....	۴۳

- جدول ۴-۱۲- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس مهدی‌زاده ۴۴
- جدول ۴-۱۳- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس خطیر ۴۵
- جدول ۴-۱۴- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس کاظم‌پور لیاسی ۴۷
- جدول ۴-۱۵- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس رعیت‌پور ۴۸
- جدول ۴-۱۶- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مستخرج از جلسه طوفان ذهنی ۵۰
- جدول ۴-۱۷- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۵۴
- جدول ۴-۱۸- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۵۹
- جدول ۴-۱۹- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد خلق و توسعه دانش در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۰
- جدول ۴-۲۰- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد انتشار دانش در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۱

جدول ۴-۲۱- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۳

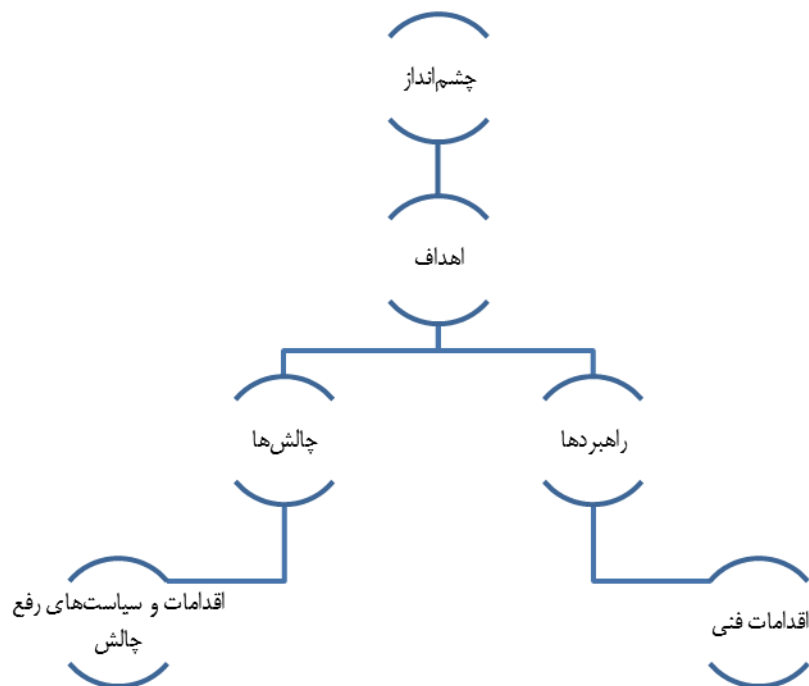
جدول ۴-۲۲- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۴

جدول ۴-۲۳- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تأمین منابع در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۵

جدول ۴-۲۴- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۶۶

۴-۱- مقدمه

در مرحله چهارم طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی»، سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. این سیاستها و اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع مالی و انسانی، مشروعیت‌بخشی و جهت‌دهی به سیستم در حوزه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تعیین می‌شود [۱]. ورودی لازم برای تعیین سیاستها و اقدامات مدیریتی، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک کارشناسان و خبرگان در زمینه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی استخراج می‌شود. به علاوه، در کارکرد توسعه دانش، اقدامات فنی نیز ارائه خواهند شد که ورودی آنها راهبردهای ارائه شده در گزارش مرحله سوم می‌باشد. نحوه ارتباط سیاستها و اقدامات فنی و مدیریتی با چشم‌انداز و اهداف در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- نحوه ارتباط سیاستها و اقدامات با چشم‌انداز و اهداف

ساختار گزارش به این صورت است که، در بخش اول، درباره مبانی نظری تدوین سیاستها و اقدامات سند صحبت می‌شود. سپس، فرایند تدوین سیاستها و اقدامات سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مورد بحث قرار می‌گیرد. بر طبق فرآیند تعریف شده، مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و همچنین بازیگران فعال در این حوزه شناسایی می‌شوند و در نهایت، سیاستها و اقدامات تدوین شده برای رفع موانع توسعه این فناوری‌ها ارائه خواهد شد.

چارچوب نظری تدوین اقدامات و سیاست‌های
توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده
قطعات داغ نیروگاهی

۴-۲- چارچوب نظری تدوین اقدامات و سیاست‌های سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و

عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

مبنای تدوین اقدامات و سیاست‌ها، در این سند، بر اساس نظام نوآوری فناورانه^۱ است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز [۲]، نظام فناورانه عبارت است از «شبکه‌ای پویا از عواملان^۲، که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهمیم هستند.»

نقطه آغاز تحلیل یک نظام نوآوری فناورانه بر یک منطقه جغرافیایی یا یک بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک تکنولوژی یا یک زمینه فناورانه تمرکز دارد. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این نظام به‌عنوان یک گونه‌ی خردنگر^۳ از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری^۴ نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه، و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار، به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. لذا، این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و بهبود عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به‌منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار لازم است؛ به گونه‌ای که تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. این جنبه‌رویکرد نظام نوآوری فناورانه، بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل‌نگر^۵ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. مشخصه دوم متمایز کننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری

1-Technological Innovation System (TIS)

2-Agents

3-Micro oriented

4-Sectoral Innovation System

5-Macro oriented

فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد این نظام بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام نوآوری فناورانه را تشویق به نگرستن به آن به عنوان عاملی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

۴-۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه

هدف هر نظام نوآوری از جمله نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرآیند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه فناورانه به‌ظهور می‌رسد. دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرند. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هریک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعالیت‌های گوناگون محقق شوند. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. در نتیجه چنین تعاملاتی میان کارکردها، حلقه‌های علی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

از آنجایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، نظام نوآوری می‌بایست فراهم‌آورنده چارچوبی برای تحلیل فرآیندی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. بدین منظور، محققان مختلف به تعریف کارکردهای نظام نوآوری پرداخته‌اند. نظرات برخی از این محققان در سال‌های مختلف حول محور کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در جدول (۴-۱) آورده شده است.

کارکردها							محقق
حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	سورز و هکرت (۲۰۰۹)؛ سورز و همکاران (۲۰۱۰، ۲۰۰۹)
ایجاد مشروعیت	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	فن آلفن و همکاران (۲۰۰۹)
مشروعیت‌بخشی	تأمین و تخصیص منابع	ایجاد بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	خلق دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	فن آلفن و همکاران (۲۰۰۹)
توسعه اثرات جانبی مثبت	مشروعیت‌بخشی	شکل‌دهی بازار	تأثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات	توسعه و انتشار دانش	توسعه و انتشار دانش	آزمایش‌های کارآفرینی	برگگ و همکاران (۲۰۰۸)؛ یاکوبسن و همکاران (۲۰۰۸)
ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	الکمداد و همکاران (۲۰۰۷)؛ هکرت و نگرو (۲۰۰۹)؛ هکرت و همکاران (۲۰۰۷)؛ نگرو و همکاران (۲۰۰۸)
حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان	تأمین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	نگرو و همکاران (۲۰۰۷)
	تأمین مالی فرایند نوآوری فعالیت‌های حمایتی	شکل‌دهی بازار محصول جدید	تأمین حداقل‌های کیفی ایجاد و تغییر ساختار صنعتی ایجاد و تغییر قواعد	شبکه‌سازی	تحقیق و توسعه مزیت‌سازی فراهم کردن خدمات مشاوره‌ای		ادکوئیست (۲۰۰۵)
هموار کردن ایجاد اثرات جانبی مثبت	تأمین منابع	هموار کردن شکل‌گیری بازار	هدایت فرایند جستجو	ایجاد دانش جدید			یاکوبسن و برگگ (۲۰۰۴)
	آموزش	مصرف نهایی		ارتباط	تحقیق	اجرا	لیو و وایت (۲۰۰۱)
مشروعیت‌بخشی فناوری و بنگاه	ایجاد نیروی انسانی حمایت هموارسازی تأمین مالی ایجاد بازار نیروی کار	ایجاد بازار و انتشار دانش بازار	هدایت تکنولوژی	افزایش شبکه‌سازی	انجام تحقیقات بازار	ایجاد و انتشار محصول جدید ایجاد و انتشار فرصت نوآورانه	ریکن (۲۰۰۰)



غلبه بر مقاومت در برابر تغییر

تأمین منابع

ایجاد و شبیه‌سازی بازار

هدایت فرایند جستجو

هموارسازی تبادل دانش

تأمین مشوق‌ها برای بنگاه‌ها

شناسایی پتانسیل‌های توسعه

و اطلاعات

جانسون (۱۹۹۸)

با مرور بخش عمده‌ای از مقالاتی که به دست‌بندی کارکردها پرداخته‌اند، هفت کارکرد اصلی مورد شناسایی قرار می‌گیرند. مجموعه کارکردهای ذکر شده به‌همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول (۴-۲) ارائه شده است.

جدول ۴-۲- کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آنها [۳ و ۴ و ۵]

کارکرد	توصیف	شاخص
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 انجام شده
خلق دانش	دربگیرنده‌ی 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 در حین 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	دربگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است که با هدف پراکنده‌سازی ^۱ و به‌اشتراک‌گذاری ^۲ دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تاملی 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 متشکل از بازیگران موجود در نظام فناوریانه، میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل‌کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
جهت‌دهیبه سیستم	اشاره به فعالیت‌هایی دارد که متجر 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 و میزان شکل‌گیری انتظارات درباره‌ی آینده‌ی فناوری
شکل‌دهی بازار	شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می‌گردد.	تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری، تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار، میزان عدم‌قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران، 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	دربگیرنده‌ی 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

حال، به مرور مفاهیم این کارکردها خواهیم پرداخت.

فعالیت‌های کارآفرینی

1-Dissemination

2-Sharing

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به‌شمار می‌روند. فعالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرآیندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارت است از تبدیل دانش فنی موجود، به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی صورت می‌گیرد. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص، به‌عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند.

به‌طور کلی، می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد؛ ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید. در ایجاد فرصت‌های کاری جدید، کسب سود به‌طور مستقیم مورد هدف قرار می‌گیرد. درحالی‌که، در شناساندن فرصت‌های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (و در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که بطور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. درحقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌کند. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از تکنولوژی موجود گردد. بنابراین، توسعه دانش از یک سو لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی مرتبط با تکنولوژی همراه است.

در ادبیات مدیریت فناوری، نمونه‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده‌اند. مانند:

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت‌پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی تکنولوژی
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه‌ی تجاری‌سازی تکنولوژی
- تأسیس شرکت‌های نوپا

- ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه تکنولوژی
- ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه‌ی تکنولوژی
- فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن تکنولوژی
- برگزاری نمایشگاه تکنولوژی

۳ خلق و توسعه دانش

کارکرد خلق و توسعه دانش، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌توانند در فرایند یادگیری^۱ قرار گیرند. بدیهی است که این کارکرد در قلب فرایند نوآوری و در نتیجه در قلب یک نظام نوآوری جای دارد. بنابراین، تحقق این کارکرد پیش‌نیاز توسعه نظام نوآوری فناورانه تلقی می‌گردد و جزء کارکردهایی است که می‌بایست پیش از کارکردهای دیگر محقق گردد. این یادگیری در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان صادق است. با این وجود، تأکید بیشتری در رابطه با یادگیری دانش فنی تکنولوژی نوظهور وجود دارد. از این منظر (دانش فنی مورد تمرکز)، می‌توان کارکرد خلق دانش را به دو دسته تقسیم کرد: خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی (مدیریتی).

فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. از مهم‌ترین انواع یادگیری رخ داده در راستای تحقق این کارکرد، یادگیری در حین جستجو^۲ (یادگیری کتابخانه‌ای)، یادگیری در حین انجام کار^۳، یادگیری در حین تعامل^۴ و یادگیری در حین استفاده^۵ می‌باشد. البته، می‌بایست به این موضوع توجه داشت که یادگیری در حین تعامل، در صورت وقوع، به صورت اشکال مختلف در قالب این کارکرد قرار می‌گیرد. از جمله تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالتی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را ندارد (همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی

۱- برخی از محققان این کارکرد را کارکرد یادگیری نام نهاده‌اند.

2- Learning by searching

3- Learning by doing

4- Learning by interacting

5- Learning by using

قابل توجهی وجود ندارد) و تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم که دانش از بازیگر خارجی به بازیگر داخلی جریان می‌یابد.

می‌توان برای دانش موجود در سیستم، سطوح مختلفی را متصور شد. این سطوح عبارتند از سطح بنگاه، صنعت و جامعه. دانش موجود در سطح بنگاه عبارتست از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دستیابی به آن می‌بایست آن را درون بنگاه‌ها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و فرایند تولید آن‌ها در حیطه تخصصی بنگاه‌ها است و معمولاً بنگاه‌ها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاه‌ها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت مورد نظر شد. دانش موجود در سطح جامعه نیز همچون دانش موجود در سطح صنعت متعلق به مجموعه‌ای از بازیگران موجود در آن جامعه است. برای اکتساب این نوع از دانش نیز می‌بایست وارد جامعه مورد نظر شویم. از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآورده شدن کارکرد خلق و توسعه دانش را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره فناوری
- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی فناوری
- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی فناوری در ناحیه‌ای از محیط به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)^۱
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (پروتوتایپ)^۱

انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم^۲ و به اشتراک‌گذاری^۳ دانش^۴ و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. یک عامل ساختاری ضروری برای تحقق انتشار دانش، شبکه است. یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش)، به طور کامل به بازیگر خواهان دانش منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی، توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع شبکه‌ها عبارتند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک^۵. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیلکرده دانشگاهی با محوریت فناوری
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران و سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته

با موضوع فناوری

1- Prototype

2-Dissemination

3-Sharing

۴- همان‌طور که کارکرد خلق دانش مشتمل بر خلق دانش فنی و غیرفنی است، کارکرد انتشار دانش نیز قابل تقسیم به انتشار دانش فنی و

انتشار دانش غیرفنی می‌باشد.

5- Joint venture

• تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

● جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از سطح فراسیستم^۱ و سطوح کلان^۲ و خرد سیستم^۳. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه فناوری انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به‌علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر روی تعدادی از آن‌ها تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به‌هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه‌های توسعه با وجود تخصیص منبع، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

می‌توان فعالیت‌های انجام شده‌ی مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی^۴، شناختی^۵ و هنجاری^۶. درحقیقت، فعالیت‌های رخ داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادهای می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش‌رو افزایش دهند

۱- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

۲- سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه‌ی تکنولوژی تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

4- Regulative

5- Cognitive

6- Normative

(شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه فناوری منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از فناوری‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از تکنولوژی‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در این پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح می‌شوند (گونه‌ی هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه‌ی وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و بطور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به سوی گزینه‌های خاص شود.

نمونه‌هایی از رخداد‌های مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

- وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد فناوری در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی فناوری
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های فناوری
- قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
- تدوین استانداردها

● شکل‌دهی به بازار

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن فناوری نسبت به فناوری‌های موجود در بازار، در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های جدید توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. بنابراین، نیاز است تا با هدف حمایت از نوآوری، شرایطی قابل رقابت در بازار برای تکنولوژی نوین پدید آورد. در واقع، می‌بایست با انجام

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، برای رقابت تکنولوژی جدید با سایر تکنولوژی‌ها، محیطی کنترل شده پدید آورد. نوع فعالیت‌ها و هدف میان مدت آن‌ها در طول دوره تکامل تکنولوژی متغیر است. به بیان دیگر، با توسعه تکنولوژی و افزایش قابلیت‌های آن، نوع فعالیت‌های مربوط به تکنولوژی و هدف آن‌ها برای توسعه بازار نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها تغییر می‌کند.

درحقیقت، یک تکنولوژی در مسیر رشد و توسعه خود نیازمند دستیابی به قابلیت‌هایی است که به واسطه آن‌ها بتواند در بازار نفوذ کرده و به سوی بلوغ خود حرکت نماید. شکل‌گیری بازار هر تکنولوژی با پیدایش سه قابلیت همراه خواهد بود. قابلیت‌های فنی^۱، قابلیت‌های اقتصادی^۲ و قابلیت‌های بازار^۳ (شکل ۴-۲). به عبارت دیگر، شکل‌گیری بازار تکنولوژی در قالب دستیابی به این سه قابلیت تجلی پیدا می‌نماید. با دستیابی به هر قابلیت، توانایی‌هایی از ابعاد گوناگون در تکنولوژی ایجاد می‌گردد و زمینه را برای نفوذ تکنولوژی در بازار آماده می‌کند. در این جا مناسب است تا منظور از هر دسته از قابلیت‌ها که پیش‌نیازی برای ورود تکنولوژی به بازار است روشن گردد:

● قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی دارند که یک تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به عبارت دیگر، زمانی که یک تکنولوژی از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرتکنولوژی‌های لازم برای تولید آن تکنولوژی ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل موردنیاز موجود است، دانش کافی برای انتقال تکنولوژی در اختیار است، کلیه اجزای فنی آن تکنولوژی با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، تکنولوژی به خروجی قابل قبول خود دست یافته (تکنولوژی درست عمل می‌کند) و درنهایت، تکنولوژی از قابلیت اطمینان^۴ بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت در مورد یک تکنولوژی مفروض، می‌توان از پشتیبانی کامل فناورانه در آن تکنولوژی اطمینان حاصل نموده و دستیابی به تکنولوژی را چه از بعد تولیدی و چه از بعد انتقال تکنولوژی ممکن دانست.

1- Technological Potential

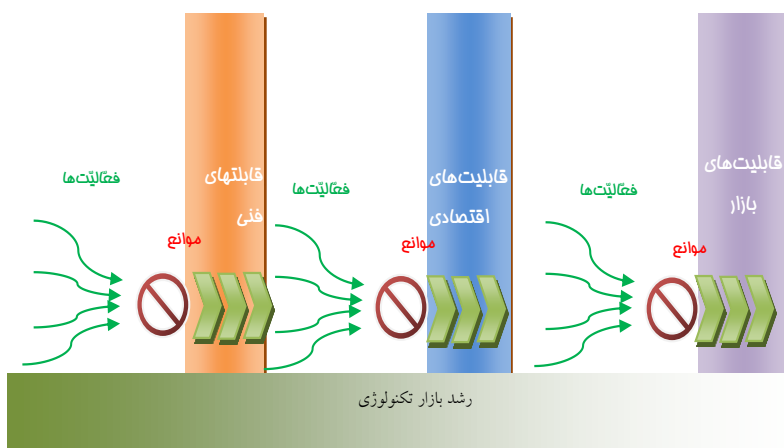
2- Economical Potential

3- Market Potential

4- Reliability

• قابلیت اقتصادی به قابلیت‌هایی اشاره دارد که تکنولوژی با دارا بودن آنها از لحاظ اقتصادی به صرفه تلقی می‌گردد. اگر یک تکنولوژی از قابلیت‌های اقتصادی برخوردار باشد، تحلیل هزینه-فایده^۱ در مورد آن تکنولوژی نتیجه‌ای مثبت (چیرگی فایده بر هزینه) به همراه داشته، هزینه‌های تولید، مونتاژ و یا انتقال آن به صرفه بوده، خروجی تولید شده از تکنولوژی دارای ارزش بالا بوده و در مجموع، ورود به بازار این تکنولوژی پربازده تلقی می‌گردد. به طور قطع، زمانی یک تکنولوژی قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است.

• قابلیت بازار در یک تکنولوژی به این معنی خواهد بود که علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های فنی و اقتصادی، تکنولوژی، توانایی رقابت با سایر گزینه‌های موجود در بازار را داشته، با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و در نهایت قادر خواهد بود در کنار امکان‌پذیری فنی و اقتصادی، در بازار با موفقیت توسعه پیدا کند. زمانی که یک تکنولوژی بتواند به این قابلیت دست پیدا کند، تمام شرایط برای ورود به بازار در آن مهیا شده و از این پس، با این تکنولوژی به صورت یک محصول تجاری برخورد می‌شود.



شکل ۴-۲- نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی

کارکرد شکل‌دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجاد تقاضا برای تکنولوژی در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که، در این کارکرد، گزینش نهایی توسط مجریان و مصرف‌کنندگان تکنولوژی انجام می‌شود؛ در حالی که، در کارکرد جهت‌دهی به سیستم، مجریان نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین، می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقلام در ادامه آورده شده است:

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار

- شفاف‌سازی پتانسیل بازار

- تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی

- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار

- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران

- هزینه‌های مصرف تکنولوژی

تأمین منابع

مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه نظام نوآوری در راستای تحقق کارکرد تأمین منابع قرار می‌گیرند. دسترسی به منابع مورد نیاز، یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه است. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرند، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت تکنولوژی، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و

قابلیت‌های متمایز، یک تکنولوژی نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. بنابراین، نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بعد مختلف امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
 - منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
 - منابع مصرفی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
 - منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل^۱ موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
- این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده گردد. هرچه سطح بلوغ تکنولوژی نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌توانند منجر به تحقق این کارکرد شوند، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل
- تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی از خارج از کشور
- در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی موردنظر

➤ مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن آن‌ها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان محقق‌کننده این کارکرد دانست. برای توضیح بیشتر، می‌توان گفت که ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای

۱- منظور از این اقلام، مکمل‌هایی است که مختص نظام نوآوری مورد نظر نیستند و به راحتی می‌توان آنها را از نظام‌های دیگر تأمین کرد.

منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران تکنولوژی جدید، بر لختی^۱ موجود غلبه نمایند. این کارکرد، در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرایند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر، از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه منجر می‌شود. کارکرد مشروعیت‌بخشی و حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان تکنولوژی صورت می‌پذیرد. لذا، شبکه‌ها و تعاملات، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این رو، در ارتباط با تکنولوژی مطلوب و نیز روش دستیابی به آن اختلاف نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه تکنولوژی کار ساده‌ای نمی‌باشد. در اینجا، وجود شبکه‌ها علاوه بر تسهیل انتشار دانش میان بازیگران، به همگرا ساختن آنان نیز کمک می‌کند. بنابراین، از یک سو، بازیگران موجود در نظام نوآوری با یکدیگر همکاری زیادی ندارند و از سوی دیگر، به علت آنکه توسعه تکنولوژی نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی تکنولوژی‌های دیگر می‌گردد، بازیگران مربوط به تکنولوژی‌های موجود (رقیب تکنولوژی نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجهی با یکدیگر هستند، با توسعه تکنولوژی نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن تکنولوژی نوظهور به‌عنوان بخشی از نظام فنی جدید، و مقاومت در برابر مقابله‌های انجام گرفته از سوی بازیگران موجود، اهمیت دارد. نمونه‌ای از رخدادهای و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه
- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه تکنولوژی و محصولات مربوط به آن

۱- نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- میزان حمایت از تکنولوژی موردنظر در رسانه‌ها

۴-۲-۲- ابعاد ساختاری در نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران^۱، نهادها^۲، فناوری‌ها^۳ و روابط و شبکه‌ها^۴.

بازیگران

دسته بازیگران شامل تمام سازمان‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام نوآوری فناورانه وابسته به وجود مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است. تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران بخش خصوصی، بازیگران دولتی، توسعه‌دهندگان فناوری و گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری، نقش پیشرو^۵ را دارند و سایر

1- Actors

2- Institution

3- Technology

4- Network

5- Enactor

بازیگران، پیرو^۱ هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست. همچنین، برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه، بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را می‌توان برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کرد؛ جامعه مدنی، سازمان‌های غیردولتی (NGO^۲)، شرکت‌ها (نوبیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط، شرکت‌های چند ملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، مؤسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها شامل سازمان‌های حقوقی، مؤسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای، بیمه‌ها و مشاوران از جمله بازیگران مختلفی هستند که می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند. این نقش‌های متفاوت عبارتند از نقش سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و خدمت‌رسانی.

نهادها

نهادها در نظام نوآوری فناورانه دو نوع هستند: نهادهای رسمی و نهادهای غیر رسمی [۲]. نهادهای رسمی قواعدی مدون شده هستند و توسط افراد ذیصلاح ملزم به اجرا شدن می‌گردند. از طرفی، نهادهای غیررسمی ضمنی‌تر هستند و در نتیجه فرایند تعامل بازیگران شکل می‌گیرند. نهادهای غیررسمی می‌توانند هنجاری یا شناختی باشند. قواعد هنجاری همان ارزش‌ها و هنجارهای اجتماعی با جنبه‌های اخلاقی هستند؛ درحالی‌که قواعد شناختی را می‌توان چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی دانست [۳].

1- Selector

2-Non Governmental Organization

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی، تصمیمات سیاستی، بخش‌نامه‌ها و یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. نمونه‌هایی از قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی^۱ (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسأله هستند [۲]، [۶]. همچنین، می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

برای یک نظام نوآوری تکنولوژیکی که در مرحله‌ی سازندگی^۲ است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی (به‌ویژه از نوع رسمی) کمی وجود دارند و حتی قواعد موجود، با فناوری در حال ظهور، ناسازگاری دارند. انتظار می‌رود که قواعد شناختی برای هدایت بازیگران، به‌ویژه پیروان، در مراحل اولیه حمایت از فناوری نوظهور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. علاوه بر آن، نگاه‌ها و انتظارات، به جهتی، تنها علت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر^۳ مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای بر هم زدن ساختارهای موجود از طریق تطبیق دادن آن‌ها با حالت مطلوب خویش و یا ایجاد ساختارهای جدید، تلاش می‌کند. از منظر مداخله، عوامل نهادی به علت هدف واقع شدن توسط سیاست‌های حاکمیتی و حتی راهبردهای کسب و کار، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. علاوه بر آن، حضور مهارت‌ها و اشتیاق پیشروان و پیروان، تنها می‌تواند به صورت غیرمستقیم از طریق ساختار نهادی نظام نوآوری فناورانه تحت تأثیر قرار گیرد. این ساختار از طریق برنامه‌ی حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و موارد دیگر بر این بازیگران اثر می‌گذارد. همچنین، ماهیت ساختار فناورانه از دایره‌ی اثر مستقیم بسیاری از بازیگران، به ویژه حاکمیت، خارج است.

زیرساخت‌ها

- 1- Heuristic
- 2- Formative
- 3- Risk-taking

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به صورت یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند، از اهمیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردار است. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی تر فناوری همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به نظر می‌رسد. به عنوان نمونه، در رابطه با مورد نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلاینده‌گی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، در صورت تشخیص یک فناوری به عنوان فناوری با اثرات منفی زیست‌محیطی، ممکن است نظام نوآوری فناورانه با وجود جذاب بودن آن فناوری برای مجموعه بزرگی از بازیگران و توسعه یافتن نهادهایی در رابطه با آن، دست به توقف آن فناوری بزند.

در صورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک مکانیزم بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، ارائه یارانه برای تحقیق و توسعه در حمایت از یک فناوری نوظهور راه را برای اجرای طرح‌های حمایتی با جزئیات بیشتر (شامل نمایش‌های علمی) هموار خواهد کرد. این اقدام نیز می‌تواند منجر به بهبودهای فناورانه بیشتر گردد.

🔗 روابط و شبکه‌ها

مؤلفه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه، صرفاً سنگ بنای آن محسوب می‌شوند. این بخش، فراهم آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط ممکن است.

روابط:

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد.

برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن، هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مسأله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی^۱) یا تقویت کنند (همگرایی). از این طریق، نهادها می‌توانند به یک جنبه فناورانه سود (زیان) رسانند و بالعکس. برای مثال، یک بخشنامه برای کاهش آلودگی‌های خودرو می‌تواند به استفاده از فناوری پاک کمک کند. مثال دیگر نیز می‌تواند اثر زیرساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران باشد. روابط بین بازیگران و نهادها و بین بازیگران و فناوری‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند. هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی است. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

شبکه‌ها:

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از روش‌های حل مسأله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی^۲، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی و روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به‌شمار می‌روند.

شبکه‌ها، فراهم‌آورنده‌ی شکلی از همکاری هستند که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله‌مراتبی‌ها (برای مثال در بنگاه‌ها) قرار می‌گیرد [۲]. شبکه‌ها، همچنین، بین اعتماد و رقابت میان بازیگران مستقل با علائق

1- Misalignment

2- Industry association

ناهمگون تعامل برقرار می‌کنند. حفظ این تعامل در محیطی مهم تلقی می‌گردد که توسعه فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب^۱ مفهومی و عملی دانش است.

از آنجایی که تعاملات دینامیک و پویا است، در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان یکی از عناصر ساختاری سیستم، مشکل است. در بعضی از مقالات، برای توصیف ارتباط و همکاری میان بازیگران از عبارت "شبکه" استفاده شده است؛ ولی یک "شبکه" می‌تواند به عنوان یک شکل بزرگتر بازیگران سازمانی نیز در نظر گرفته شود. با این وجود، تعاملات، محدود به اتفاق افتادن در درون شبکه‌ها نیستند. در مراحل اولیه توسعه یک سیستم، شبکه‌ای وجود ندارد، ولی تعاملات دو طرفه میان بازیگران اتفاق می‌افتد. پس، تمرکز اصلی در این مطالعه بر "روابط" است که در دو سطح شبکه‌ها و تماس‌های فردی می‌تواند مورد تحلیل واقع شود.

جدول (۳-۴) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش ها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> • دولت و جامعه مدنی • شرکتها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی • سازمان‌های مردم نهاد • بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانونگذاری، بانک‌ها/ سازمان‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی مشاورین
نهادهای	<ul style="list-style-type: none"> • سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها • نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...
تعاملات	<ul style="list-style-type: none"> • در سطح شبکه • در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	<ul style="list-style-type: none"> • تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... • دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

قابل ذکر است که، چالش‌هایی که در ارتباط با ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه تحت عنوان مشکلات سیستمی بررسی می‌شوند، از دو منظر وجود ابعاد ساختاری، و میزان قوت آنها مورد مطالعه قرار خواهند گرفت. مشکلات سیستمی و اهداف بررسی آنها در جدول (۴-۴) آمده است.

جدول ۴-۴- اهداف بررسی مشکلات سیستمی

مشکل سیستمی	نوع مشکل سیستمی	هدف بررسی مشکل
مشکلات بازیگران	وجود؟	تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع (NGOها، شرکت‌ها، دولت و ...)
مشکلات تعاملات	توانایی؟	ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)
مشکلات نهادی	وجود؟	تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)
مشکلات زیرساختی	شدت؟	ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف
مشکلات سیستمی	وجود؟	تضمین وجود نهادهای (سخت و نرم)
مشکلات سیستمی	توانایی؟	جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند .
مشکلات سیستمی	وجود؟	تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.
مشکلات سیستمی	کیفیت؟	تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.

فرآیند تدوین اقدامات و سیاست‌های رفع
چالش‌های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و
عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۳-۴- فرآیند تدوین اقدامات و سیاست‌های رفع چالش‌های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

اقدامات و سیاست‌های رفع چالش‌ها، مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. این اقدامات و سیاست‌ها راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در بخش مبانی نظری اشاره شد، مبنای تدوین اقدامات و سیاست‌ها در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. فرآیند تدوین اقدامات و سیاست‌ها در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.



شکل ۴-۳- فرایند تدوین اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

همان طور که در شکل (۳-۴) نشان داده شده است، در مرحله اول، وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص می‌شود. بدین منظور، ابتدا مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تعیین می‌شود. سپس، بازیگران نظام توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی شناسایی می‌شوند. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت، از طریق مصاحبه با متخصصان و برگزاری پنل خبرگان تعیین می‌گردد. چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شوند و فهرست نهایی چالش‌های توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مشخص می‌شود. در مرحله آخر، اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ارائه می‌شود. در ادامه، این مراحل توضیح داده شده است. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در تمامی این مراحل از طریق مصاحبه با متخصصان و کارشناسان آشنا با حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و برگزاری پنل خبرگان با اعضای شورای راهبری طرح استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه خواهد شد.

۴-۳-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین اقدامات و سیاست‌ها، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و نیز بازیگران نظام توسعه این فناوری‌ها در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۴-۳-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش هایی را ایفا می کنند. این بازیگران می توانند شامل بخش دولتی، شرکت های تولیدکننده، شرکت های مشاور، دانشگاه ها، مراکز پژوهشی، موسسات مالی، موسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در حوزه های کارآفرینی، خلق و توسعه دانش، انتشار دانش، جهت دهی به سیستم، شکل دهی به بازار، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و مشروعیت بخشی به توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مشخص شده اند که اسامی آنها در ادامه ارائه می شود. بر اساس اطلاعات موجود، مهم ترین بازیگران شناسایی شده در ارتباط با فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به شرح جدول (۴-۵) هستند. از میان این بازیگران، پژوهشگاه نیرو و شرکت های مپنا (پرتو، توگا، موادکاران و مپنا بویلر) و شرکت قطعات توربین شهریار به عنوان بازیگران پیشرو و سایر بازیگران پیرو قلمداد شده اند. همچنین، توضیحات مبسوط در مورد نقش هر یک از این بازیگران در توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در فصل پنجم سند ارائه خواهد شد.

جدول ۴-۵- بازیگران حوزه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

کارکرد	بازیگران
کارآفرینی	وزارت نیرو (شرکت قطعات توربین شهریار و ...) وزارت صنعت، معدن و تجارت وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح شرکت های خصوصی (مپنا: پرتو، توگا، مپنا بویلر و ...)
خلق و توسعه دانش	دانشگاه ها (علم و صنعت، تهران، تربیت مدرس، صنعتی شریف، صنعتی اصفهان، صنعتی خواجه نصیر، صنعتی امیرکبیر، شهید بهشتی، شیراز، مالک اشتر، علوم و تحقیقات، پژوهشکده صنعت نفت، پژوهشکده مواد و انرژی) مراکز پژوهشی وابسته به وزارت نیرو (شرکت تعمیرات نیروگاهی، پژوهشگاه نیرو، شرکت قطعات توربین شهریار و ...) شرکت های مپنا (پرتو، توگا، موادکاران، مپنا بویلر و ...)

کارکرد	بازیگران
	شرکت‌های تحقیقاتی
	مراکز پژوهشی وابسته به وزارت دفاع
انتشار دانش	توانیر (دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق)
	وزارت صنعت، معدن و تجارت
	دبیرخانه کنفرانس نگهداری و تعمیرات دبیرخانه کنفرانس تجهیزات دوار در صنعت نفت و نیرو انجمن مهندسين متالورژی ایران (دبیرخانه کنگره سالانه انجمن مهندسين متالورژی ایران) انجمن مهندسين برق و الکترونیک (دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی نیروگاه‌های برق)
جهت‌دهی به سیستم	وزارت نیرو (پژوهشگاه نیرو، دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری و ...)
	وزارت صنعت، معدن و تجارت
	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری سازمان توسعه برق ایران
شکل‌دهی به بازار	وزارت نیرو (توانیر، سازمان توسعه برق ایران و ...)
	مپنا وزارت صنعت، معدن و تجارت وزارت نفت
تأمین منابع	وزارت نیرو (توانیر و ...)
	سندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
	سندوق توسعه فناوری‌های نوین
	سندوق توسعه تکنولوژی
	دیگر صندوق‌ها و منابع مالی در سطح صنعت وزارت نفت
پارک‌های علم و فناوری برق‌های منطقه‌ای دانشگاه‌ها مراکز تحقیقاتی پژوهشگاه‌ها مؤسسات آموزشی خصوصی	
مشروعیت‌بخشی	وزارت نیرو (توانیر و ...)
	وزارت نفت

۴-۳-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

مرحله توسعه هر نظام فناورانه بر اساس وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری و مجموعه‌ای از شاخص‌ها یا نشانه‌های تحقق مرحله توسعه تعیین می‌شود. این مراحل عبارتند از: پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری، سرعت‌گیری، تثبیت. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۶ شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه

آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ارائه شده است؟

بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد

شده‌اند؟ آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟

آیا فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد ارائه می‌شود؟

و یا آیا بکارگیری انبوه فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟

و یا آیا بکارگیری انبوه فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟

آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟

وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟

نرخ ورود ارائه‌دهندگان فناوری چگونه است؟

نرخ کاهش قیمت فناوری چگونه است؟

نرخ فروش فناوری چگونه است؟

آیا انجمن‌ها و سندیکاهای مربوطه شکل گرفته‌اند؟

بر اساس سوالات فوق و وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، می‌توان مرحله توسعه این فناوری‌ها را مشخص کرد. برخی از فناوری‌های ارزیابی وضعیت به سطح کاربرد رسیده‌اند ولی با توجه به گستردگی قطعات داغ و تنوع آلیاژهای به کار رفته در قطعات مختلف، حجم گسترده‌ای از این فناوری‌ها همچنان نیاز به توسعه دارند. همچنین، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی از عمده بازیگران فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی هستند و در توسعه این فناوری‌ها نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند. به علاوه، جدیداً، شرکت‌های دانش‌بنیان نیز علاوه بر مراکز پژوهشی و دانشگاه‌ها وارد این عرصه شده‌اند. از سوی دیگر، قوانین و مقررات نیز تا حدی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در حال شکل‌گیری است؛ در حالی که تعاملات و روابط بین افراد و شرکت‌های فعال در این حوزه همچنان شکل نگرفته است. این ویژگی‌ها در مصاحبه‌هایی که با خبرگان به منظور شناسایی مرحله توسعه و چالش‌های پیش روی توسعه فناوری انجام شد، مورد بحث قرار گرفت. در نتیجه جمع‌بندی نظرات خبرگان (که در بخش ۳-۳-۴ به تفصیل بیان می‌شوند)، می‌توان اینگونه استنباط کرد که فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مرحله «توسعه» قرار دارند. جمع‌بندی

نتایج مصاحبه‌های انجام شده به صورت جدول (۴-۷) ارائه شده است. همچنین، قابل ذکر است که اسامی مصاحبه‌شوندگان نیز در بخش ۴-۳-۳ آورده شده است.

جدول ۴-۷- مرحله توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

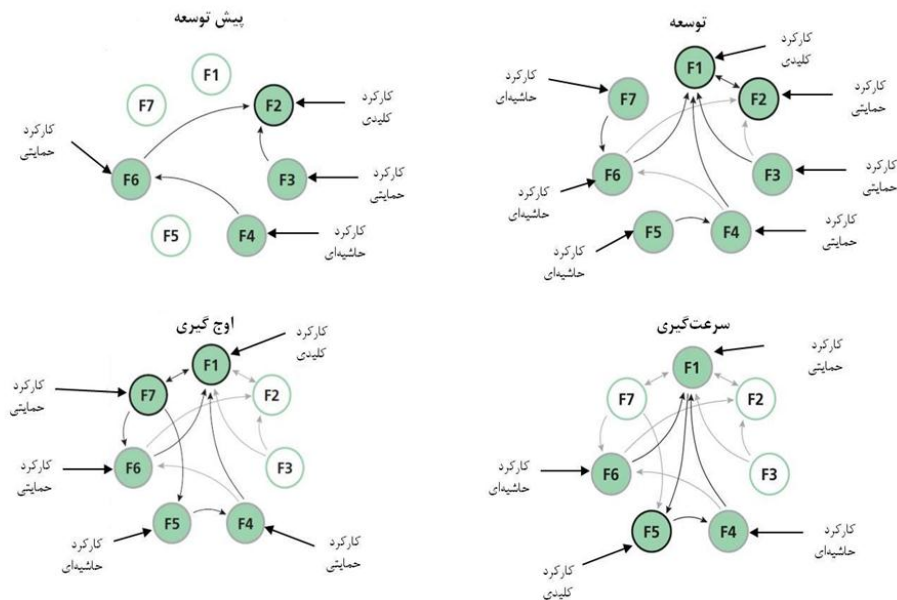
تثبیت	سرعت گیری	اوج گیری	توسعه	پیش توسعه	
<ul style="list-style-type: none"> تمام بازیگران در این حوزه فناورانه به صورت فعال حضور دارند. 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقبای حوزه توسعه فناوری به شدت افزایش می یابد. نقش بانکها و مؤسسات دولتی پررنگ می شود. نقش دولت در تنظیم گری پررنگ می شود. 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن ها و سندیکاها شکل گرفته اند. شرکت های دانش بنیان افزایش میابند. نقش دولت در سیاست گذاری (قابله گری) پررنگ می شود. 	<ul style="list-style-type: none"> شرکت های دانش بنیان علاوه بر دانشگاه ها و مراکز پژوهشی فعال می شوند. شرکت های سرمایه گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می کنند. نقش دولت در سیاست گذاری (حامله گری) پررنگ می شود. 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد دانشگاه ها و مراکز پژوهشی کم است. نقش تسهیل گری دولت کم کم شکل می گیرد. 	بازیگران
<ul style="list-style-type: none"> شبکه های علمی قوی وجود دارند. شبکه های صنفی قوی وجود دارند. 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه های علمی قوی وجود دارند. شبکه های صنفی در حال قوی شدن است. 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه های علمی در حال قوی شدن است. شبکه های ضعیف صنفی کم کم شکل می گیرد. 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه های ضعیف علمی شکل می گیرد. 	<ul style="list-style-type: none"> روابط فردی شکل گرفته است. شبکه های مربوط به فناوری وجود ندارند. 	تعاملات
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت متنوعی وجود دارد. 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها صورت می گیرد. 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت شکل گرفته است. 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت در حال شکل گیری است. 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می گیرد. نهاد سختی هنوز وجود ندارد. 	نهادهای
<ul style="list-style-type: none"> زیرساخت های توسعه فناوری به حد اعلی خود رسیده است. 	<ul style="list-style-type: none"> زیرساخت های مادی کامل و زیرساخت های غیرمادی در حال شکل گیری است. 	<ul style="list-style-type: none"> زیر ساخت های سخت افزاری شکل گرفته است و زیرساخت های نرم افزاری در حال شکل گیری است. 	<ul style="list-style-type: none"> زیر ساخت های سخت افزاری فناوری در حال شکل گیری است. 	<ul style="list-style-type: none"> هیچ گونه زیرساخت فناوری وجود ندارد. 	زیرساخت ها

۴-۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد. لذا، هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کنیم. هدف یک نظام نوآوری، انتقال نظام مورد نظر از یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته، باید توجه داشت که لزوماً مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مد نظر است.

نکته اصلی در اینجا نحوه انتقال از یک مرحله به مرحله دیگر است. کارکردهای هر مرحله به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله انتقال به مرحله بعدی است. شکل (۴-۴) مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر مرحله را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴- مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

در بخش قبل مشخص شد که نظام توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مرحله «توسعه» قرار دارد. بر اساس شکل فوق، زمانی که سیستم در مرحله توسعه قرار داشته باشد و هدف ما رسیدن به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری باشد، هر ۷ کارکرد نظام نوآوری فناورانه باید محقق شوند. از این رو، در بخش بعدی فرایند تدوین اقدامات و سیاستها، چالش‌های مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در این ۷ کارکرد شناسایی می‌شود.

۴-۳-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

به منظور تدوین اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز در سند توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، چالش‌های مربوط به هر یک از ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه شامل بازیگران، تعاملات، نهادها و زیرساخت‌ها، در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه شامل کارآفرینی، خلق و توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌دهی به بازار، بسیج منابع و مشروعیت بخشی از سوی تعدادی از متخصصان این حوزه شناسایی شد که در این فصل در ابتدا خلاصه‌ای از نظرات خبرگان بیان می‌شود و سپس چالش‌های توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در هر یک از کارکردها دسته‌بندی می‌گردد. در ادامه، اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع این چالش‌ها تعیین می‌گردد.

به منظور تعیین چالش‌های پیش‌روی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به دو طریق عمل شد. در روش اول، با ۸ نفر از متخصصان صنعتی، دانشگاهی و سیاست‌گذاران مختلف، مصاحباتی صورت گرفت و از نتایج این مصاحبه‌ها برخی از مشکلات توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی استخراج شد. در روش دوم، با استفاده از روش طوفان ذهنی^۱، طی برگزاری یک پنل خبرگان، سعی در تقابل و هم‌افزایی نظرات متخصصان داشتیم که در نتیجه این پنل، برخی دیگر از مشکلات پیش‌روی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت در نیروگاه‌ها روشن گردید. پنل خبرگان مذکور با

حضور اعضای کمیته راهبردی برگزار شد که اسامی ایشان در پیوست (۱) آورده شده است. همچنین، اسامی افرادی که با آنها مصاحبه شده است نیز، به شرح زیر است:

۱. آقای مهندس سلیمانی (رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت تهران سمع اندیس)
۲. آقای دکتر موسوی ترشیزی (استاد دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور - رئیس سابق پژوهشگاه نیرو)
۳. آقای مهندس فردنیا (کارشناس امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا - بازنشسته دفتر فنی توانیر)
۴. آقای مهندس فلاح (مدیر گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو)
۵. آقای مهندس مهدی‌زاده (کارشناس ارشد گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو)
۶. آقای مهندس خطیر (سرپرست تحقیق و توسعه و متخصص پره‌های توربین نیروی هوایی)
۷. آقای مهندس کاظم‌پور لیاوسی (کارشناس ارشد گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو)
۸. خانم مهندس رعیت‌پور (کارشناس ارشد گروه متالورژی پژوهشگاه نیرو - مدیر پروژه)

حال، در جداول (۴-۸) تا (۴-۱۶) به ترتیب به بیان نظرات افراد و همچنین به بیان نتایج حاصل از برگزاری جلسه طوفان

ذهنی پرداخته‌ایم.

جدول ۴-۸- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

سلیمانی

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در صنایع نیروگاهی، کارآفرینان صرفاً و مستقلاً برای ارزیابی وضعیت و تخمین عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی وجود ندارند. زیرا این فعالیت‌ها پیش نیاز افزایش عمر قطعات است و به خودی خود سودآوری برای نیروگاه ایجاد نمی‌کند. ولی شرکت‌های اجرایی بازسازی‌کننده قطعات داغ توریینی وجود دارند که بررسی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ را نیز انجام می‌دهند. به طور کلی، در مورد کمیت کارآفرینان این حوزه مشکلی وجود ندارد و مشکلات بیشتر معطوف به قوانین حاکم بر فعالیت شرکت‌ها و همچنین روابط بین این شرکت‌ها است.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	مهمترین چالش در زمینه خلق و توسعه دانش، ضعیف بودن ارتباط بین پژوهشگاه‌ها و شرکت‌های ذینفع است. همچنین، دانشگاه‌ها در تولید دانش، بدون توجه به روش کاربردی کردن پژوهش‌های خود فعالیت میکنند در حالی که کیفیت اساتید در دانشگاه‌ها مطلوب است. در صورتی که روش مناسبی برای کاربردی کردن مطالعات دانشگاهی وجود داشته باشد، این مشکل می‌تواند حل شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به تدریس دروس مطالعه موردی (Case Study) در داخل دانشگاه‌ها توسط صنعتگران و متخصصین صنعتی اشاره کرد.
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، انتشار دانش تا حدودی انجام می‌پذیرد. لیکن، به دلیل نبود ارتباط بین صنعت و دانشگاه، از دانش منتشر شده به خوبی استفاده نمی‌شود؛ یعنی شرکت‌هایی به منظور عملی کردن و به اجرا درآوردن دانش منتشر شده در دانشگاه‌ها و موسسات وارد عمل نمی‌شوند. علت این امر می‌تواند عدم وجود مشتری مناسب برای فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ و نبود درآمد کافی حاصل از توسعه اینگونه فناوری‌ها باشد. همچنین، میزان دانش منتشر شده بیش از نیاز است و از این دانش استفاده نمی‌شود. پس، اول باید نیاز را در صنایع جستجو و تعیین کرد و سپس دانش متناسب با آن نیاز ایجاد شود.
مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	به منظور جهت دادن به مطالعات و توسعه فناوری‌ها، باید دولت وارد عمل شود و به صورت هدفدار به حمایت از توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی بپردازد. بدین صورت که منابع مالی را بر حوزه مشخصی از این تحقیقات اختصاص دهد و سپس، با دریافت بازخورد از نتایج تحقیقات و همچنین ایجاد توقع برای انجام کار در مؤسساتی که حمایت را دریافت کرده‌اند، نتایج تحقیقات را عملی و هدفدار کند.
مشکلات پیش روی شکل‌دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	مهمترین عاملی که باعث ایجاد مشکل در بازار توسعه اینگونه فناوری‌ها می‌شود، راحت بودن واردات قطعات داغ و تجهیزات لازم از کشورهای خارجی (علی‌الخصوص چین) است. اگر واردات این قطعات کاهش یابد و تمهیداتی به منظور محدود کردن و سخت‌تر کردن این واردات اندیشیده شود، بازار داخلی توسعه فناوری‌های تخمین عمر قوت می‌یابد.
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	چون احساس نیاز برای تخمین عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی بیش از آن چیزی که الان مورد بحث است وجود ندارد، به همین دلیل، منابع مالی بیشتر از این به این موضوع تعلق نمی‌گیرد و بالطبع منابع انسانی متخصص نیز به دلیل عدم وجود منابع مالی کافی از حالت بالقوه به حالت بالفعل تبدیل نمی‌شوند. در حال حاضر، منابع انسانی بالقوه زیادی در کشور وجود دارد که تقاضایی برای وارد کردن آنها در صنعت وجود ندارد و این مشکل ریشه در نبود منابع مالی کافی برای تأمین منابع انسانی و عدم آگاهی مدیران از همین توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت دارد.

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش روی مشروعیت بخشی به فناوری های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	بزرگترین مشکل در کارکرد مشروعیت بخشی نبود فرهنگ حمایت از کارآفرین داخلی در بین مدیران است. این مشکل باید با استفاده از وضع قوانینی در راستای کاهش واردات قطعات داغ و حمایت از کارآفرینان داخلی مرتفع گردد.

جدول ۴-۹- چالش ها و موانع توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر دکتر

موسوی ترشیزی

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	به دلیل دولتی بودن بازار این فناوری ها، مدیران اکثرا دلسوزی لازم را برای تخصیص بودجه به فناوری های تخمین عمر ندارند. لذا، بازار لازم برای ورود کارآفرینان ایجاد نمی شود. کارآفرینان نیز به سمت بازارهایی می روند که برای آنها تولید ثروت کند و از آنجا که تخمین عمر قطعات نیروگاهی سودآوری بالایی ندارد اکثرا شرکتها به این سمت رو نمی آورند. یکی از مشکلات اساسی در این کارکرد، عدم وجود ارتباطات بین شرکت های فعال است. به این صورت که سازندگان قطعات، شرکت های انجام تخمین عمر، و نیروگاه ها، از داشته ها و نیازهای یکدیگر باخبر نیستند. در این راستا، سایت نیروکالا بارگزاری شد که متاسفانه به دلیل مشکلاتی به سرانجام نرسید. سایت نیروکالا شامل اطلاعات نیروگاه ها و نیازهای آنها، تجهیزات و دستگاه های موجود در شرکت ها، شرکت های فعال و ... است. ولی متاسفانه به دلیل انجام کارهای اداری و بوروکراسی اداری، ادامه فعالیت های این سایت حمایت نشده است. عمده دلایل عدم ارتباط بین شرکت های فعال عبارتند از: دوره های کوتاه مدیریتی، روند کند مکاتبات اداری، عدم سرمایه گذاری بخش خصوصی در این حوزه و عدم حمایت دولت. تجهیزات و زیرساخت های شرکت های فعال در این حوزه تقریبا کافی است.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	اساتید دانشگاه قابلیت انجام پروژه های صنعتی را دارند ولی از آنجا که این افراد تقاضا محور کار می کنند، بدون دریافت مشکلات از سوی صنعت، این اساتید نیز پروژه های خوبی را انجام نمی دهند. در بخش پژوهش در ایران، حوصله کارفرما بسیار کم است در حالی که کار پژوهشی زمانبر است. به همین دلیل، پروژه های زیادی به دانشگاه ها تخصیص نمی آید. تشکیل هسته های پژوهشی و قطب های علمی در دانشگاه ها که دارای موضوعات خاص و مشخص هستند می تواند به خلق دانش و توسعه آن کمک کند. این امر ارتباطات بین دانشگاه ها را ممکن میسازد. جایگزینی مقالات آی اس آی با کارهای پژوهشی و تدوین قوانینی به منظور ارتقا اساتید از طریق انجام کارهای صنعتی و پژوهشی می تواند به خلق دانش مورد نیاز صنعت کمک کند. دانشگاه ها دارای زیرساخت مناسب نیستند ولی در صورتی که پروژه هایی از سوی صنعت به آنها محول شوند، می توان با دریافت منابع مالی از سوی صنعت، تجهیزات و زیرساخت های دانشگاه را ارتقا داد.

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	با برگزاری همایش‌ها و سمینارها می‌توان دانش را بین مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها منتشر کرد. ولی این امر فقط در سطح انتشار دانش بنیادی است. به همین دلیل، برگزاری همایش‌ها و سمینارهای تخصصی با تعداد افراد کم و نقطه اثر مشخص می‌تواند کمک بسزایی در این کارکرد داشته باشد. گاهی انتشار دانش مشتری‌محور و کاربردی مورد نظر است. در این موارد باید امکان خرید و فروش دانش محیا شود. به طور مثال، وقتی پژوهشی برای یک شرکت خاص انجام می‌شود، شرکت کارفرما باید بتواند دانش بدست آورده شده توسط خود را به قیمت مطلوب بفروشد. عدم ایجاد زبان مفاهمه بین صنعت و دانشگاه و عدم درک متقابل از نیازهای دانشگاه‌ها توسط صنعت و بالعکس از مهمترین مشکلات انتشار دانش است.

جدول ۴-۱۰ - چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

فردنیا

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	به دلیل محدود بودن و گران بودن تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، بازیگران فعال در کارکرد کارآفرینی، تنها به صورت دولتی وجود دارند و بازیگری به صورت خصوصی فعالیت نمی‌کند. از سوی دیگر، به دلیل تعداد کم درخواست‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ از سوی نیروگاه‌ها، کمتر انگیزه‌ای برای کارآفرینان به منظور ورود به این حوزه ایجاد می‌شود. با وجود زیرساخت‌های نسبتاً مناسب به منظور انجام ارزیابی وضعیت قطعات داغ، لیکن هنوز دستورالعمل‌ها و قوانین مصوبی برای اجرای این فعالیت‌ها تدوین نشده و خلا وجود هنجارهای نرم و سخت در کارکرد کارآفرینی در این حوزه کاملاً حس می‌شود. همچنین، هیچگونه روابطی میان بازیگران وجود ندارد و انجمن‌های فنی عملکرد ضعیفی در این خصوص داشته‌اند.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	به طور کلی، کیفیت ساختاری و کلی دانشگاه‌ها خوب است ولی ارتباط دانشگاه‌های صنعتی با صنعت نیروگاهی ضعیف بوده و در صورت وجود چنین ارتباطی، ارتباط به صورت عمیق وجود ندارد. همچنین، روابط دانشگاه‌های فنی با یکدیگر و نیز امکانات تخصصی آنها در سطح مطلوب ارزیابی نمی‌شود. صنایع کشور حاضر نیستند به راحتی اطلاعات در اختیار دانشگاه‌ها قرار دهند و دانشگاه‌ها نیز در این زمینه تلاش‌های زیادی را انجام نمی‌دهند. یک راهکار این است که دانشجویان مدتی از دوره تحصیلی خود را در صنعت بگذرانند و ضمن آشنایی با صنعت، بر رفع مشکلات تحقیقاتی و حل مسایل مورد نیاز کارخانجات تمرکز داشته باشند. برای این منظور لازم است فضای سالمی برای ارتباط صنعت و دانشگاه ایجاد گردد. از سوی دیگر عدم تجربه عملی کافی اساتید دانشگاه‌های صنعتی کشور و عدم حضور آنها در پروژه‌های صنعتی علی‌الخصوص صنایع نیروگاهی خود موجب افزایش فاصله دانشگاه و صنعت می‌گردد. راهکار پیشنهادی برای غلبه بر این موضوع می‌تواند تدوین دستورالعمل‌های اجرایی به منظور لزوم اجرای رابطه قوی میان اساتید دانشگاه و صنعت باشد. همچنین، پتانسیل حل مسائل صنعت نیروگاهی در بین اساتید دانشگاه کشور وجود دارد. به طوری که می‌توان

سؤال	نظر خبره
	<p>پروژه‌های دانشجویان بالاتر از مقاطع لیسانس را در زمینه‌های مورد نیاز صنعت از جمله صنعت قطعات نیروگاهی تعیین کرد.</p>
<p>مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>	<p>یکی از مشکلات این کارکرد به عدم برگزاری همایش‌های صنعت برق در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی برمی‌گردد. در این زمینه باید عمیق‌تر و تخصصی‌تر به برگزاری همایش‌ها و تشکیل انجمن‌های علمی و صنفی بپردازیم و مراکز دانشگاهی بیشتر در این مورد کار کنند.</p> <p>همچنین، همانطور که ارتباط بین صنعت و دانشگاه در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ ضعیف می‌باشد، ارتباط بین صنایع مختلف با یکدیگر نیز ضعیف می‌باشد و دانش ایجاد شده در یک سازمان به سازمان‌های دیگر انتقال و انتشار نمی‌یابد.</p> <p>همچنین، قیمت دستیابی به دانش فنی بالاست و هزینه خاص خود را دارد. به همین دلیل انتشار دانش به راحتی انجام نگرفته و صنایع به دلیل عدم اطمینان کافی از حفظ اطلاعاتشان و عدم دریافت سود مالی از انتشار دانششان چندان رغبتی به انتشار دانش ندارند.</p>
<p>مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>	<p>دستورالعمل‌هایی به منظور لازم‌الاجرا بودن ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی وجود دارند ولی جدی گرفته نمی‌شوند. لذا، ارگان‌های وضع‌کننده این دستورالعمل‌ها و مالکین و مدیران مسئول نیروگاه‌ها باید بیشتر در این زمینه پیگیر باشند. در این راستا، ایجاد انگیزه برای مسئولین ذیربط با ایجاد سیاست‌های تشویقی می‌تواند کمک کند.</p> <p>در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ، ایجاد انجمن تخمین عمر مشابه با انجمن خوردگی ایران، با زمینه فعالیت عمیق‌تر و بیشتر در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ و یا ایجاد NGOهای مربوط به ارزیابی وضعیت قطعات داغ می‌تواند یاری‌رسان باشد.</p> <p>لذا، تدوین دستورالعمل‌های الزامی و تشویقی برای بهبود عملکرد نیروگاه‌ها در زمینه ارزیابی وضعیت قطعات داغ و افزایش تعداد متخصصین مقید به این مهم می‌تواند به منظور رفع چالش بکار رود. همچنین، تعیین چالش‌های موجود در حوزه تعمیر و نگهداری در صنعت و ارائه آن می‌تواند موجب ایجاد عزمی راسخ به منظور استفاده از فناوری‌های ارزیابی وضعیت به خصوص در صنایع نیروگاهی گردد.</p>

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش روی شکل دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	<p>به دلیل عدم سودآوری مناسب سازمان‌هایی که مجری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی می‌شوند، بهتر است که حمایت دولت در نگهداری از سرمایه‌های ملی همچون قطعات داغ نیروگاهی و آموزش متخصصین مورد نیاز در این زمینه بیشتر صورت گیرد تا با رونق گرفتن رقابت بین مجریان این حوزه و کسب درآمد توسط آنها از سوی دولت، بازار فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیز رونق بگیرد.</p> <p>همچنین، دلایل دیگری همچون عدم ارتباط و عدم انسجام در پروژه‌های تخمین عمر در کل صنایع کشور از جمله صنعت برق و ضعف بدلیل رقابت در بخش خصوصی، همیشه مانع عمیق‌تر شدن دانش و تبادل اطلاعات می‌گردد؛ در نتیجه تبادل تجربه بین بازیگران نیز از دلایل عدم شکل‌گیری بازار مناسب است.</p> <p>پس، باید با تحکیم روابط و شبکه‌های ارتباطی بین بازیگران که در حال حاضر دارای ضعف و تردید فردی هستند و همچنین ورود عمیق‌تر به روش‌های محاسباتی ارزیابی وضعیت، به شکل‌گیری بازار آینده این فناوری‌ها کمک کنیم.</p>
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	<p>متأسفانه در بخش دولتی، تخصیص منابع مالی و انسانی به حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ به شکل ضعیف انجام می‌شود. در بخش خصوصی نیز به دلیل الزامی نبودن انجام ارزیابی وضعیت قطعات داغ، تخصیص منابع به ندرت صورت می‌گیرد و اغلب شرکت‌ها منابع مالی و انسانی خود را در راستای پروژه‌های صنعتی دیگر مصرف می‌کنند. لذا، باید به منظور ایجاد انگیزه در سازمان‌ها برای ارائه طرح تخمین عمر و ارائه راهکار افزایش عمر مفید، راهکاری مطرح شود. همچنین، از آنجا که ذینفعان معمولاً اعتقادی به استفاده از منابع انسانی بخش خصوصی ندارند، اغلب امکان استفاده از منابع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی میسر نمی‌شود. لذا، باید دانش بیشتری از منافع ارزیابی وضعیت در اختیار مدیران قرار گیرد و مؤسسات نیز نیروی انسانی متخصص در همین حوزه را تحویل جامعه دهند.</p>
مشکلات پیش روی مشروعیت‌بخشی به فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	<p>متولی تولید انرژی برق کشور باید در این زمینه فعال‌تر عمل کند تا شناخت بیشتری به جامعه فنی کشور منتقل شود. در این راستا، ایجاد انگیزه‌های تشویقی برای بخش خصوصی در استفاده از منابع، ایجاد شناخت کافی نسبت به میزان ارزش ارزیابی وضعیت برای مالکان و مدیران و افزایش استفاده عملی از پروژه‌های تئوری این حوزه می‌تواند مثر ثمر باشد. به طور مثال، در توانیر و نیروگاه‌های دولتی، بصورت نسبی، در حین انجام تعمیرات اساسی، واحدهای بخار ارزیابی وضعیت می‌شوند ولی از نتایج آنها به صورت عملی و انگیزشی برای پروژه‌های بعدی استفاده نمی‌شود.</p>

جدول ۴-۱۱- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

فلاح

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	تعداد شرکت‌های فعال در حوزه تخمین عمر کافی است ولی از آنجا که اکثر شرکت‌های فعال در این حوزه به صورت تخصصی به این بحث نمی‌پردازند و تخصص اصلی آنها موضوعات دیگر است و بیشتر وقت و انرژی این شرکت‌ها در حوزه‌های دیگری به غیر از تخمین عمر استفاده می‌شود، لذا آنها پتانسیل پاسخگویی به نیاز بازار را ندارند. در نتیجه، نیاز به ورود شرکت‌های تخصصی در حوزه تخمین عمر شدیداً احساس می‌شود. در این حوزه، شرکت‌های جدیدالورود وجود دارند ولی هنوز کاملاً در بازر این فناوری جا نیفتاده‌اند. شرکت‌های فعال در حوزه تخمین عمر دانش خود را منتشر نمی‌کنند زیرا دانش را به صورت ثروت خود می‌بینند و از آنجا که روابط بین شرکت‌ها فردی است، تنها بخش کمی از دانش بین شرکت‌ها منتقل می‌شود. البته این موضوع خصلت طبیعی شرکت‌هاست و قابل تغییر نیست. نیروگاه‌ها و علی‌الخصوص نیروگاه‌های خصوصی الزامی به اجرای ارزیابی وضعیت قطعات حس نمی‌کنند. در نتیجه، به دلیل عدم وجود تقاضا در این حوزه، شرکت‌های جدید زیادی نیز به این حوزه وارد نمی‌شوند. به علاوه، شرکت‌های فعال در این حوزه از تجهیزاتی و زیرساخت‌های مناسبی برخوردار نیستند.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	اساتید دانشگاه به جای اینکه به فکر رفع مشکلات صنعت باشند به فکر ارتقا رتبه علمی خود هستند و به کیفیت پروژه‌های انجام شده توجه نمی‌کنند. همچنین، تخصیص پروژه‌ها به دانشگاه‌ها طبق ضوابط مشخص و معین انجام نمی‌شود و صرفاً طبق روابط انجام می‌گیرد. دانشگاه‌ها نیز در زمینه حل مشکلات صنعت همیت و یکدلی ندارند و در موارد خاصی نیز که دانشگاه نسبت به حل مشکلات صنعت اقدام می‌کنند، نظارت درست بر نحوه اجرای پروژه‌های آنها انجام نمی‌گیرد. قوانینی در مورد خلق دانش در مراکز تحقیقاتی و پژوهشگاه‌ها وجود دارد ولی به درستی اجرا نمی‌شود.
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در این کارکرد مشکل زیادی احساس نمی‌شود و تنها مشکلی که بتوان به آن اشاره کرد عدم ارائه مبسوط تجربیات شرکت‌ها در کنفرانس‌ها و بسنده کردن به ارائه خلاصه گزارشات در همایش‌ها و سمینارها می‌باشد.
مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در این کارکرد عدم وجود یک سازمان مسئول به منظور جهت‌دهی فعالیت‌ها، بزرگترین مشکل موجود است. همچنین، مشکلات مالی نیز در این کارکرد بسیار تاثیرگذار هستند.
مشکلات پیش روی شکل‌دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	بازار این حوزه از طریق مناقصه‌ها ایجاد می‌شود که در این مناقصه‌ها، شرکت‌ها (اکثراً شرکت‌های دولتی) وارد عمل شده و پروژه‌ها را از نیروگاه‌ها می‌گیرند. لذا، بازار این فناوری‌ها مطلوب ارزیابی می‌شود. زیرا هم تعداد شرکت‌ها و هم میزان تقاضا کم است ولی در همین تقاضای کم نیز رقابت وجود دارد. بازار بین‌المللی اصلاً وجود ندارد زیرا در حال حاضر، شرکت‌های موجود در ایران، توانایی رقابت با رقبای خارجی خود را ندارند. در مناقصه‌ها حمایت دولت و اعمال نفوذ دولت خیلی صورت نمی‌گیرد و پس از تعیین تکلیف پروژه‌ها نیز نظارتی از سوی دولت بر روی انجام پروژه‌ها وجود ندارد.

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	مشکل موجود در این کارکرد این است که از آنجا که منابع تخصیص داده شده به موضوع ارزیابی وضعیت کم است، شرکتها در مناقصه شرکت می کنند و برنده می شوند ولی اجرای پروژه را با کیفیت کم انجام می دهند. این امر موجب می شود که بودجه مصرف شود ولی نتیجه لازم را نداشته باشد. وضعیت نه چندان مناسب دولت مزید بر علت شده است تا بودجه تخصیصی به تخمین عمر کاهش یابد. همچنین، دوره های کوتاه مدیریتی نیز موجب عدم تخصیص مناسب بودجه می گردد. نیروی انسانی متخصص بالقوه به تعداد زیاد وجود دارد ولی نیروی متخصصی که درگیر موضوع تخمین عمر باشند و تجربه کافی را داشته باشند بسیار اندک هستند. زیرا با توجه به شرایط کاری و مالی نمی توانند روی این موضوع به خوبی تمرکز کنند. همچنین، عدم شرکت کردن متخصصان در دوره های آموزشی و دانش افزایی نیز باعث می شود تا دانش نوین در اختیار آنها قرار نگیرد.
مشکلات پیش روی مشروعیت بخشی به فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	مشکل اصلی در این کارکرد، عدم آگاهی مدیران ارشد از موضوع تخمین عمر است که می توان از طریق انتشار نشریات و پیکهای آگاهی بخش مانند پیک برق برای مدیران این فرهنگ را ایجاد کرد. شرکت های تبلیغاتی و یا انجام کارهای تبلیغاتی از سوی شرکت های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت می تواند به آگاهی بخشی مدیران کمک کند. همچنین، تشکیل یک کمیته تبلیغاتی یکپارچه بین شرکت های فعال در این حوزه می تواند قدم بزرگی را در زمینه آگاهی بخشی مدیران بردارد.

جدول ۴-۱۲- چالش ها و موانع توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

مهدی زاده

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در نیروگاهها ضرورت نیاز به این تکنولوژی بصورت جامع و کامل وجود ندارد و به همین دلیل هنوز تقاضای مطلوبی برای ورود کارآفرینان به این حوزه ایجاد نشده است. سرمایه گذاری اولیه برای کارآفرینی نسبتا زیاد می باشد و نیاز به حمایت مالی دارد که این حمایتها از سوی دولت صورت نمی گیرد. اکثر نیروگاهها دولتی و یا شبه دولتی هستند و اهمیت چندانی به تخمین عمر قطعاتشان نمی دهند. سود و زیان نیروگاهها چندان محاسبه نمی شود و هدف نیروگاهها فقط تولید برق کافی است. هرچند که در برخی از نیروگاهها هزینه تولید برق بسیار بالا خواهد بود. تمامی این عوامل باعث عدم توجه نیروگاهها به تخمین عمر قطعات و عدم ایجاد شرایط مطلوب برای ورود کارآفرینان می شود.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	از جمله مشکلات این کارکرد می توان به کمبود تجهیزات آزمایشگاهی، کمبود منابع مالی، عدم وجود مدیریت پژوهشی مناسب، وجود ارتباط ضعیف بین مراکز پژوهشی و دانشگاهی با ستادهای مدیریتی، اجرایی نشدن پژوهش های صورت گرفته در دانشگاهها و عدم هم افزایی مراکز پژوهشی اشاره کرد.
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی تقریبا در حد نیاز در کشور وجود دارد. مشکل فعلی عدم ارتباط بین مراکز پژوهشی است که باعث کاهش تبادل گزارشها و پروژهها در این مراکز می گردد. همچنین، عدم ثبت فعالیت های انجام شده و یا حوادث اتفاق افتاده در نیروگاهها نیز باعث کاهش انتشار دانش و

سؤال	نظر خبره
	استفاده از دانش بدست آمده در سایر پروژه‌ها می‌شود.
مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در حوزه مدیریت کلان کشور، تعریف دقیقی از بهره‌برداری نیروگاه‌ها صورت نگرفته است. به عنوان مثال، اینکه یک نیروگاه تا چه زمانی بهره‌برداری شود و یا کی بازنشسته شود. به همین دلیل، راهکار و یا دستورالعملی در خصوص تخمین عمر وجود ندارد. از سوی دیگر، عدم احساس نیاز مدیران به تخمین عمر قطعات نیروگاهی و عدم تخصیص دفتر یا معاونت برای موضوع تخمین عمر توسط توانیر و وزارت نیرو موجب عدم جهت دادن تحقیقات به سمت این حوزه شده است. همچنین شرکت‌های مادر همچون مپنا، توانیر، سازمان توسعه برق و ... هیچگونه استراتژی مشخصی در خصوص تخمین عمر قطعات نیروگاهی ندارند.
مشکلات پیش روی شکل‌دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	بازار این فناوری‌ها به صورت محدودی در بخش‌های دولتی همچون پژوهشگاه‌ها، تعمیرات نیرو، توریسم شهریاری و ... وجود دارد و تعداد محدودی شرکت خصوصی نیز در حال حاضر در این حوزه مشغول به فعالیت هستند. ولی به دلیل عدم احساس نیاز از سوی نیروگاه‌ها، تقاضای این بازار در حد مطلوب نیست. به همین دلیل، رشد تعداد و افزایش توانایی شرکت‌های کنونی ارائه‌دهنده خدمات کافی نیست و سطح اجرایی شرکت‌ها در حال حاضر با سطح واقعی آنها تفاوت فاحشی دارد.
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	منابع انسانی به حد کافی در دانشگاه‌ها آموزش داده می‌شوند ولی متأسفانه پروژه‌های دانشگاهی ارتباط کمی با مشکلات صنعت دارند و باید نوع و محدوده پروژه‌ها مدیریت گردند. در بخش منابع مالی، در حال حاضر، عملاً می‌توان میزان منابع مالی را بسیار ناچیز دانست. بخش خصوصی توانایی بسیار کمی برای سرمایه‌گذاری دارد و در عمل فقط بخش دولتی می‌تواند جهت تأمین منابع اقدام کند. لذا، باید برنامه‌ای در خصوص تخصیص بودجه به ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی تدوین گردد.
مشکلات پیش روی مشروعیت بخشی به فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	نظری در این خصوص ندارم.

جدول ۴-۱۳ - چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

خطیر

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	صنعت نیروگاهی یک صنعت تقریباً دولتی و مصرفی بوده و لذا به دلیل نبود بازار رقابتی، فعالیتهای تحقیقاتی در این حوزه در سطح دانشگاهی باقی مانده است. لیکن، اخیراً، به دلیل ایجاد بستر مناسب برای ساخت نیروگاه و از طرف دیگر، فرسوده شدن واحدهای نیروگاهی، فعالیتهای کارآفرینی در حال افزایش است. با این حال، ارتباطات و شبکه‌های شکل گرفته بین کارآفرینان و سازمان‌های اجرایی فعلی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی بسیار ضعیف بوده و همچنین نبود بازار اقتصادی و بویژه عدم حضور در بازارهای بین‌المللی موجب عدم توفیق کارآفرینان این حوزه شده است. همچنین، اگر چه زیرساخت‌های کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت

سؤال	نظر خبره
	قطعات داغ نیروگاهی با ساخت و تولید نیروگاهها ایجاد شده است ولی قوانین و مقرراتی تا کنون در این حوزه وضع نشده است.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در زمینه خلق و توسعه دانش، بازیگرانی همچون دانشگاههای صنعتی، مراکز تحقیقاتی وابسته به وزارت نیرو و مراکز تحقیقاتی وابسته به صنایع نظامی مانند صنایع ساخت موتور جت فعالیت می کنند. لذا، کمیت و کیفیت بازیگران این حوزه مطلوب ارزیابی می شود. لیکن، روابط موجود بین این سازمانها بسیار ضعیف می باشد و نبود تجهیزات آزمایشگاهی مجهز نیز این موسسات را با مشکل عدم وجود زیرساخت مناسب روبرو خواهد کرد.
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در حوزه انتشار دانش، در سطح دانشگاهها کمتر معضلی دیده می شود. ولی در خارج دانشگاهها معضل عدم انتشار مناسب دانش وجود دارد. عدم وجود کنفرانسهای خاص تخمین عمر یکی از بزرگترین معضلات این حوزه است که با تشکیل یک دبیرخانه دائمی برای کنفرانس تخمین عمر و همچنین برگزاری کنفرانسهای تخصصی همانند کنفرانسهای صنعت برق با موضوع تخمین عمر قطعات نیروگاهی می توان این معضل را رفع کرد.
مشکلات پیش رو برای جهت دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	عدم احساس نیاز سازمانهای قانون گذار به منظور جهت دهی به تحقیقات برای تمرکز بر ارزیابی وضعیت قطعات داغ مهمترین معضل این حوزه می باشد.
مشکلات پیش روی شکل دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	به دلیل اینکه در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی همه شرکتها یا دولتی هستند و یا وابسته به دولت می باشند، لذا، همواره بازار ثابتی برای آنها وجود دارد و دولت با ارائه سوبسید و کمک مالی به این شرکتها امکان ایجاد بازار مالی را کاهش می دهد.
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در مورد تأمین منابع مالی، وضعیت اقتصادی بد در ایران موجب شده است که منابع مالی مورد نیاز برای توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت مهیا نباشد و بودجه زیادی به این امر تعلق نگیرد. به منظور تأمین این منابع مالی می توان با تاسیس و راه اندازی موسسات آموزشی و تبلیغاتی در حوزه تخمین عمر قطعات داغ مانند موسسه تخمین عمر و آنالیز خرابی، امکانات تأمین منابع مالی و انسانی را فراهم آورد. همچنین، می توان مانند کشورهای اروپایی موسساتی از گروه سوانح صنعتی نیز در این راستا تشکیل شده و برای تأمین منابع انسانی به نیروی انسانی مورد نیاز ارزیابی وضعیت قطعات داغ کمک کنند.
مشکلات پیش روی مشروعیت بخشی به فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در صنایع نیروگاهی، ارزیابی وضعیت قطعات داغ در اولویتهای بعدی توسعه وجود دارد. به این معنی که نیروگاهها ابتدا به دنبال کاهش هزینههای تولید و ساخت قطعات خود هستند و سپس به فکر ارزیابی وضعیت قطعات خود می افتند. در نتیجه، باید فرهنگ انجام ارزیابی وضعیت و آموزشهای لازم در این زمینه به مدیران داده شود.

جدول ۴-۱۴ - چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

کاظم پور لیاپی

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	متولی اصلی حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، دولت است. کارآفرین‌های اصلی، توانیر، وزارت نیرو و برق‌های منطقه‌ای هستند و شرکت‌هایی همچون موادکاران و قطعات توربین شهریار ذینفعان سیستم هستند. قوانین مصوبی در این زمینه وجود ندارد ولی در صورتی که شرکت‌هایی بخواهند به حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی وارد شوند، نبود قوانین مشکلی ایجاد نمی‌کند. همچنین، ارتباط بین شرکت‌های موجود در این حوزه نیز ناچیز می‌باشد و روابط به صورت فردی بروز می‌کند.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	واحدهای تعریف شده در سیلابس درسی دانشگاه‌ها تقریباً مناسب است و مشکل، بیشتر در رابطه با اجرای دانسته‌ها در موارد صنعتی خاص است. لذا، نمی‌شود به دانشگاه‌ها پیشنهاد کرد که سیلابس را تغییر دهند و واحدهای درسی جدیدی را تعریف کنند ولی می‌شود در مراکز تحقیقاتی دوره‌های آموزشی را برگزار کرد که تجربیات صنعتی و مطالعه‌های موردی را توسط متخصصین صنعت به دانشجویان ارائه دهد. نگاه دانشگاه یک نگاه آکادمیک است و سعی در تعریف و اجرای پروژه‌هایی دارد که مرز دانش را گسترش دهند. در حالی که نیاز صنعت کشور هنوز در سطح مرز دانش نیست. لذا، فاصله بین صنعت و دانشگاه خیلی زیاد است و به همین دلیل ارتباط خاصی بین این دو شکل نگرفته است. تجهیزات آزمایشگاهی در دانشگاه‌ها خیلی مناسب نیست.
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	معمولاً شرکت‌ها، مراکز تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و ... دانش بدست آمده توسط خودشان را به عنوان ثروت سازمان و یک مزیت رقابتی می‌دانند و به همین دلیل آن را نشر نمی‌دهند. در بهترین شرایط، این دانش با قیمت بالایی به فروش می‌رسد. کنفرانس‌ها و همایش‌های برگزار شده تا کنون معمولاً به مطرح کردن برخی موضوعات تکراری در حد معرفی می‌پردازند و تجربیات اساسی شرکت‌ها معمولاً در این همایش‌ها ارائه نمی‌شود. لذا، وجود این همایش‌ها بی‌تأثیر نیست ولی تأثیر آن اندک است. در رابطه با نشر و توزیع نشریات علمی نیز باید در ابتدا بودجه و حمایت مالی مشخصی به این نشریات تخصیص یابد و سپس با تشکیل یک دبیرخانه برای نشریات به نشر و توزیع آنها پرداخت.
مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	عدم ثبات مدیریتی و عدم تخصیص مناسب و برنامه‌ریزی شده بودجه به پروژه‌ها از جمله مشکلات اساسی هستند. از آنجا که موضوع تخمین عمر قطعات نیروگاهی خیلی وسیع و بزرگ نیست، لذا نیازی به تشکیل سندیکا و انجمن برای این موضوع خیلی توصیه نمی‌شود. بلکه، عضویت این موضوع در انجمن‌های تشکیل شده برای موضوعات دیگر می‌تواند مطلوب باشد. برای جهت‌دهی تحقیقات به سمت تخمین عمر باید بینیم که این موضوع تا چه حد مهم است. به نظر من، موضوع تخمین عمر همچنان در اولویت اول توسعه قرار ندارد. به همین دلیل، تا کنون جهت‌دهی تحقیقات به سمت این موضوع نبوده است.

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش روی شکل دهییه بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	بازار این فناوریها عموماً دولتی است و هنوز بازار رقابتی به طور کامل شکل نگرفته است.
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	مشخص نبودن بودجه تا لحظات آخر و اعمال تغییرات و بازنگریهای متعدد در بودجه تحقیقات باعث می شود که تخصیص منابع مالی به خوبی صورت نگیرد. در حوزه ارزیابی وضعیت آن چیزی که از دانش فنی مهمتر است، تجربه متخصصین است. لذا، نیروی انسانی تا زمانی که چند سال در صنعت کار نکند تبدیل به یک نیروی کارآمد نمی شود. تعداد افراد متخصص در این حوزه کم است و از این تعداد افراد نیز تعداد کمی از آنها وارد بازار کار می شوند و باتجربه می شوند. به دلیل اینکه در حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی، متخصصین معمولاً مدت زمان طولانی را در این حوزه فعالیت نمی کنند و به دلیل شرایطی اعم از موقعیت های شغلی بهتر یا ... حوزه های شغلی دیگری را برمیگزینند، لذا، نیروی باتجربه در این حوزه خیلی پیدا نمی شود. یعنی، ماند تجربه در بین متخصصین این حوزه وجود ندارد.
مشکلات پیش روی مشروعیت بخشی به فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	دانش مدیران فعلی ما در نیروگاهها به این حد رسیده است که می دانند و درک می کنند که به تخمین عمر نیاز دارند ولی از آنجا که بودجه نیروگاهها محدود است، هنوز بودجه ای به موضوع تخمین عمر تخصیص داده نمی شود. لذا، مشکل این بخش این است که به مدیران بالادستی بفهمانیم که در هنگام تخصیص بودجه، بودجه ای را نیز به مبحث تخمین عمر اختصاص دهند و این مشکل می تواند با انجام مطالعات امکان سنجی و ارزیابی اقتصادی بر روی ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی و ارائه نتایج به مدیران بالادستی انجام پذیرد.

جدول ۴-۱۵- چالش ها و موانع توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر مهندس

رعیت پور

سؤال	نظر خبره
مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	از جمله مشکلات موجود در حوزه کارآفرینی را می توان به شرح زیر برشمرد: عدم احساس نیاز به تخمین عمر از طرف نیروگاهها؛ زیرا نتیجه تخمین عمر در کوتاه مدت مشخص نمی شود و افراد ضرورت آنرا احساس نمی کنند. دولتی بودن نیروگاهها و اینکه به عنوان یک بنگاه اقتصادی به آنها نگاه نمی شود و اقدامات لازم برای آینده نگری و تعیین سود و زیان نیروگاهها مشخص نمی باشد لذا، هرچند که زیرساخت های مناسبی برای ارزیابی وضعیت قطعات داغ وجود دارد ولی قوانین مشخصی برای ایجاد الزام در این حوزه وجود ندارد و باید این قوانین وضع گردند و به دلیل واگذاری نیروگاهها به بخش خصوصی در آینده، ارزیابی وضعیت روی قطعات این نیروگاهها در آینده حتماً باید انجام گیرد. در نتیجه، نیاز به ورود کارآفرینان در این حوزه احساس می شود و روابط بین کارآفرینان نیز باید شکل گیرد.
مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	مهمترین چالش در زمینه خلق و توسعه دانش مسئله تولید ثروت از دانش است. متأسفانه از دانش تولید شده در برخی دانشگاهها، پی گیری های لازم برای تولید ثروت انجام نمی گیرد. اغلب، پژوهش، آخرین پله ای است که منابع مالی به آن اختصاص داده می شود. همچنین، نبود منابع مالی لازم برای پژوهش، عدم ارتباط مناسب

سؤال	نظر خبره
	صنعت با دانشگاه و نبود زیرساختها و تجهیزات آزمایشگاهی مناسب نیز می‌تواند از دیگر چالش‌های توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی باشد.
مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	عدم اطلاع‌رسانی در خصوص حوادث رخ داده شده در نیروگاهها و همچنین عدم جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تاریخچه بهره‌برداری در مورد حوادث نیروگاهی موجب ضعف انتشار دانش در این حوزه شده است. چرا که با انتشار این داده‌ها می‌توان ارزیابی وضعیت دقیقتری از وضعیت قطعات مختلف نیروگاهی داشت. به علاوه، لازم است تا کنفرانسها و همایش‌هایی در زمینه تخمین عمر برگزار گردد و انتشار مجله‌ای تحت عنوان مجله ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی نیز می‌تواند کمک بزرگی در این رابطه داشته باشد.
مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	عمده مشکل موجود در این کارکرد نبود توجه کافی به بحث تخمین عمر و عدم احساس نیاز از سوی مسئولین است که این عمر به دلیل این است که نیروگاه‌های کشور همچنان کاملاً فرسوده نشده‌اند و با افزایش عمر نیروگاهها و ادامه تحریم‌ها برای وارد کردن قطعات داغ نیروگاهی این نیاز بیشتر احساس می‌شود.
مشکلات پیش روی شکل‌دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	بازار ارزیابی وضعیت قطعات داغ کاملاً دولتی است و بازار خصوصی اصلاً شکل نگرفته است.
مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	معضل اصلی در این کارکرد عدم وجود مدیریت منابع است. به منظور رفع معضل این کارکرد باید اقدامات مدیریتی به منظور شناساندن منابع انسانی به صنایع و تخصیص آنها صورت گیرد. این معضل هم برای منابع انسانی و هم برای تجهیزات وجود دارد. منابع مالی نیز باید با فرهنگ‌سازی مدیران به منظور ایجاد رغبت در آنها برای تخصیص منابع مالی به فناوری‌های ارزیابی وضعیت مهیا شوند.
مشکلات پیش روی مشروعیت‌بخشی به فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی چیست؟	در صنایع نیروگاهی، ارزیابی وضعیت و تخمین عمر مقدمه افزایش عمر و استفاده بهینه از قطعات داغ است. لذا، باید به مرور زمان و با شیوه‌های مختلف، منافع حاصل از تخمین عمر برای مدیران ارشد توجیه گردد.

جدول ۴-۱۶ - چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مستخرج از

جلسه طوفان ذهنی

نتایج جلسه طوفان ذهنی	کارکرد مورد بررسی
<ul style="list-style-type: none"> - در حال حاضر، اکثر واحدهای نیروگاهی کشور (علی‌الخصوص واحدهای بخاری) بدون انجام ارزیابی وضعیت به شیوه علمی و نوین نیز دارای کارکرد مطلوبی هستند. لذا، نیروگاه‌ها به دنبال استفاده از فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ خود نخواهند رفت. در نتیجه، زمینه مناسبی برای ورود کارآفرینان و شرکت‌های اجرایی پیدا نخواهد شد. - شرکت‌های بیمه‌ای می‌توانند با انجام فناوری‌های نوین ارزیابی وضعیت به منظور تعیین مقدار متوسط عمر باقیمانده قطعات داغ در نیروگاه‌ها، به کارآفرینی در این زمینه کمک کنند. - ابلاغ و الزام به منظور انجام ارزیابی وضعیت به روشهای نوین می‌تواند موجب ورود کارآفرینان متعدد به این حوزه شود و بازار را گسترش دهد. - در نهایت، کارکرد کارآفرینی در حال حاضر دارای چالش مهم و خاصی نیست. ولی با گذشت زمان و در آینده نه چندان دور، به دلیل کاهش مشکلات اجرایی موجود در طرح‌ها و افزایش فرسودگی قطعات نیروگاه‌ها، این کارکرد بسیار حائز اهمیت خواهد شد. 	<p>مشکلات پیش رو برای کارآفرینی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>
<ul style="list-style-type: none"> - در حال حاضر، ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاه‌ها به وسیله دانش موجود و ابزار معمولی (هر چند با دقت پایین) انجام می‌گیرد. لذا، نیازی به توسعه دانش و فناوری در این حوزه از سوی نیروگاه‌ها احساس نمی‌شود. - عدم تناسب طول دوران تحصیل در مقاطع تحصیلات تکمیلی رشته‌های مرتبط با ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی (مانند رشته‌های تحصیلی مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی، مهندسی شیمی و ...) با بار کاری و حجم مطالب مختص آن دوره از جمله چالش‌های دانشگاه‌ها در توسعه دانش و تربیت نیروی انسانی است. - عدم کیفیت پروژه‌ها و پایان‌نامه‌های انجام شده در دانشگاه‌ها در حوزه ارزیابی وضعیت در نیروگاه‌ها به دلیل قوانین نامناسب آموزشی از جمله مشکلات پیش روی توسعه فناوری‌های تخمین عمر قطعات داغ است. - عدم تدوین و اجرای سیلابس درسی متناسب با نیازهای صنعت در دانشگاه‌ها در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی از جمله مشکلات پیش روی توسعه دانش است که با تدوین و ارائه رشته‌ای تخصصی در رابطه با ارزیابی وضعیت قطعات داغ به عنوان گرایش رشته مهندسی متالورژی در مقاطع تحصیلات تکمیلی می‌توان به این مهم فائق آمد. - تحقیقات انجام گرفته در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی همچون شرکت قطعات توربین شهریار، که عموماً تحت عنوان تحقیق و توسعه شرکت انجام می‌گیرد، معمولاً در همان شرکت یا سایر شرکت‌ها به شکل کاربردی درمی‌آید و اجرا می‌شود ولی تحقیقات دانشگاهی این ویژگی را ندارند. لذا، توصیه می‌شود که شرکت‌ها، مراکز تحقیقاتی و یا دانشگاه‌های تخصصی را مرتبط با معضلات و موضوعات مورد نظر خود راه‌اندازی کنند و در زمینه‌های تخصصی مورد نظرشان به تربیت نیروی انسانی بپردازند. مانند دانشگاه‌های علمی کاربردی زرماکارون، گلرنگ، پرسپولیس و ... 	<p>مشکلات پیش رو برای خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>

نتایج جلسه طوفان ذهنی	کارکرد مورد بررسی
<p>- مدیریت پژوهش و تشکیل گروه‌های تحقیقاتی ارزیابی وضعیت در داخل دانشگاه‌ها یکی از راه‌های انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی است.</p>	
<p>- عدم اطلاع از داشته‌ها و دانش موجود در سایر صنایع کشور و ناآگاهی از پروژه‌های انجام شده در سازمان‌های مرتبط با ارزیابی وضعیت از بزرگترین معضلات موجود در کارکرد انتشار دانش است. به طور مثال، شرکت توانیر در یکی از پروژه‌هایش نیاز به تجهیز داشته است و به دلیل نداشتن این تجهیز زمان و هزینه زیادی را متحمل شده است، در صورتی که این تجهیز در وزارت دفاع موجود بوده است.</p> <p>- اعطای بورسیه به مهندسين و متخصصان مشغول در صنایع نیروگاهی از سوی خود نیروگاه‌ها می‌تواند زمینه را برای انتشار دانش به نحو احسن آماده کند. البته، موضوع تحقیقات این بورسیه‌ها باید دقیقاً متناسب با نیازهای صنعت مورد بحث باشد.</p> <p>- برگزاری کنفرانس‌های سالیانه تخمین عمر در تاریخ‌های مشخص و با موضوعات از پیش تعیین شده می‌تواند موجب انتشار دانش و ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه‌ها و همچنین ایجاد یک شبکه قوی بین متخصصین گردد.</p>	<p>مشکلات پیش رو برای انتشار دانش در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>

نتایج جلسه طوفان ذهنی	کارکرد مورد بررسی
<p>- از نظر مدیران فعلی کشور و با توجه به شرایط کنونی، اولویت اول نیروگاهها تولید برق و جلوگیری از قطعی آن است. لذا، نیروگاهها بیشترین بودجه خود را بر روی افزایش زمان در دسترس بودن قرار می‌دهند و در این راه از ارزیابی وضعیت قطعات داغ که می‌تواند پیش‌نیاز افزایش زمان در دسترس بودن باشد چشم می‌پوشند.</p> <p>- اکثر مدیران و ارگان‌های قانون‌گذار اولویت‌ها و سیاست‌های خود را بر بهبود شرایط فعلی قرار می‌دهند و این موضوع که در آینده (مثلا ۵ سال بعد) شرایط نیروگاهها و میزان تولید و میزان خرابی آنها به چه صورت خواهد بود، اغلب در برنامه‌های مدیران جای نمی‌گیرد و یا در مرور زمان قابلیت اجرایی خود را از دست می‌دهند. توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیز از همین برنامه‌های آینده‌نگر است که متأسفانه در سیاست‌گذاری‌ها نادیده گرفته می‌شود.</p> <p>- از آنجا که شرکت‌های بیمه‌ای به منظور بیمه کردن قطعات و تجهیزات نیروگاهها نیازمند دانستن متوسط عمر باقیمانده اجزای نیروگاه هستند، می‌توانند با تدوین قوانینی به منظور تعیین نوع تست‌ها و ارزیابی‌های انجام گرفته به منظور تعیین عمر مفید باقی‌مانده قطعات داغ نیروگاهی، توسعه این فناوری‌ها را تسهیل کنند.</p>	<p>مشکلات پیش رو برای جهت‌دهی به سیستم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>
<p>- در حال حاضر توربین‌های ۶ مگاواتی در حال ورود به زنجیره تولید برق است و همین امر می‌تواند موجب افزایش نیاز به فناوری‌های ارزیابی وضعیت این توربین‌ها و افزایش بازار توسعه این فناوری‌ها گردد.</p> <p>- به دلیل اینکه شرکت‌های ارائه دهنده این فناوری‌ها در کشور بازار بین‌المللی ندارند و فقط می‌توانند این فناوری‌ها را در بازار داخلی مورد استفاده قرار دهند، لذا مفهوم رقابت‌پذیری بسیار کم‌رنگ شده و باعث تضعیف رقابت در بازار می‌گردد.</p> <p>- به علت اینکه اکثر نیروگاهها دولتی هستند، مدیران نیروگاهها نسبت به نگهداری قطعات و اجزای نیروگاهها دلسوزانه عمل نمی‌کنند. به بیان بهتر، از آنجا که مالکیت این نیروگاهها در اختیار مدیران آنها نیست، بحث تخمین عمر و ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهها برای مدیران نیروگاهها از اولویت پایینی برخوردار است.</p> <p>- نبود رقابت بین نیروگاهها در تولید برق با کمیت و کیفیت بالا موجب عدم اشتیاق نسبت به توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ و عدم رونق بازار این فناوری‌ها شده است.</p>	<p>مشکلات پیش روی شکل‌دهی به بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>
<p>- معمولاً بحث پژوهش آخرین مسئله‌ای است که منابع مالی به آن تخصیص می‌گیرد. لذا، کمبود منابع مالی در امور تحقیقاتی حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی از مهمترین مشکلات می‌باشد.</p> <p>- از آنجا که دلیل خروج‌های اضطراری و خرابی‌های نیروگاهها اغلب به عوامل دیگری نسبت داده می‌شود تا عدم ارزیابی وضعیت و نگهداری قطعات داغ آنها، بیان دلایل نیاز به توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و در نتیجه تخصیص منابع مالی به این امر به درستی انجام نمی‌گیرد.</p> <p>- ثبت اطلاعات گذشته می‌تواند موجب کاهش هزینه انجام تست‌های بعدی و صرفه‌جویی در منابع مالی شود.</p> <p>- تسهیم منابع مالی و تخصیص آن باید حتماً با نظارت دولت باشد ولی آموزش نیروی انسانی متخصص می‌تواند توسط بخش خصوصی با کیفیت نیز انجام شود. به این مفهوم که دولت باید با اعمال سیاست‌های حمایتی از</p>	<p>مشکلات پیش روی تأمین منابع مالی و انسانی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>

نتایج جلسه طوفان ذهنی	کارکرد مورد بررسی
<p>پروژه‌های دارای نتیجه حمایت کند و افزایش دانش در نیروی انسانی را به سازمان‌های خصوصی بسپارد.</p> <p>- یکی از راه‌های بهبود تسهیم منابع مالی نظارت بر نحوه انجام کارها و جلوگیری از فساد مالی است که می‌تواند موجب کاهش هدررفت منابع مالی گردد.</p> <p>- یکی از راه‌های تامین منابع انسانی آموزش حین کار است که در آن متخصصین در هنگام انجام وظایف خود در صنعت کارآموده نیز می‌شوند.</p>	
<p>- عدم دانش بخش خصوصی (خریداران نیروگاه‌ها) نسبت به ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی باعث عدم ترویج فناوری‌های نوین ارزیابی وضعیت شده است. از این رو، دانش‌افزایی عمومی و افزایش آگاهی خریداران نیروگاه‌ها می‌تواند به مشروعیت‌بخشی توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت کمک کند.</p> <p>- برگزاری کنفرانس‌های تخصصی هرچند ممکن است در کوتاه‌مدت تأثیرات مشخصی بر روی افزایش آگاهی متخصصین نداشته باشد ولی با افزایش دید عمومی و تخصصی نسبت به بحث تخمین عمر در بین مدیران و متخصصین در درازمدت می‌تواند فرهنگ مناسبی را برای استفاده از فناوری‌های ارزیابی وضعیت ایجاد کند. همانطور که در کشورهای پیشرفته مانند امریکا نیز تمامی مقالات ارائه شده در کنفرانس‌ها اجرایی نمی‌شوند ولی دید خوبی را نسبت به مسائل نوین به متخصصین صنعت منتقل می‌کنند.</p>	<p>مشکلات پیش روی مشروعیت‌بخشی به فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی چیست؟</p>

همان‌طور که در نظرات متخصصان فوق‌الذکر مشخص است، چالش‌های فراوانی به منظور توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در حوزه‌های مختلف کارآفرینی، خلق و توسعه دانش، انتقال دانش، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع و مشروعیت بخشی وجود دارد و لازمه توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی نگاه همه‌جانبه به این چالش‌ها و اتخاذ سیاست‌هایی مناسب جهت رفع این چالش‌ها است.

در جدول (۴-۱۷)، با توجه به نظرات هر یک از خبرگان و موضوعات مطرح شده در جلسه طوفان فکری، چالش‌های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از نظر وجود و کیفیت بازیگران، قوانین، تعاملات و زیرساخت‌ها در هر یک از کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری فناورانه شناسایی شده است.

جدول ۴-۱۷- چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

زیرساخت‌ها	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
عدم احساس نیاز به ورود کارآفرینان بیشتر به این حوزه در نتیجه‌ی عدم فرسودگی قطعات نیروگاهی	عدم وجود ارتباطات موثر بین مجریان ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	فقدان قواعد و قوانین منسجم و کارآمد لازم برای حمایت کارآفرینان	فقدان وجود کارآفرینان خصوصی و انحصار بازار توسط دولت	کارکرد کارآفرینی
گران بودن تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای کارآفرینی	نبودن اتحادیه صنف مجریان تخمین عمر قطعات نیروگاهی جهت پیگیری مشکلات مجریان			
نبود یک سیستم رقابت سالم در کشور و تأثیر روابط در تأمین سرمایه و سایر حمایت‌های مالی و غیر مالی شرکت‌ها	عدم حضور مجریان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در بازارهای بین‌المللی	عدم وجود قوانین ملزم‌کننده نیروگاه‌ها به استفاده از فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ	حجم کم نیازهای داخلی و کفایت تعداد مجریان کنونی برای برآورده کردن نیازها	
نبود عزم مدیریتی در حمایت از کارآفرینان	عدم وجود نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	عدم وجود قوانین مناسب از طرف شرکت‌های بیمه برای الزام ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	وجود کارآفرینان عمومی و غیرتخصصی و عدم استقبال سازمان‌هایی که به صورت تخصصی به موضوع ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی می‌پردازند	کارکرد خلق و توسعه دانش
ارزش نبودن فعالیت‌های علمی - تخصصی در کشور و رو آوردن کارآفرینان به مشاغل کاذب			توجه بیش از حد متخصصین کشور به انجام پژوهش‌ها در راستای تولید مقالات علمی به جای انجام پژوهش‌های کاربردی	
نبودن تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی مناسب در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	عدم وجود بازار عرضه و تقاضا (کانال صحیح ارتباطی) برای ارتباط صنعت و دانشگاه	عدم تدوین و اجرای سیلابس درسی مناسب در دانشگاه‌ها به منظور افزایش توانمندی کاربردی و صنعتی محققان	عدم بررسی مسائل مطالعه موردی (Case Study) در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	
عدم وجود گروه‌های تحقیقاتی مختص حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها				

زیرساخت‌ها	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
عدم وجود سیستم مدیریت دانش در زمینه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	مشکل تأمین هزینه‌های تحقیقاتی دانشگاه‌ها برای حل مشکلات بخش صنعت	وجود قوانین آموزشی نامناسب در دانشگاه‌ها که موجب تمرکز بر کمیّت پژوهش‌ها و کاهش کیفیت آنها می‌شود	عدم تلاش دانشگاه‌ها برای تولید ثروت از پژوهش‌های انجام شده توسط آنها	
عدم حمایت‌های مادی و معنوی از ایده‌های نوآورانه	نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاه‌های مختلف با یکدیگر	عدم پیگیری و اجرای جدی قوانین حاکم بر مراکز تحقیقاتی در خصوص خلق دانش	عدم تولید نمونه اولیه از پژوهش‌های کاربردی انجام شده توسط دانشگاه‌ها	
ضعف و یا عدم وجود یک منبع اطلاعاتی قوی از آخرین دستاوردهای ارزیابی وضعیت در دنیا	عدم آگاهی دانشگاه از نیازها و توانمندی‌های صنعت		خلق بیش از نیاز دانش در دانشگاه‌ها به دلیل تعداد زیاد دانشجویان بی‌کیفیت	
کم حوصله بودن کارفرمایان نسبت به دریافت نتایج پروژه‌های تحقیقاتی			فاصله زیاد میان نیاز صنعت در کشور و مرز دانش	
عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران	عدم ارائه اطلاعات از صنایع به دانشگاه‌ها به دلیل عدم اعتماد و آگاهی از توانمندی‌های دانشگاه	رعایت نشدن حقوق معنوی محقق و کارفرما به دلیل عدم وجود قوانین	فقدان مشتری مناسب برای به اجرا درآوردن مطالعات تحقیقاتی مراکز پژوهشی و دانشگاه‌ها	کارکرد انتشار دانش
فقدان وجود نشریه یا مجله‌ای تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر			

زیرساخت‌ها	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
فقدان یک شبکه ارتباطی مناسب میان صنعتگران حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی به منظور انتقال دانش	عدم ارتباط مراکز R&D شرکت‌های صنعتی با دانشگاه‌ها	عدم وجود قوانین در راستای حمایت از انتشار دانش و عدم تعلق سود مالی به این امر	تمایل پژوهشگران به انتشار دانش خود در منابع و مراکز خارج از کشور و سخت بودن دسترسی به این منابع در داخل کشور	کارکرد جهت‌دهی به سیستم
	فقدان کنفرانس‌ها، همایش‌ها و گردهمایی‌های دائمی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	عدم تخصیص بودجه مختص انتشار نشریات تخصصی و برگزاری همایش‌ها و کنفرانس‌ها		
عدم ثبات مدیریت و دوره‌های کوتاه مدیریتی	عدم وجود هماهنگی بین نهادهای سیاستگذار مختلف از جمله وزارت نیرو، وزارت صنعت و ...	عدم وجود سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری	نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد	
عدم وجود تعریف دقیق از بهره‌برداری مناسب و تخمین عمر نیروگاه‌ها برای مدیران ارشد		نبود سیاست‌های تشویقی به منظور ترغیب مدیران به ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	ناکافی بودن سیاست‌های دولتی در حمایت از تحقیقات هدفدار در کشور	
بوروکراسی اداری بیش از حد		عدم وجود برنامه جامع توسعه تحقیقات		
عدم ارتباط و انسجام پروژه‌های تخمین عمر انجام شده در صنایع مختلف	عدم وجود ارتباطات تجاری و روابط اقتصادی میان سازمان‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	عدم وجود قوانین لازم جهت حذف فعالیت‌های واسطه‌گری	عدم وجود حمایت‌های دولتی از شرکت‌های فعال در زمینه فناوری‌های نوین	
		وجود سوبسید و مقررات حمایتی دولتی از شرکت‌های وابسته و عدم شکل‌گیری بازار رقابتی		

زیرساختها	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
نبودن اطلاعات میدانی کافی از شکل بازار فناوریها در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی		عدم اجرای صحیح استانداردها و نبود قوانین سخت برای تجهیزات وارداتی	افزونه‌خواهی شرکت‌های دولتی در تصاحب بازار	
		مناسب نبودن قوانین گمرکی	کاهش رقابت‌پذیری به دلیل وجود انحصار در بازار داخلی فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	
بهره بالای وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری		عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	عدم تخصیص بودجه به آموزش منابع انسانی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	کارکرد تأمین منابع
در دسترس نبودن و ثبت نشدن تاریخچه بهره‌برداری خرابی‌ها و سوانح نیروگاهی در راستای کاهش هزینه‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی			عدم وجود نظارت مستقیم دولت بر نحوه تخصیص منابع مالی به طرح‌های تحقیقاتی	
عدم وجود مدیریت منسجم منابع مالی و انسانی			کمبود مؤسسات آموزش خصوصی و تبلیغاتی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	
نبودن مؤسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام‌های بلندمدت کم بهره			خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور	
	نبودن قوانین لازم و کافی به منظور ثبات متخصصین در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی و عدم خروج آنها از این حوزه	نبود فلسفه آموزش حین کار در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی		
	کمبود قوانین مشخص و واضح استخدامی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	سوء استفاده‌های مالی در اعطا و استفاده از وام‌ها		

زیرساختها	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	کارکرد مشروعیت بخشی
نبودن دانش کافی بین خریداران نیروگاهها برای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاه پیش از خریداری	عدم برگزاری کنفرانسهای تخصصی به منظور بهبود دید مدیران نسبت به موضوع ارزیابی وضعیت و ایجاد رابطه سازنده بین آنها	عدم وجود قوانین و دستورالعملهای ترویجی کارآمد در جهت استفاده از فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	استفاده ناکافی از ظرفیت های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده از فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	فقدان آیندهنگری در بین مدیران کنونی نیروگاهها به علت وجود دورههای کوتاه مدیریتی
عدم انجام مطالعات امکان سنجی و اقتصادسنجی برای نشان دادن اهمیت ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات نیروگاهی				
عدم وجود اعتماد به تولیدات داخل در بازار علی رغم وجود نیاز				
عدم تخصص گرایی در انتخاب مدیران ارشد				

۴-۳-۴ - سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای رفع چالشهای توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

همان طور که در شکل (۲-۴) نشان داده شده است، سیاستها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالشها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. سیاستها و اقدامات رفع چالش شامل ۷ دسته سیاستها و اقدامات مربوط به کارآفرینی، خلق و توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع و مشروعیت‌بخشی است. پس از شناسایی چالشهای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، سیاستها و اقدامات رفع هر یک از این چالشها در جداول (۴-۱۸) تا (۴-۲۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۸ - سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد کارآفرینی در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاستها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالشها
تدوین طرحهای حمایتی از شرکتهایی خصوصی برای ورود به حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	بازیگران	فقدان وجود کارآفرینان خصوصی و انحصار بازار توسط دولت
کمک به تخصصی و متمرکز شدن دانش بدست آمده توسط شرکتهای فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	بازیگران	حجم کم نیازهای داخلی و کفایت تعداد مجریان کنونی برای برآورده کردن نیازها وجود کارآفرینان عمومی و غیرتخصصی و عدم استقبال سازمانهایی که به صورت تخصصی به موضوع ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی می‌پردازند
تدوین قوانین و دستورالعملهای مناسب جهت حمایت از شرکتهای فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	فقدان قواعد و قوانین منسجم و کارآمد لازم برای حمایت کارآفرینان
تدوین قوانین و دستورالعملهای مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاهها به استفاده از فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم وجود قوانین ملزم کننده نیروگاهها به استفاده از فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ عدم وجود قوانین مناسب از طرف شرکتهای بیمه برای الزام ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
ایجاد انجمنهای کارآفرینی در ارتباط با حوزهی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	تعاملات	عدم وجود ارتباطات موثر بین مجریان ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی نبودن اتحادیه صنف مجریان تخمین عمر قطعات نیروگاهی جهت پیگیری مشکلات مجریان

تسهیل فرآیند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مجامع بین‌المللی	تعاملات	عدم حضور مجریان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در بازارهای بین‌المللی
برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و تحریک تولید کنندگان به شرکت فعال در آنها	تعاملات	عدم وجود نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
تدوین قوانین تشویقی و تنبیهی برای استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی و ترغیب نیروگاه‌ها به استفاده از این فناوری‌ها	زیرساخت‌ها	عدم احساس نیاز به ورود کارآفرینان بیشتر به حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی به علت عدم فرسودگی قطعات نیروگاهی
پرداخت کمک هزینه به کارآفرینان به منظور تأمین تجهیزات مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	زیرساخت‌ها	گران بودن تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای کارآفرینی
	زیرساخت‌ها	نبود عزم مدیریتی در حمایت از کارآفرینان
تدوین و ابلاغ قوانین نظارت بر نحوه حمایت از شرکت‌های فعال در حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	زیرساخت‌ها	نبود یک سیستم رقابت سالم در کشور و تأثیر روابط در تأمین سرمایه و سایر حمایت‌های مالی و غیر مالی شرکت‌ها
ارائه مشوق‌های گمرکی و مالیاتی و تضمین امنیت سرمایه‌گذاری در فعالیتهای تولیدی	زیرساخت‌ها	ارزش نبودن فعالیت‌های علمی - تخصصی در کشور و رو آوردن کارآفرینان به مشاغل کاذب

جدول ۴-۱۹ - سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد خلق و توسعه دانش در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و

عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاست‌ها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالش‌ها
حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات مشاوره‌ای	بازیگران	توجه بیش از حد متخصصین کشور به انجام پژوهش‌ها در راستای تولید مقالات علمی به جای انجام پژوهش‌های کاربردی
		فاصله زیاد میان نیاز صنعت در کشور و مرز دانش
		خلق بیش از نیاز دانش در دانشگاه‌ها به دلیل تعداد زیاد دانشجویان بی کیفیت
حمایت از بازیگران حوزه خلق و توسعه دانش به انجام مطالعات کاربردی و ارائه تسهیلات بانکی به منظور اجرایی کردن نتایج پژوهش‌های تئوری	بازیگران	عدم بررسی مسائل مطالعه موردی (Case Study) در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی
		عدم تولید نمونه اولیه از پژوهش‌های کاربردی انجام شده توسط دانشگاه‌ها
		عدم تلاش دانشگاه‌ها برای تولید ثروت از پژوهش‌های انجام شده توسط آنها
ایجاد قطب‌های علمی و انجمن‌های دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت	قوانین و مقررات و	عدم تدوین و اجرای سیلابس درسی مناسب در دانشگاه‌ها

سیاستها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالشها
قطعات داغ نیروگاهی	استانداردها	به منظور افزایش توانمندی کاربردی و صنعتی محققان
تدوین قوانین نظارتی بر اجرای قوانین موجود در خصوص کمیت و کیفیت خلق و توسعه دانش در حوزه فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم پیگیری و اجرای جدی قوانین حاکم بر مراکز تحقیقاتی در خصوص خلق دانش
		وجود قوانین آموزشی نامناسب در دانشگاهها که موجب تمرکز بر کمیت پژوهشها و کاهش کیفیت آنها می شود
شکل دهی تعاملات فی مابین دانشگاهها، موسسات پژوهشی فعال و تولیدکنندگان فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	تعاملات	عدم وجود بازار عرضه و تقاضا (کانال صحیح ارتباطی) برای ارتباط صنعت و دانشگاه
		عدم آگاهی دانشگاه از نیازها و توانمندیهای صنعت
		نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاههای مختلف با یکدیگر
تعریف پروژههای مشترک در زمینه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی میان دانشگاهها، شرکت های تولیدکننده و شرکت های مشاور	تعاملات	مشکل تأمین هزینه های تحقیقاتی دانشگاهها برای حل مشکلات بخش صنعت
ارائه تسهیلات به دانشگاهها برای خرید تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز در حوزه یفناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	زیرساختها	نبودن تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی مناسب در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی
ایجاد بانک اطلاعاتی قوی در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت نیروگاهی	زیرساختها	ضعف و یا عدم وجود یک منبع اطلاعاتی قوی از آخرین دستاوردهای ارزیابی وضعیت در دنیا
طراحی و راه اندازی یک سیستم مدیریت اطلاعات و مدیریت دانش به منظور مدیریت دانش خلق شده در موسسات دانش بنیان و دانشگاهها	زیرساختها	عدم وجود سیستم مدیریت دانش در زمینه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
ایجاد زبان مفاهمه مابین مراکز پژوهشی و صنعت در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	زیرساختها	عدم حمایت های مادی و معنوی از ایده های نوآورانه
		کم حوصله بودن کارفرمایان نسبت به دریافت نتایج پروژه های تحقیقاتی
		عدم وجود گروه های تحقیقاتی مختص حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهها

جدول ۴-۲۰- سیاستها و اقدامات رفع چالش های کارکرد انتشار دانش در توسعه فناوری های ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاستها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالشها
ابلاغ قوانین الزام آور به صنعتگران به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای قراردادهای همکاری یا تفاهم نامه های	بازیگران	فقدان مشتری مناسب برای به اجرا درآوردن مطالعات تحقیقاتی مراکز پژوهشی و دانشگاهها

سیاستها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالشها
تحقیقاتی		
حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخل کشور دانشگاهها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	بازیگران	تمایل پژوهشگران به انتشار دانش خود در منابع و مراکز خارج از کشور و سخت بودن دسترسی به این منابع در داخل کشور
	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم تخصیص بودجه مختص انتشار نشریات تخصصی و برگزاری همایشها و کنفرانسها
		عدم وجود قوانین در راستای حمایت از انتشار دانش و عدم تعلق سود مالی به این امر
تدوین و اجرای قوانین نظارتی بر اجرای دقیق قانون کپی رایت در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	رعایت نشدن حقوق معنوی محقق و کارفرما به دلیل عدم وجود قوانین
	تعاملات	عدم ارائه اطلاعات از صنایع به دانشگاهها به دلیل عدم اعتماد و آگاهی از توانمندیهای دانشگاه
		عدم وجود همکاری کافی میان دستاندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر
ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این بانک اطلاعاتی	تعاملات	عدم ارتباط مراکز R&D شرکت‌های صنعتی با دانشگاهها فقدان کنفرانسها، همایشها و گردهماییهای دائمی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
	زیرساختها	عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران
تشکیل یک دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانسهای سالیانه در حوزه تخمین عمر و ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	زیرساختها	فقدان وجود نشریه یا مجله‌ای تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
		فقدان یک شبکه ارتباطی مناسب میان صنعتگران حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی به منظور انتقال دانش

جدول ۴-۲۱- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و

عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاست‌ها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالش‌ها
تشکیل یک ستاد اجرایی برای توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی و جهت‌دهی به پژوهش‌های این حوزه فناورانه	بازیگران	نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد
		ناکافی بودن سیاست‌های دولتی در حمایت از تحقیقات هدفدار در کشور
تدوین قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم وجود سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری
		نبود سیاست‌های تشویقی به منظور ترغیب مدیران به ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
		عدم وجود برنامه جامع توسعه تحقیقات
تاسیس ستادی جهت شکل‌دهی تعاملات فی‌مابین نهادهای سیاست‌گذار در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	تعاملات	عدم وجود هماهنگی بین نهادهای سیاست‌گذار مختلف از جمله وزارت نیرو، وزارت صنعت و ...
تصحیح ساختار سازمانی نهادهای سیاست‌گذار در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی و افزایش ثبات مدیریت در این سازمان‌ها	زیرساخت‌ها	عدم ثبات مدیریت و دوره‌های کوتاه مدیریتی
		عدم وجود تعریف دقیق از بهره‌برداری مناسب و تخمین عمر نیروگاه‌ها برای مدیران ارشد
		بوروکراسی اداری بیش از حد

جدول ۴-۲۲- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاست‌ها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالش‌ها
ارائه سوبسید و کمک‌های مالی برای حمایت از شرکت‌های فعال در زمینه فناوری‌های نوین	بازیگران	عدم وجود حمایت‌های دولتی از شرکت‌های فعال در زمینه فناوری‌های نوین
افزایش توان رقابتی شرکت‌های خصوصی داخلی برای ورود به بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی با انعقاد قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال با آنها		کاهش رقابت‌پذیری به دلیل وجود انحصار در بازار داخلی
		افزونه‌خواهی شرکت‌های دولتی در تصاحب بازار
ایجاد بازار آزاد برای شرکت‌های فعال در حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم وجود قوانین لازم جهت حذف فعالیت‌های واسطه‌گری
		وجود سوبسید و مقررات حمایتی دولتی از شرکت‌های وابسته به دولت و عدم شکل‌گیری بازار رقابتی
تدوین قوانین واردات مناسب برای فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم اجرای صحیح استانداردها و نبود قوانین سخت برای تجهیزات وارداتی
		مناسب نبودن قوانین گمرکی
ایجاد سندیکا و شبکه‌های خرید و فروش بین شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	تعاملات	عدم وجود ارتباطات تجاری و روابط اقتصادی میان سازمان‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
	زیرساخت‌ها	عدم ارتباط و انسجام پروژه‌های تخمین عمر انجام شده در صنایع مختلف
		علاقه در سازمان‌ها (مخصوصاً دولتی) برای خرید خارجی به دلیل تامین منافع شخصی
جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	زیرساخت‌ها	نبودن اطلاعات میدانی کافی از شکل بازار فناوری‌ها در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی

جدول ۴-۲۳- سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تأمین منابع در توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاست‌ها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالش‌ها
تدوین قوانین به منظور نظارت بر نحوه مدیریت و تخصیص بودجه طرح‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در برق‌های منطقه‌ای	بازیگران	عدم تخصیص بودجه به آموزش منابع انسانی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
		عدم وجود نظارت مستقیم دولت بر نحوه تخصیص منابع مالی به طرح‌های تحقیقاتی
	زیرساخت‌ها	عدم وجود مدیریت منسجم منابع مالی و انسانی
تسهیل فرآیند دریافت تسهیلات مالی از بانک‌ها و صندوق‌ها برای حمایت از فعالان در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	بازیگران	سوء استفاده‌های مالی در اعطای استفاده از وام‌ها
	زیرساخت‌ها	نبود مؤسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام‌های بلندمدت کم بهره
اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	بازیگران	خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور
بکارگیری آموزش‌های تخصصی حین کار در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	بازیگران	نبود فلسفه آموزش حین کار در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
تأسیس مؤسسات آموزش خصوصی و مؤسسات تبلیغاتی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	بازیگران	کمبود مؤسسات آموزش خصوصی و مؤسسات تبلیغاتی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
شناسایی و دعوت از سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی برای حمایت از توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
تدوین قوانین در خصوص نحوه استخدام و بازنشستگی فعالان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	نبودن قوانین لازم و کافی به منظور ثبات متخصصین در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی و عدم خروج آنها از این حوزه
		کمبود قوانین مشخص و واضح استخدامی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون بهره به فعالان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	زیرساخت‌ها	بهره بالای وام‌های بانکی و مؤسسات مالی و اعتباری

سیاستها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالشها
طراحی پایگاه اطلاعاتی خرابیها و سوانح نیروگاهها	زیرساختها	در دسترس نبودن و ثبت نشدن تاریخچه بهره‌برداری خرابیها و سوانح نیروگاهی در راستای کاهش هزینه‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی

جدول ۴-۲۴- سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد مشروعیت‌بخشی در توسعه فناوریهای ارزیابی وضعیت و عمر

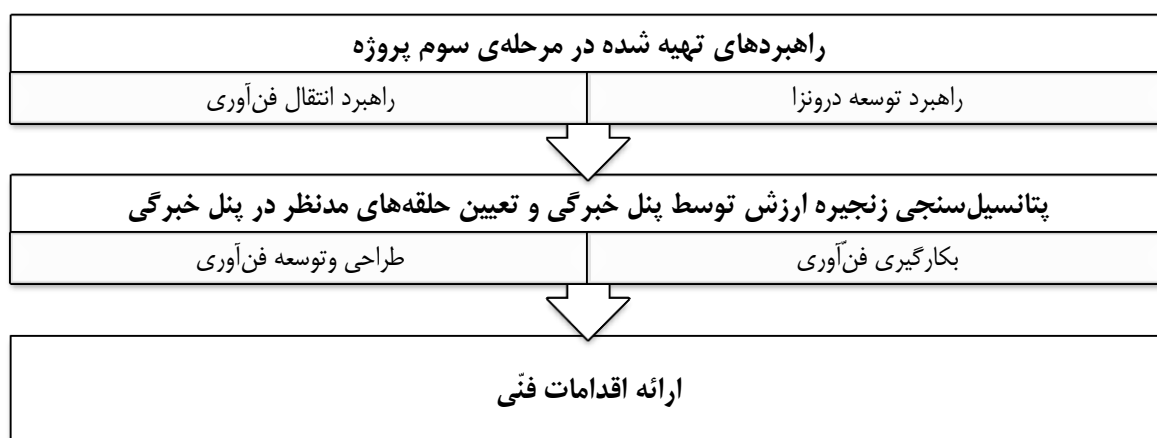
باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

سیاستها و اقدامات	ابعاد ساختاری	چالشها
ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی در فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	بازیگران	استفاده ناکافی از ظرفیت‌های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده از فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی فقدان آینده‌نگری در بین مدیران کنونی نیروگاهها به علت وجود دوره‌های کوتاه مدیریتی
	تعاملات	عدم برگزاری کنفرانس‌های تخصصی به منظور بهبود دید مدیران نسبت به موضوع ارزیابی وضعیت و ایجاد رابطه سازنده بین آنها
	زیرساختها	نبودن دانش کافی بین خریداران نیروگاهها برای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاه پیش از خریداری
تدوین قوانین تشویقی برای تشویق مدیران ارشد به بهره‌گیری از فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	قوانین و مقررات و استانداردها	عدم وجود قوانین و دستورالعمل‌های ترویجی کارآمد در جهت استفاده از فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
انجام مطالعات اقتصادسنجی و امکان‌سنجی فناوریهای ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	زیرساختها	عدم انجام مطالعات امکان‌سنجی و اقتصادسنجی برای نشان دادن اهمیت ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات نیروگاهی
تصحیح و بازنگری فرآیند ارتقاء در صنعت و دانشگاه	زیرساختها	عدم وجود اعتماد به تولیدات داخل در بازار علی‌رغم وجود نیاز
		عدم تخصص‌گرایی در انتخاب مدیران ارشد

۴-۴- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

اقدامات فنی با توجه به راهبردهای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تدوین شده است. بدین صورت که هر یک از فناوری‌های منتخب برای توسعه درونزا، پتانسیل‌سنجی می‌شوند و اقدامات فنی آنها ارائه می‌گردد. همچنین، فناوری‌های منتخب برای انتقال فناوری نیز به راهبردهایی به منظور انتخاب روش بهینه انتقال فناوری رهنمون می‌شوند. این رویه در شکل (۴-۵) ارائه شده است.



شکل ۴-۵- فرآیند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

بر اساس رویه بیان شده در شکل (۴-۵)، اقدامات فنی تنها برای راهبردهای توسعه درونزا و انتقال تکنولوژی بیان می‌شوند. به این صورت که برای هر یک از این راهبردهای توسعه فناوری، اقدامات و رویکردهای جزءنگری که می‌توانند منجر به تحقق راهبرد مورد نظر شوند، بر مبنای واحد نیروگاهی مورد مطالعه فهرست می‌شوند. همچنین، ۲ اقدام کلی نیز تحت عنوان تدوین دستورالعمل‌ها و آمایش تجهیزات آزمایشگاهی به فهرست اقدامات اضافه شده است. فهرست این اقدامات در ادامه ارائه می‌شود.

فهرست اقدامات:

۱. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز در واحدهای V94.2 با روش‌های مخرب و غیرمخرب
۲. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز در واحدهای GE-F9 با روش‌های مخرب و غیرمخرب
۳. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز در واحدهای V94.2 با روش‌های مخرب و غیرمخرب
۴. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز در واحدهای GE-F9 با روش‌های مخرب و غیرمخرب
۵. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک سایر توربین‌های گازی (F5) واحدهای مشابه) با روش‌های مخرب و غیرمخرب
۶. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های محاسباتی
۷. توسعه روش‌های On Line Monitoring در نیروگاه‌های بخاری
۸. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین‌های گاز و بخار در واحدهای مختلف با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی
۹. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز در واحدهای V94.2 با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی
۱۰. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات با روش غیرمخرب

۱۱. تدوین دستورالعمل‌های بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری
۱۲. تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات
۱۳. تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی
۱۴. اجرای طرح جامع آمایش تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی

۴-۵- نتیجه گیری

هدف مرحله چهارم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی»، تدوین اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی بود. در ابتدای این گزارش، مبانی نظری مربوط به تدوین اقدامات و سیاست‌ها شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس، فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات و سیاست‌های سند توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی توضیح داده شد. در مرحله اول این فرایند، وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و بازیگران نظام توسعه این فناوری مشخص شد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تعیین شدند. در مرحله سوم، موانع موجود از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی و برگزاری جلسه طوفان فکری شناسایی شد و در نهایت، اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه این فناوری‌ها ارائه گردید.

مراجع

- [۱]. «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- [2]. Carlsson, B. and Stankiewicz, R., "Evolutionary Economics," pp. 93-118, 1991.
- [3]. Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., and Rickne, A., "Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis," *Research policy*, vol. 37, no. 3, pp. 407-429, 2008.
- [4]. North, D. C., *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge university press, 1990.
- [5]. Schot, J., "Towards new forms of participatory technology development," *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 13, no. 1, pp. 39-52, 2001.
- [6]. Dosi, G., "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation," *Journal of economic literature*, pp. 1120-1171, 1988.

پیوست ۱ - اسامی اعضای کمیته راهبری

۱. آقای مهندس سلیمانی (رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل شرکت تهران سمع اندیش)
۲. آقای دکتر موسوی ترشیزی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور)
۳. آقای مهندس نمازی (رئیس گروه نظارت بر بهره‌برداری شرکت توانیر)
۴. آقای مهندس خطیر (سرپرست تحقیق و توسعه و متخصص پره‌های توربین نیروی هوایی جمهوری اسلامی ایران)
۵. آقای مهندس مهدی‌زاده (کارشناس ارشد پژوهشی گروه پژوهشی متالورژی پژوهشگاه نیرو)
۶. آقای مهندس قیم (مدیر امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا)
۷. آقای مهندس فردنیا (کارشناس امور فنی و مهندسی خدمات مشتریان مپنا - بازنشسته دفتر فنی توانیر)

فهرست مطالب

۱-۵-۱	مقدمه	۱
۳-۲-۵	فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی	۳
۳-۱-۲-۵	شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی	۳
۵-۱-۱-۲-۵	مبنای شکستن اقدامات	۵
۶-۲-۱-۲-۵	ابزارهای شکستن اقدامات	۶
۸-۳-۱-۲-۵	بازنگری و انتخاب نهایی پروژه‌های اجرایی	۸
۹-۲-۲-۵	فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۹
۱۴-۳-۵	تخصیص منابع	۱۴
۲۲-۴-۵	تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)	۲۲
۲۶-۱-۴-۵	نگاشت نهادی	۲۶
۲۷-۱-۱-۴-۵	انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی	۲۷
۳۰-۲-۱-۴-۵	مراحل طراحی نگاشت نهادی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۳۰
۳۶-۳-۱-۴-۵	تحلیل نگاشت نهادی	۳۶
۳۷-۲-۴-۵	تخصیص متولیان پروژه‌ها	۳۷
۴۸-۵-۵	ترسیم رهنگاشت	۴۸
۴۶-۶-۵	نتیجه‌گیری	۴۶
۴۶-۷-۵	مراجع	۴۶
۴۷	پیوست الف: شناسنامه اقدامات غیر فنی	۴۷
۷۷	پیوست ب: شناسنامه پروژه‌های فنی	۷۷



ب

پیوست ج: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی ۱۵۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۵-۱- فرایند تدوین برنامه عملیاتی ۳
- شکل ۵-۲- نحوه شکستن اقدام X ۴
- شکل ۵-۳- ارتباط بین نهادها در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۳۱
- شکل ۵-۴- رهنگاشت توسعه نظام نوآوری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۴۴
- شکل ۵-۵- رهنگاشت توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۴۵

فهرست جدولها

- جدول ۵-۱- پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی..... ۱۰
- جدول ۵-۲- زمان بندی اقدامات غیرفنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی... ۱۵
- جدول ۵-۳- زمان بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
..... ۱۸
- جدول ۵-۴- نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی..... ۳۲
- جدول ۵-۵- متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی..... ۳۷
- جدول ۵-۶- متولیان پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
..... ۴۰

۵-۱- مقدمه

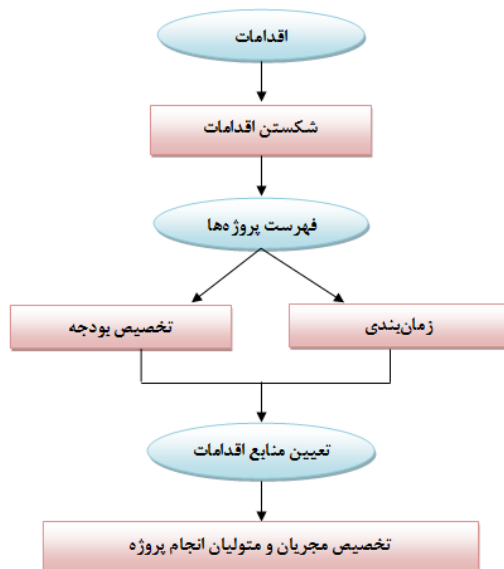
در این بخش از سند با عنوان «تدوین رهنما عملیاتی» به ارائه مدلی از گام‌های لازم جهت تکمیل فرایند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هرگام می‌پردازیم که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و رهنما، در راستای چشم‌انداز سند خواهد شد. در مراحل ۳ و ۴ این پروژه، ارکان جهت‌ساز (شامل چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی) و نیز اقدامات لازم برای تحقق آن تدوین شد.

ساختار این گزارش به این صورت است که در ابتدا، نحوه تقسیم اقدامات تدوین شده در مرحله ۴ به پروژه‌های اجرایی توضیح داده می‌شود و سپس، فهرست پروژه‌های تعیین شده ارائه می‌گردد. در گام بعدی، زمان لازم برای تکمیل پروژه‌ها مشخص می‌شود و در ادامه، متولیان و مجریان انجام پروژه‌ها، براساس نگاهت نهادی مشخص شده، تعیین می‌گردند. در نهایت، نقشه راه (رهنما) مربوطه، بر مبنای اقدامات تدوین شده در سند، ترسیم خواهد شد.

رهنگاشت (نقشه راه) توسعه فناوری ارزیابی
وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۵-۲- فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی

در این بخش، فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی توضیح داده می‌شود و در نهایت، فهرست پروژه‌ها ارائه می‌گردد. همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در فاز چهارم، به پروژه‌های اجرایی شکسته شوند. در واقع، در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی محقق شده است. فرآیند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۵-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ابتدا اقدامات شناسایی شده در مرحله چهارم بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. سپس، زمان مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص می‌شود و از این طریق، منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین می‌گردد. در نهایت، با شناسایی نهادهای موجود در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.

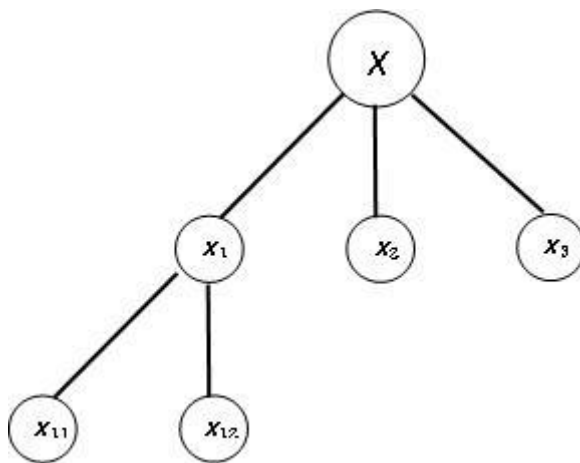


شکل ۵-۱- فرآیند تدوین برنامه عملیاتی

۵-۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آیند، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر گردد. از همین‌رو، در تعریف پروژه‌ها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته

حائز اهمیت دیگر، میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۵-۲) مشاهده نمود که در آن اقدام X به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به دو فعالیت شکسته شده است. حال، می‌توان مجموعه کل پروژه‌هایی که برای انجام اقدام X اجرا می‌شود را به دو صورت $X \equiv \{X_1, X_2, X_3\}$ و $X \equiv \{X_{11}, X_{12}, X_2, X_3\}$ ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام می‌باشد. بنابراین، لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد سطح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد.



شکل ۵-۲- نحوه شکستن اقدام X

در این بررسی، برای شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، دو معیار به شرح زیر مبنای عمل قرار می‌گیرد:

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارت دیگر، در سطح پروژه‌ها باید بتوان برآورد مناسبی از میزان منابع مورد نیاز ارائه نمود.

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارت دیگر، اگر پروژه اجرایی به اندازه کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف پروژه امکان اختصاص آن را به یک مجری سلب نماید، می‌باید پروژه اجرایی مربوطه به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به یک مجری واحد امکان‌پذیر گردد.

ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS^۱ می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تا کنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

همچنین، موضوع با اهمیت دیگر، حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید یا نه ارائه نشده است. لذا، تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان، به‌کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود که مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۵-۲-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که براساس آن اقدامات شکسته می‌شوند. به عنوان نمونه، اقدامی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی^۲ (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی^۳ (زیرسازی راه، روسازی و اسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. این که کدام مبنای برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد، براساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره خواهد شد.

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. به عنوان نمونه، در مورد مثال فوق، اگر سیستم راه‌سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد و هر بخش توانایی‌ها و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود را به دست آورده باشد، تقسیم‌بندی جغرافیایی می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

1 – Work-Breakdown-Structure

2 – Geographical Base

3 – Functional Base

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که شکسته شدن اقدامات بر مبنای آن‌ها صورت می‌پذیرد، در طول زمان قابل تغییرند. در مورد مثال اخیر، ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها، نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولی در زمان اجرا، نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

ج) منافع اقتصادی: میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال، درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنای قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل از آن‌ها برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

د) نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی، از جمله چگونگی شکستن اقدامات، مورد توجه قرار گیرد [۱].

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌هایشان شکسته شوند، می‌توان در سطح دوم ساختار شکست از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال، در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی عمل نمود.

۵-۲-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات

تا کنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد.

الف) تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات، فرآیند تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته است. چنین فرآیندهایی فرآیند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرآیند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن اقدام به عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

ب) بهینه‌کاو

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرآیند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاو استفاده می‌شود. بهینه‌کاو به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این

حالت، به علت عدم وجود الگوی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند؛ که از علل اصلی این امر، خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است. یکی از مسائل کلیدی بکارگیری این ابزار، چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگوی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیرنهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

ج) تحلیل علی- معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو، ضروری است که استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه، گام‌های استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

گام ۱: در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر، به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

گام ۲: در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد. حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل‌دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین رو، بهتر است از بیان مواردی که خود، زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود برخی پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری، تحلیل علی- معلولی در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی، در هر مرحله از به‌کارگیری این ابزار، شکستن پروژه‌ها تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد. پس از انجام این گام، فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به دست آمده از دو ابزار دیگر، به ویژه بهینه‌کاوی، استفاده نمود.^۱

۱- ممکن است بتوان در مورد یک فعالیت از روش تحلیل فرآیند استاندارد و یا بهینه‌کاوی به نتیجه رسید، علی‌رغم این که در مورد اقدام بالادست، استفاده از این دو ابزار نتیجه‌بخش نبوده باشد.

گام ۳: کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- (۱) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.
 - (۲) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشند که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت، هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع می‌کنیم که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود. مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین، در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.
 - (۳) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آنرا تسریع بخشند.
- در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق، مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند، آن موارد حذف می‌گردند و در صورت لزوم، در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در غیر اینصورت، لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شوند که در برگیرنده زیرفعالیت‌های مزبور باشند.

در نهایت، پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی زیر باشند:

- در یک سطح باشند.
- غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی بدون همپوشانی باشند. در غیر این صورت می‌باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

۵-۲-۱-۳- بازنگری و انتخاب نهایی پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی،

اجتماعی، و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع، پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو، ضروری به نظر می‌رسد که با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده، نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرند.

۵-۲-۲- فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این بخش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این قسمت، پروژه‌هایی شناسایی می‌شوند که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در قسمت قبل معرفی شده است، پس از بررسی‌های صورت گرفته، این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی- معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

همان‌طور که در گزارش مرحله چهارم سند نیز اشاره شد، اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و غیرفنی تدوین شدند. با توجه به سطح اقدامات غیر فنی تعریف شده در مرحله چهارم و تمییز این اقدامات از سیاست‌های کلان توسعه با در نظر گیری نقطه اثر مشخص برای آنها، تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشوند و زمان‌بندی بر روی اقدامات انجام شود. اما در ارتباط با اقدامات فنی، با توجه به امکان شکستن اقدامات به سطوح پایین‌تر، تصمیم بر این شد تا پروژه‌های اجرایی، ذیل هر یک از اقدامات فنی تعریف شوند. مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود. لذا، در این بخش تلاش شده است تا با استفاده از نظرات اعضای کمیته راهبری، جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح، اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان تخصیص داده و همچنین، مجریانی را جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه، پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در جدول (۵-۱) ارائه شده است.

جدول ۵-۱- پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ IN738
۲	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ IN792
۳	تدوین دانش فنی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا چهارم توربین گاز V94.2 (با تاکید طراحی تست‌های خستگی)
۴	ارائه روش‌های جدید ارزیابی عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز V94.2
۵	تعیین میزان برگشت‌پذیری رسوبات ایجاد شده در حین سرویس با فرآیند عملیات حرارتی سوپرالیاژ IN738
۶	تعیین ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز V94.2
۷	بررسی تاثیر فرآیند عملیات حرارتی بر ساختارهای تغییر یافته آلیاژ IN792 و نقش آن در عمر قطعه
۸	بررسی نرخ رشد آسیب مکانیزم خزشی آلیاژهای IN738 و IN792 در بازه‌های زمانی متفاوت بهره‌برداری بعد از عملیات حرارتی (بازسازی)
۹	بررسی ارتباط بین نرخ خوردگی و عمر باقیمانده پره و بررسی برهم کنش خزش-خستگی و خوردگی در پره‌های توربین گاز
۱۰	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ GTD111
۱۱	تعیین آنالیز دمایی و تنش پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9
۱۲	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9 به روش‌های مخرب

اقدام ۲: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب

اقدام ۲: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ IN939
۲	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز V94.2 به روش‌های مخرب
۳	بررسی تاثیر عملیات بازسازی بر عمر نازل‌های توربین
۴	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ FSX414
۵	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ UD500
۶	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ GTD222

فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز GE-F9 به روش مخرب

اقدام ۳: تحقیق و توسعه دانش کاربردی مرتبط با ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی تغییرات ابعادی قطعه و ارتباط آن با عمر خزشی پره‌های توربین F5 و واحدهای مشابه
۲	تعیین ارتباط بین مقادیر سختی و کسر عمر سپری شده و تهیه نرم‌افزار مربوطه برای تخمین عمر پره‌های توربین F5 و واحدهای مشابه
۳	بررسی کمی تشکیل کاربیدهای مرزدانه‌ای و درون‌دانه‌ای و ارتباط آنها با عمر سپری شده

اقدام ۴: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های

محاسباتی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی تخمین عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز و استخراج مدل‌های تجربی
۲	توسعه نرم‌افزار آنالیز شکست پره‌های ثابت توربین گاز
۳	تهیه مدل تجربی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک توربین گاز
۴	تحلیل محاسباتی و تجربی توزیع دما و تنش در پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز V94.2

اقدام ۵: توسعه روش‌های On Line Monitoring در نیروگاه‌های بخاری

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای بویلر، امکان سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها
۲	شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای توربین، امکان سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها
۳	تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر و تهیه نرم‌افزار مربوطه
۴	تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه
۵	تدوین دانش فنی پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده روتورهای توربین بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه
۶	تهیه نرم‌افزار پایش به هنگام وضعیت و تعیین عمر باقیمانده پوسته توربین بخار

اقدام ۶: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و

محاسباتی

ردیف	عنوان پروژهها
۱	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار توسط روشهای محاسباتی
۲	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خزشی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار توسط روشهای محاسباتی
۳	تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختار و تغییرات سختی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار و ارتباط آنها با کسر عمر سپری شده
۴	تهیه نرم افزارهای on line و off line جهت ارزیابی عمر اجزای روتورهای واحدهای گازی و بخاری

اقدام ۷: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روشهای غیرمخرب و محاسباتی

ردیف	عنوان پروژهها
۱	تحلیل ریزساختاری سوپرآلیاژ IN617 و بررسی نمادهای ریزساختاری و ارتباط آنها با عمر باقیمانده به همراه بررسی تغییرات سختی
۲	تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده اجزای محفظه احتراق توربین گاز V94.2 بر اساس روشهای محاسباتی و غیرمخرب

اقدام ۸: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات

ردیف	عنوان پروژهها
۱	تحلیل ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در محفظه بخار و ولوهای واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات به همراه ارزیابی روند تغییرات سختی آنها
۲	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی ولوهای بکار رفته در نیروگاههای بخاری

اقدام ۹: تدوین روشهای نوین بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری

ردیف	عنوان پروژهها
۱	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای بویلر
۲	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین بخار
۳	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین گاز
۴	تهیه نرم‌افزار ثبت سوابق بهره‌برداری، ارزیابی و بازسازی قطعات دما بالای نیروگاههای گازی
۵	تهیه نرم‌افزار ثبت سوابق بهره‌برداری، ارزیابی و تعمیرات قطعات دما بالای نیروگاههای بخاری

اقدام ۱۰: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار

ردیف	عنوان پروژهها
۱	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات بر مبنای روشهای محاسباتی با تاکید بر روابط تجربی حاکم بر خزش، خستگی و...
۲	تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختارهای بینیتی و مارتنزیتی ایجاد شده در پره‌های توربین بخار به همراه تحلیل تغییرات ریزساختاری و ارتباط هر یک با کسر عمر سپری شده
۳	تهیه نرم‌افزار تخمین عمر پره‌های توربین بخار
۴	بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری

اقدام ۱۱: تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ

نیروگاه‌های حرارتی

ردیف	عنوان پروژهها
۱	شناسایی فناوریهای نوین تخمین عمر مخرب و غیرمخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر
۲	شناسایی فناوریهای نوین تخمین عمر لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی
۳	بررسی تاثیر زوال پوشش‌ها بر عمر پره‌ها
۴	تدوین دانش فنی تعیین عمر پوشش‌های بکار رفته در پره‌های توربین گاز
۵	بررسی تاثیر نوع پوشش‌ها بر عمر پره‌ها
۶	مانیتورینگ پره‌های توربین گاز
۷	بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های گازی
۸	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌هایی با کریستالهای جهت‌دار
۹	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های تک کریستال

اقدام ۱۲: دستیابی به فناوری‌های مورد نیاز از طریق انتقال فناوری

ردیف	عنوان پروژهها
۱	ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۲	ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۳	ارزیابی وضعیت پمپ‌ها به روش غیرمخرب با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۵-۳- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی، تخصیص منابع، فرایند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به ویژه در کوتاه مدت می‌باشد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می‌باشد. همانطور که در بخش قبل عنوان شد، یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات به آنها شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت، عبارتند از هزینه و در صورت لزوم منابعی چون دانش و فناوری. تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته، هزینه نیروی انسانی، برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد. با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، می‌بایست مدت زمان لازم برای انجام هر پروژه، به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع اجرایی شدن پروژه‌ها، به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه، تخصیص زمان، یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد. به عبارت دیگر، کل زمان در دسترس برای تحقق پروژه‌های اجرایی از قبل تعیین شده و هر پروژه می‌بایست در مدت زمان خاص خود به اتمام برسد. از طرف دیگر، منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، در مورد هر پروژه

اجرائی، هزینه لازم برآورد شده و اختصاص می‌یابد. منابع لازم برای سطوح بالاتر، از جمله اقدامات، در حالت کلی برابر مجموع هزینه‌های سطوح بلافصل پایین دست می‌باشد^۱.

همان گونه که در بخش قبلی اشاره شد، اقدامات غیر فنی تعیین شده به سطح پایین تر شکسته نشده‌اند؛ در نتیجه، زمان هر یک از اقدامات غیر فنی برآورد می‌شود.

در این بخش، زمان تخمینی لازم برای انجام اقدامات غیر فنی و پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی به ترتیب در جدول‌های (۲-۵) و (۳-۵) ارائه شده است. همچنین، زمان مورد نیاز برای اجرای هر کدام از اقدامات فنی، با توجه به روابط پیش‌نیازی و پس‌نیازی پروژه‌های ذیل هر اقدام، در این بخش ارائه می‌شود. زمان‌بندی دقیق پروژه‌ها و اقدامات می‌تواند به ترسیم صحیح رهنما کمک کند.

جدول ۲-۵- زمان‌بندی اقدامات غیر فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۱۲	تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	۱
۶۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی و تحریک شرکت‌های خصوصی به شرکت فعال در آنها	۲

۱- مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد، اولویت‌بندی پروژه‌ها به گونه‌ای است که مشخص شود منابع اضافی که احیاناً در طول زمان اختصاص می‌یابند به کدام یک از پروژه‌ها تعلق گرفته و در صورت کاهش منابع کدامیک با کمبود مواجه می‌شوند. این ملاحظه برای پروژه‌های جاری وجود ندارد.

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد خلق و توسعه دانش		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۱۲۰	حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل حمایت‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای	۱
۶۰	حمایت از ایجاد هسته‌های پژوهشی و انجمن‌های دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۲
۲۴	کمک به عقد تفاهم‌نامه همکاری بین دانشگاه‌ها و صنعت	۳
۱۲۰	اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۴

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد انتشار دانش		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۲۴	تدوین مقررات الزام‌آور برای صنایع به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای قراردادهای همکاری یا تفاهم‌نامه‌های تحقیقاتی	۱
۹۶	حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخل کشور دانشگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۲
۱۲۰	ایجاد یک سامانه الکترونیکی برای استفاده پژوهشگران حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این سامانه	۳
۱۰۸	تشکیل یک دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	۴
۹۶	انتشار نشریه تخصصی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	۵

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۲۴	تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به پژوهش‌های این حوزه فناورانه	۱

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۶۰	تسهیل فرآیند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مجامع بین‌المللی	۱
۱۸	جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۲

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تامین منابع		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۹۶	بکارگیری آموزش‌های تخصصی حین کار در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	۱
۹۶	برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی توسط صنعت و مراکز پژوهشی وابسته	۲

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۱۲	ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده	۱

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت بخشی		
مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
	قطعات داغ نیروگاهی	
۶۰	برگزاری جلسات دانش‌افزایی و همایش‌های تخصصی به منظور افزایش آگاهی مدیران نسبت به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۲
۳۶	انجام مطالعات اقتصادسنجی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۳
۲۴	طراحی پایگاه اطلاعاتی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها	۴

جدول ۵-۳- زمان بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۶	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN738	۱
۱۸	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN792	۲
۲۰	تدوین دانش فنی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا چهارم توربین گاز V94.2 (با تاکید بر طراحی تستهای خستگی)	۳
۱۷	ارائه روش‌های جدید ارزیابی عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز V94.2	۴
۱۷	تعیین میزان برگشت‌پذیری رسوبات ایجاد شده در حین سرویس با فرآیند عملیات حرارتی سوپرآلیاژ IN738	۵
۱۸	تعیین ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز V94.2	۶

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	بررسی تاثیر فرآیند عملیات حرارتی بر ساختارهای تغییر یافته آلیاژ IN792 و نقش آن در عمر قطعه	۷
۱۸	بررسی نرخ رشد آسیب مکانیزم خزشی آلیاژهای IN738 و IN792 در بازه‌های زمانی متفاوت بهره‌برداری بعد از عملیات حرارتی (بازسازی)	۸
۱۶	بررسی ارتباط بین نرخ خوردگی و عمر باقیمانده پره و بررسی برهم کنش خزش-خستگی و خوردگی در پره‌های توربین گاز	۹
۱۴	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ GTD111	۱۰
۲۴	تعیین آنالیز دمایی و تنش پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9	۱۱
۱۸	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9 به روش‌های مخرب	۱۲
۵۲	مجموع	
اقدام ۲: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN939	۱
۲۱	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز V94.2 به روش‌های مخرب	۲
۱۴	بررسی تاثیر عملیات بازسازی بر عمر نازل‌های توربین	۳

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۶	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ FSX414	۴
۱۶	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ UD500	۵
۱۷	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرالیاژ GTD222	۶
۲۴	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز GE-F9 به روش مخرب	۷
۴۰	مجموع	

اقدام ۳: تحقیق و توسعه دانش کاربردی مرتبط با ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۴	بررسی تغییرات ابعادی قطعه و ارتباط آن با عمر خزشی پره‌های توربین F5 و واحدهای مشابه	۱
۱۷	تعیین ارتباط بین مقادیر سختی و کسر عمر سپری شده و تهیه نرم‌افزار مربوطه برای تخمین عمر پره‌های توربین F5 و واحدهای مشابه	۲
۲۴	بررسی کمی تشکیل کاربیدهای مرزدانه‌ای و درون‌دانه‌ای و ارتباط آنها با عمر سپری شده	۳
۳۰	مجموع	

اقدام ۴: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های محاسباتی		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف

اقدام ۴: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های محاسباتی		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	تدوین دانش فنی تخمین عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز و استخراج مدل‌های تجربی	۱
۱۶	توسعه نرم‌افزار آنالیز شکست پره‌های ثابت توربین گاز	۲
۲۸	تهیه مدل تجربی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک توربین گاز	۳
۲۴	تحلیل محاسباتی و تجربی توزیع دما و تنش در پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز V94.2	۴
۳۸	مجموع	
اقدام ۵: توسعه روش‌های On Line Monitoring در نیروگاه‌های بخاری		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۲۴	شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای بویلر، امکان سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها	۱
۲۴	شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای توربین، امکان سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها	۲
۲۴	تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر و تهیه نرم‌افزار مربوطه	۳
۲۴	تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه	۴
۲۴	تدوین دانش فنی پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده روتورهای توربین بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه	۵
۲۴	تهیه نرم‌افزار پایش به هنگام وضعیت و تعیین عمر باقیمانده پوسته توربین بخار	۶
۲۴	مجموع	

اقدام ۶: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی

مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۵	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار توسط روشهای محاسباتی	۱
۱۴	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خزشی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار توسط روشهای محاسباتی	۲
۱۴	تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختار و تغییرات سختی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار و ارتباط آنها با کسر عمر سپری شده	۳
۲۴	تهیه نرم‌افزارهای on line و off line جهت ارزیابی عمر اجزای روتورهای واحدهای گازی و بخاری	۴
۳۰	مجموع	

اقدام ۷: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی

مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۴	تحلیل ریزساختاری سوپرآلیاژ IN617 و بررسی نمادهای ریزساختاری و ارتباط آنها با عمر باقیمانده به همراه بررسی تغییرات سختی	۱
۱۲	تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده اجزای محفظه احتراق توربین گاز V94.2 بر اساس روشهای محاسباتی و غیرمخرب	۲
۲۰	مجموع	

اقدام ۸: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۲	تحلیل ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در محفظه بخار و ولوهای واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات به همراه ارزیابی روند تغییرات سختی آنها	۱
۱۴	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی ولوهای بکار رفته در نیروگاههای بخاری	۲
۲۰	مجموع	

اقدام ۹: تدوین روش‌های نوین بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۲	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای بویلر	۱
۱۲	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین بخار	۲
۱۴	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین گاز	۳
۱۲	تهیه نرم‌افزار ثبت سوابق بهره‌برداری، ارزیابی و بازسازی قطعات دما بالای نیروگاههای گازی	۴
۱۲	تهیه نرم‌افزار ثبت سوابق بهره‌برداری، ارزیابی و تعمیرات قطعات دما بالای نیروگاههای بخاری	۵
۳۵	مجموع	

اقدام ۱۰: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۲۰	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های توربین بخار بر مبنای روشهای محاسباتی با تاکید بر روابط تجربی حاکم بر خزش، خستگی و...	۱
۱۸	تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختارهای بینیتی و مارتنزیتی ایجاد شده در پره‌های توربین بخار به	۲

اقدام ۱۰: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
	همراه تحلیل تغییرات ریزساختاری و ارتباط هر یک با کسر عمر سپری شده	
۲۲	تهیه نرم‌افزار تخمین عمر پره‌های توربین بخار	۳
۲۰	بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری	۴
۳۰	مجموع	

اقدام ۱۱: تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی		
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۶	شناسایی فناوریهای نوین تخمین عمر مخرب و غیرمخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر	۱
۱۰	شناسایی فناوریهای نوین تخمین عمر لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی	۲
۱۴	بررسی تاثیر زوال پوشش‌ها بر عمر پرها	۳
۱۴	تدوین دانش فنی تعیین عمر پوشش‌های بکار رفته در پره‌های توربین گاز	۴
۱۲	بررسی تاثیر نوع پوشش‌ها بر عمر پرها	۵
۲۴	مانیتورینگ پره‌های توربین گاز	۶
۲۴	بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های گازی	۷
۱۷	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌هایی با کریستالهای جهت‌دار	۸
۱۹	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های تک کریستال	۹
۴۸	مجموع	

اقدام ۱۲: دستیابی به فناوری های مورد نیاز از طریق انتقال فناوری		
مدت زمان (ماه)	پروژه ها	ردیف
۱۶	ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۱
۱۶	ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲
۱۴	ارزیابی وضعیت پمپ ها به روش غیرمخرب با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۳
۳۰	تجهیز و تکمیل آزمایشگاه های مرتبط با طرح و ایجاد شبکه آزمایشگاهی	۴
۳۰	مجموع	

۵-۴- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی^۱ مطلوب)

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش، با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی شناسایی خواهند شد. جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران در حوزه ارزیابی وضعیت شناسایی شوند. لذا، برای این کار می‌بایست نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه، ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن آورده شده است. سپس، نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ترسیم شده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب تخصیص داده شده‌اند.

۵-۴-۱- نگاشت نهادی

از یک سو، تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی نقش‌آفرینی می‌کنند، و از سوی دیگر، تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود، نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها را از منظر نهادی (ساختاری) نمایان‌تر می‌کند. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد. به کمک نگاشت نهادی به خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در یک صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی ماتریسی است که در یک بعد، سازمان‌ها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر، انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی بدین معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در این حوزه نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین، با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان مشخص کرد:

- آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

- در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارند؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟
 - میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبطی در آن فعالیت ندارد؟
 - آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟
 - آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟
- نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از مؤسسات مجزا که بطور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این مؤسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تاثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.
- در یک سطح عمومی، کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌هاست. بنابراین، کارکرد اصلی هر نظام نوآوری، تولید، اشاعه و بکارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تاثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال، تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش) یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تامین منابع مالی به منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع، وضعیت موجود سیستم را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در سیستم نوآوری ترسیم شده و همچنین، چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در نظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرایند نوآوری بدست می‌آید.

۵-۴-۱-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرایند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و

نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، باید به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. بنابراین، تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه، به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

الف) سیاست گذاری

یک سیاست‌گذار، نهادی است که برنامه‌های پی‌گیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرایندی 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. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق، تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

ب) تنظیم‌گری

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
- تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تاثیر دارند:

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز

می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثرگذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد.

ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر موثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

تسهیل‌گران سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تامین‌کنندگان 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 تاثیر تامین‌کنندگان 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 غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد. در مجموع نقش تسهیل‌گری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

- تسهیل‌گری در بعد فناوری
- تسهیل‌گری منابع دانشی
- تسهیل‌گری منابع مالی
- تسهیل‌گری ظرفیت سازی و ترویج
- تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی، شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه ارزیابی وضعیت فعالیت می‌کنند. همچنین، ارائه‌کننده خدمات صنعتی شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه انجام ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است تنها ارزیابی تمامی قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت، مونتاژ و ارزیابی قطعات را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به ارزیابان قطعات نیروگاهی باشند.

۵-۴-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی، در این بخش، مراحل اصلی طراحی نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ارائه می‌گردد.

الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی در کشور

نهادهای اصلی مرتبط با توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها، نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفتند. براساس مطالعات صورت گرفته، کنش‌گران شناسایی شده در حوزه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی شامل موارد زیر می‌باشند که در پیوست توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

- ۱- هیئت وزیران
- ۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام
- ۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- ۴- شورای عالی عتف
- ۵- مجلس شورای اسلامی
- ۶- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- ۷- وزارت نیرو

- ۸- وزارت صنعت، معدن و تجارت
- ۹- سازمان محیط زیست
- ۱۰- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- ۱۱- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
- ۱۲- معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
- ۱۳- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
- ۱۴- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
- ۱۵- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
- ۱۶- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
- ۱۷- سازمان ملی استاندارد ایران
- ۱۸- شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)
- ۱۹- دفتر نظارت بر تولید (توانیر)
- ۲۰- دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)
- ۲۱- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
- ۲۲- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
- ۲۳- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
- ۲۴- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)
- ۲۵- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
- ۲۶- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران
- ۲۷- سازمان توسعه برق
- ۲۸- سندیکای صنعت برق
- ۲۹- انجمن صنفی نیروگاهی ایران (اصنا)
- ۳۰- دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی

۳۱- مؤسسات پژوهشی

۳۲- شرکت‌های خصوصی

۳۳- شرکت‌های مشاور صنعت برق

۳۴- شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات

۳۵- شرکت‌های بازسازی کننده مورد تایید توانیر

۳۶- شرکت‌های خارجی

ب) شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود در حوزه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی:

در این بخش، تلاش شده است تا ضمن شناسایی و بررسی تعاملات موجود میان نهادهای مختلف و توجه به کارکرد اصلی آن‌ها در نظام توسعه این فناوری، نقاط ضعف، کاستی‌ها و گسستگی‌ها در این زمینه مشخص شود. کارکردهایی که با توجه به نظام نوآوری در نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به کار برده شده است، شامل سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه‌دهنده کالا و خدمات (آموزشی، پژوهشی و صنعتی) می‌باشد.

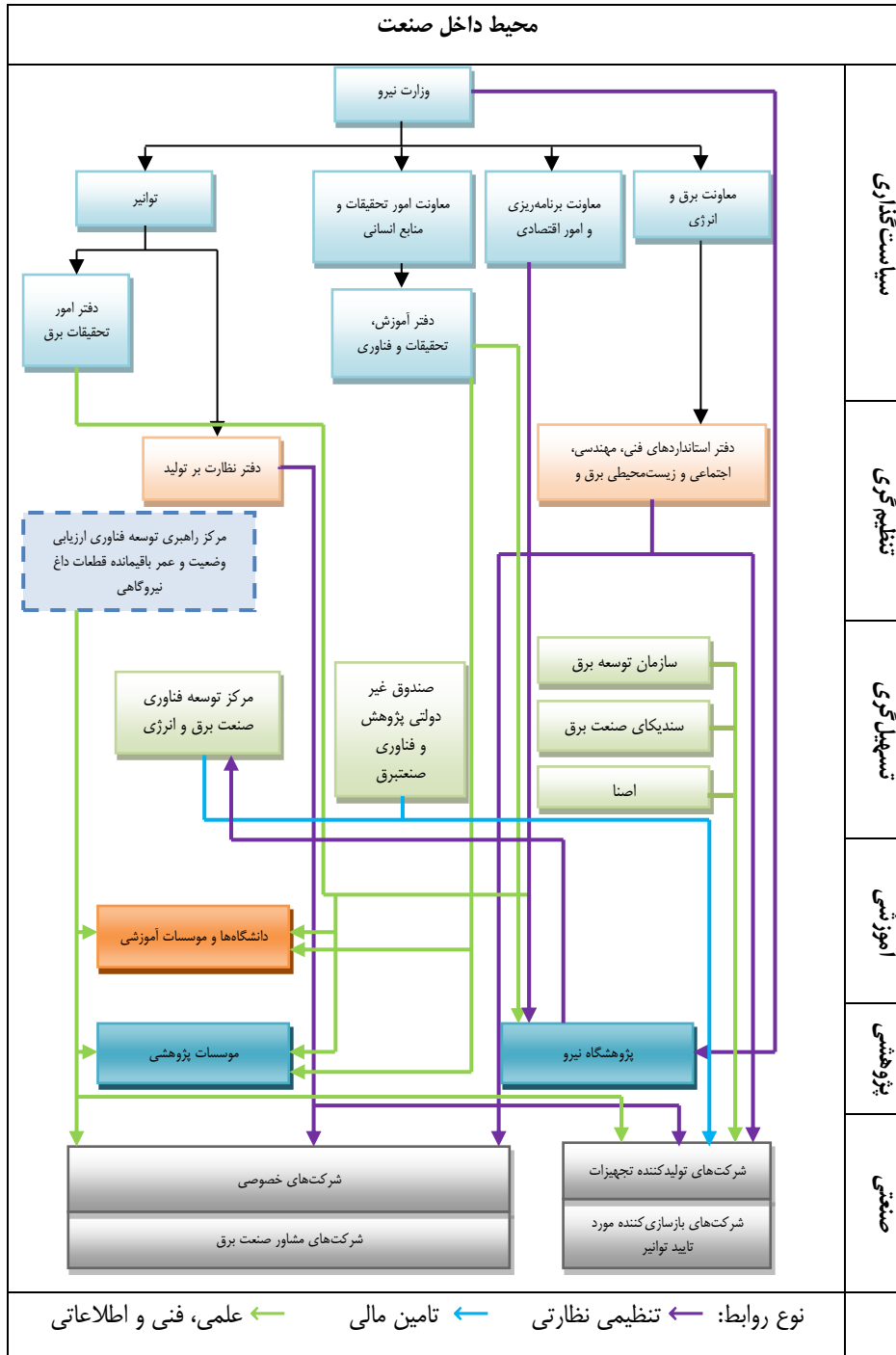
ج) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل، می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تهیه کرد. همانگونه که از نام این ماتریس مشخص است، دو عامل نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده براساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند. جدول (۵-۴) و شکل (۵-۳) این ماتریس را نشان می‌دهند.

جدول ۵-۴- نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	هیئت وزیران

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	مجمع تشخیص مصلحت نظام
					*	شورای عالی انقلاب فرهنگی
					*	شورای عالی عتف
					*	مجلس شورای اسلامی
		*			*	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
			*	*	*	وزارت نیرو
			*	*	*	وزارت صنعت، معدن و تجارت
					*	سازمان محیط زیست
			*			معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
			*			مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
					*	معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
					*	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
					*	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
				*		دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
					*	دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
		*		*		سازمان ملی استاندارد ایران
					*	شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق



شکل ۵-۳- ارتباط بین نهادهای محیط صنعت در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۵-۴-۱-۳- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت، بازیگران و ذینفعان اصلی تاثیرگذار در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ذکر شده‌اند و در ادامه، کارکردهای اصلی هرکدام از این ذینفعان در توسعه این فناوری‌ها با توجه به چهار کارکرد اصلی ذکر شده مشخص شده است. در نگاشت نهادی، ۲۷ گروه تاثیرگذار اصلی شناسایی شده است که در ابتدا اهداف و وظایف هر یک بررسی شده و سپس، نگاشت نهادی کلی توسعه این فناوری‌ها براساس وظایف و اهداف ذینفعان درجدول (۴-۵) بیان شده است که در این جدول، نقشی که هر بازیگر در توسعه فناوری متولی آن است، مشخص شده است. در شکل (۳-۵) با توجه به سه رابطه تنظیمی- نظارتی، تامین مالی، و علمی، فنی و اطلاعاتی، روابط بین نهادهای اثرگذار در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مشخص شده است.

با توجه به نگاشت ترسیم شده، هر چند نهادها و سازمان‌های مختلفی با کارکردهای مختلف سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه کالا و خدمات در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی فعال هستند ولی نارسایی‌ها و خلاءهایی نیز در این نگاشت نهادی وجود دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد.

یکی از ضعف‌های نگاشت نهادی وضع موجود، عدم وجود یک نهاد متمرکز در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی می‌باشد. ایجاد یک نهاد با عنوان مرکز راهبری توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، که علاوه بر مشارکت با نهادهای سیاست‌گذار، دارای نقش تنظیم‌گری و تسهیل‌گری نیز باشد، می‌تواند به توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی کمک کند. این نهاد می‌تواند نقش تنظیم‌گر و تسهیل‌گر را ایفا کند.

در شکل (۳-۵)، این نهاد به عنوان پیشنهاد، به نگاشت نهادی وضع موجود اضافه شده و به صورت نقطه‌چین نشان داده شده است. نارسایی دیگری که در نگاشت نهادی وضع موجود در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی وجود دارد، عدم وجود یک انجمن یا تشکل مستقل در این حوزه می‌باشد. این انجمن می‌تواند ضمن مشارکت و همفکری با مراکز تصمیم‌گیری دولت، در تدوین آیین‌نامه‌ها و مقررات مرتبط، از توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی حمایت کند.

۵-۴-۲- تخصیص متولیان پروژهها

با توجه به نگاهت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از پروژهها را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی پروژه با مأموریت مجری، و همچنین توان علمی و فنی، توان انسانی، توان مدیریتی و... مجریان، متولیان هر پروژه مشخص خواهند شد. در ادامه، با توجه به موارد اشاره شده، متولیان شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی و پروژههای فنی در جدولهای (۵-۵) و (۵-۶) ارائه شده است.

جدول ۵-۵- متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	دبیرخانه مرکز دفتر نظارت بر تولید
۲	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی و تحریک شرکت‌های خصوصی به شرکت فعال در آنها	دبیرخانه مرکز پارک‌های علم و فناوری شرکت‌های مشاور صنعت برق شرکت‌های خصوصی

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد خلق و توسعه دانش		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل حمایت‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای	صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو
۲	حمایت از ایجاد هسته‌های پژوهشی و انجمن‌های دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی مؤسسات پژوهشی پژوهشگاه نیرو
۳	کمک به عقد تفاهم‌نامه همکاری بین دانشگاه‌ها و صنعت	دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی مؤسسات پژوهشی پژوهشگاه نیرو دفتر امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
۴	اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دبیرخانه مرکز پژوهشگاه نیرو

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد انتشار دانش		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	تدوین مقررات الزام‌آور برای صنایع به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای قراردادهای همکاری یا تفاهم‌نامه‌های تحقیقاتی	معاونت برق و انرژی وزارت نیرو سازمان توسعه برق شرکت‌های مشاور صنعت برق پژوهشگاه نیرو
۲	حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخل کشور دانشگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دبیرخانه مرکز صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو
۳	ایجاد یک سامانه الکترونیکی برای استفاده پژوهشگران حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این سامانه	دبیرخانه مرکز پژوهشگاه نیرو دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو
۴	تشکیل یک دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی مؤسسات پژوهشی

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد انتشار دانش		
ردیف	اقدامات	متولی
		شرکت‌های مشاور صنعت برق پارک‌های علم و فناوری
۵	انتشار نشریه تخصصی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	دبیرخانه مرکز

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به پژوهش‌های این حوزه فناورانه	پژوهشگاه نیرو معاونت برق و انرژی وزارت نیرو

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	تسهیل فرآیند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مجامع بین‌المللی	وزارت نیرو وزارت صنعت، معدن و تجارت
۲	جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دبیرخانه مرکز پژوهشگاه نیرو شرکت‌های خصوصی مؤسسات پژوهشی

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تامین منابع		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	بکارگیری آموزش‌های تخصصی حین کار در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	پژوهشگاه نیرو شرکت‌های خصوصی دفتر آموزش تحقیقات و فناوری وزارت نیرو
۲	برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی توسط صنعت و مراکز پژوهشی وابسته	پژوهشگاه نیرو مؤسسات پژوهشی

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تامین منابع		
ردیف	اقدامات	متولی
		دفتر آموزش تحقیقات و فناوری وزارت نیرو

اقدامات رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت بخشی		
ردیف	اقدامات	متولی
۱	ایجاد سامانه آگاهی بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دبیرخانه مرکز معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو
۲	برگزاری جلسات دانش‌افزایی و همایش‌های تخصصی به منظور افزایش آگاهی مدیران نسبت به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دبیرخانه مرکز
۳	انجام مطالعات اقتصادسنجی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	دفتر آموزش تحقیقات و فناوری وزارت نیرو پژوهشگاه نیرو شرکت‌های مشاور صنعت برق شرکت‌های خصوصی
۴	طراحی پایگاه اطلاعاتی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها	پژوهشگاه نیرو معاونت برق و انرژی وزارت نیرو

جدول ۵-۶- متولیان پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN738	پژوهشگاه نیرو پرتو قطعات توربین شهریار

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۲	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN792	پژوهشگاه نیرو پرتو قطعات توربین شهریار
۳	تدوین دانش فنی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا چهارم توربین گاز V94.2 (با تاکید طراحی تستهای خستگی)	پژوهشگاه نیرو صها دانشگاه عباسپور
۴	ارائه روشهای جدید ارزیابی عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز V94.2	پژوهشگاه نیرو دانشگاه تهران پرتو
۵	تعیین میزان برگشت‌پذیری رسوبات ایجاد شده در حین سرویس با فرآیند عملیات حرارتی سوپرآلیاژ IN738	قطعات توربین شهریار دانشگاه مالک اشتر پرتو
۶	تعیین ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز V94.2	شرکت موادکاران دانشگاه زنجان دانشگاه تهران
۷	بررسی تاثیر فرآیند عملیات حرارتی بر ساختارهای تغییر یافته آلیاژ IN792 و نقش آن در عمر قطعه	قطعات توربین شهریار دانشگاه علم و صنعت
۸	بررسی نرخ رشد آسیب مکانیزم خزشی آلیاژهای IN738 و IN792 در بازه‌های زمانی متفاوت بهره‌برداری بعد از عملیات حرارتی (بازسازی)	پرتو قطعات توربین شهریار موادکاران
۹	بررسی ارتباط بین نرخ خوردگی و عمر باقیمانده پره و بررسی برهم کنش خزش-خستگی و خوردگی در پره‌های توربین گاز	صها دانشگاه تهران
۱۰	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ GTD111	پرتو پژوهشگاه نیرو قطعات توربین شهریار

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱۱	تعیین آنالیز دمایی و تششی پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9	پرتو توگا دانشگاه عباسپور
۱۲	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9 به روش‌های مخرب	دانشگاه شیراز دانشگاه علم و صنعت پژوهشگاه نیرو
اقدام ۲: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN939	پژوهشگاه نیرو قطعات توربین شهریار تعمیرات نیروگاهی
۲	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز V94.2 به روش‌های مخرب	پژوهشگاه نیرو موادکاران
۳	بررسی تاثیر عملیات بازسازی بر عمر نازل‌های توربین	قطعات توربین شهریار
۴	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ FSX414	موادکاران پژوهشگاه نیرو
۵	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ UD500	پرتو
۶	تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ GTD222	توگا
۷	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز GE-F9 به روش مخرب	پژوهشگاه نیرو دانشگاه علم و صنعت

اقدام ۱: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و

غیرمخرب

ردیف	پروژه‌ها	متولی
		دانشگاه تهران

اقدام ۳: تحقیق و توسعه دانش کاربردی مرتبط با ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز

ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	بررسی تغییرات ابعادی قطعه و ارتباط آن با عمر خزشی پره‌های توربین F5 و واحدهای مشابه	قطعات توربین شهریار شرکت‌های مپنا
۲	تعیین ارتباط بین مقادیر سختی و کسر عمر سپری شده و تهیه نرم‌افزار مربوطه برای تخمین عمر پره‌های توربین F5 و واحدهای مشابه	پژوهشگاه نیرو متالورژی رازی
۳	بررسی کمی تشکیل کاربیدهای مرزانه‌ای و درون‌دانه‌ای و ارتباط آنها با عمر سپری شده	بنیاد رازی دانشگاه شیراز

اقدام ۴: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های

محاسباتی

ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تدوین دانش فنی تخمین عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز و استخراج مدل‌های تجربی	دانشگاه شهید عباسپور توگا صها
۲	توسعه نرم‌افزار آنالیز شکست پره‌های ثابت توربین گاز	دانشگاه تربیت مدرس
۳	تهیه مدل تجربی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک توربین گاز	صها
۴	تحلیل محاسباتی و تجربی توزیع دما و تنش در پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز V94.2	دانشگاه شهید عباسپور پرتو توگا

اقدام ۵: توسعه روش‌های On Line Monitoring در نیروگاه‌های بخاری

ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای بویلر، امکان سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها	پژوهشگاه نیرو دانشگاه صنعتی شریف
۲	شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای توربین، امکان سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها	پژوهشگاه نیرو دانشگاه صنعتی شریف
۳	تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر و تهیه نرم‌افزار مربوطه	دانشگاه صنعتی شریف مپنا بویلر
۴	تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه	مپنا بویلر
۵	تدوین دانش فنی پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده روتورهای توربین بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه	دانشگاه صنعتی شریف
۶	تهیه نرم‌افزار پایش به هنگام وضعیت و تعیین عمر باقیمانده پوسته توربین بخار	پژوهشگاه نیرو

اقدام ۶: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و

محاسباتی

ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار توسط روشهای محاسباتی	توگا دانشگاه اصفهان
۲	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خزشی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار توسط روشهای محاسباتی	تعمیرات نیروگاهی
۳	تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختار و تغییرات سختی اجزای روتورهای توربین گاز و بخار و ارتباط آنها با کسر عمر سپری شده	پژوهشگاه نیرو تعمیرات نیروگاهی
۴	تهیه نرم‌افزارهای on line و off line جهت ارزیابی عمر اجزای روتورهای واحدهای گازی و بخاری	دانشگاه امیرکبیر دانشگاه شیراز

اقدام ۷: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تحلیل ریزساختاری سوپرآلیاژ IN617 و بررسی نمادهای ریزساختاری و ارتباط آنها با عمر باقیمانده به همراه بررسی تغییرات سختی	پژوهشگاه نیرو قطعات توربین شهریار
۲	تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده اجزای محفظه احتراق توربین گاز V94.2 بر اساس روشهای محاسباتی و غیرمخرب	پرتو موادکاران

اقدام ۸: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تحلیل ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در محفظه بخار و ولوهای واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات به همراه ارزیابی روند تغییرات سختی آنها	تعمیرات نیروگاهی پژوهشگاه نیرو
۲	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی ولوهای بکار رفته در نیروگاههای بخاری	مپنا دانشگاه امیرکبیر

اقدام ۹: تدوین روش‌های نوین بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای بویلر	مپنا بویلر دانشگاه علم و صنعت
۲	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین بخار	دانشگاه خواجه نصیر دانشگاه تربیت مدرس دانشگاه شیراز
۳	تدوین روشهای نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین گاز	دانشگاه خواجه نصیر دانشگاه تربیت مدرس

اقدام ۹: تدوین روش‌های نوین بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
		دانشگاه شیراز
۴	تهیه نرم‌افزار ثبت سوابق بهره‌برداری، ارزیابی و بازسازی قطعات دما بالای نیروگاه‌های گازی	پژوهشگاه نیرو دفتر فنی تولید توانیر
۵	تهیه نرم‌افزار ثبت سوابق بهره‌برداری، ارزیابی و تعمیرات قطعات دما بالای نیروگاه‌های بخاری	پژوهشگاه نیرو دفتر فنی تولید توانیر

اقدام ۱۰: تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات بر مبنای روش‌های محاسباتی با تاکید بر روابط تجربی حاکم بر خزش، خستگی و...	دانشگاه عباسپور دانشگاه زنجان
۲	تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختارهای بینیتی و مارتنزیتی ایجاد شده در پره‌های توربین بخار به همراه تحلیل تغییرات ریزساختاری و ارتباط هر یک با کسر عمر سپری شده	پژوهشگاه نیرو متالورژی رازی
۳	تهیه نرم‌افزار تخمین عمر پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات	دانشگاه صنعتی شریف جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران
۴	بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری	دانشگاه خواجه نصیر دانشگاه تربیت مدرس دانشگاه علوم تحقیقات

اقدام ۱۱: تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی		
ردیف	پروژه‌ها	متولی
۱	شناسایی فناوری‌های نوین تخمین عمر مخرب و غیرمخرب لوله‌های واتروال	دانشگاه تربیت مدرس

اقدام ۱۱: تسلط بر بکارگیری فناوری های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ

نیروگاه های حرارتی

ردیف	پروژه ها	متولی
	و اکونومایزر	
۲	شناسایی فناوری های نوین تخمین عمر لوله های سوپر هیتزر و ری هیتزر با روش های غیر مخرب و محاسباتی	دانشگاه خواجه نصیر دانشگاه زنجان
۳	بررسی تاثیر زوال پوشش ها بر عمر پرها	پرتو دانشگاه شیراز
۴	تدوین دانش فنی تعیین عمر پوشش های بکار رفته در پره های توربین گاز	پرتو
۵	بررسی تاثیر نوع پوشش ها بر عمر پرها	دانشگاه مالک اشتر
۶	مانیتورینگ پره های توربین گاز	پژوهشگاه نیرو
۷	بکارگیری تجهیزات نوین غیر مخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه های گازی	دانشگاه تربیت مدرس دانشگاه خواجه نصیر
۸	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره های با کریستال های جهت دار	شرکت های مپنا
۹	تدوین دانش فنی تخمین عمر پره های تک کریستال	شرکت های مپنا

اقدام ۱۲: دستیابی به فناوری های مورد نیاز از طریق انتقال فناوری

ردیف	پروژه ها	متولی
۱	ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت های خارجی از جمله Kema و Sulzer
۲	ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به روش غیر مخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت های خارجی از جمله SIEMENSE
۳	ارزیابی وضعیت پمپ ها به روش غیر مخرب با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت های خارجی از جمله Intertech
۴	تجهیز و تکمیل آزمایشگاه های مرتبط با طرح و ایجاد شبکه آزمایشگاهی	پژوهشگاه نیرو

۵-۵- ترسیم رهنگاشت

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، تدوین رهنگاشت است. رهنگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته، و در نهایت، معرفی متولیان هر یک از سطوح، اجزای تشکیل‌دهنده رهنگاشت می‌باشند.

همان‌گونه که در ابتدا عنوان شد، تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک در سازمان‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچگاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع، دو دلیل عمده قابل تأمل است. اول اینکه سازمان‌ها معمولاً با قابلیت‌های مدیریتی اداره می‌شوند. حال آنکه پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. آنچنان‌که در بسیاری از موارد، در حالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شود. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک سازوکار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین، مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهمترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هرچند باید تأکید کرد که هیچ‌گاه رهنگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه، راهبری است. آنچنانکه استفاده از تکنیک‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود.

نظر به اهمیت تهیه رهنگاشت در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه، به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رهنگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رهنگاشت را بیان می‌کنیم.

در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم رهنگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، رهنگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین، تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم رهنگاشت ارائه شده است:

الف) رهنگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) رهنگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای^۱ موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) رهنگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

د) رهنگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید، از زمان حال تا زمان تحقق هدف، انجام شود نشان می‌دهد.

ه) رهنگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، رهنگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیرسیستم‌ها و زیرساخت‌ها را نیز از مولفه‌های یک رهنگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای رهنگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که رهنگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید بصورت جزئی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

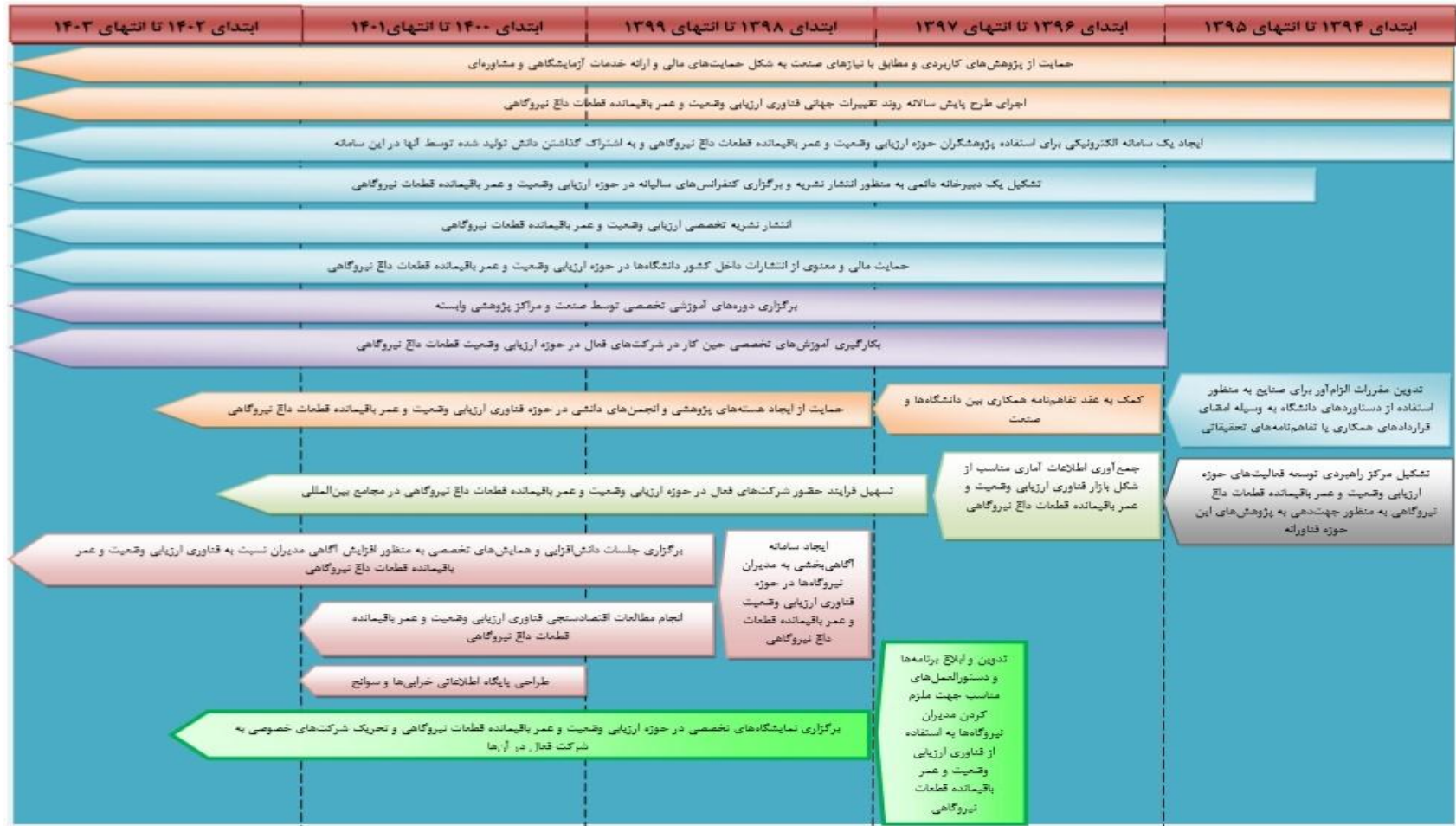
در یک جمع‌بندی، می‌توان اینگونه بیان نمود که رهنگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص^۲ موجود در مسیر، به

1 -Deadline

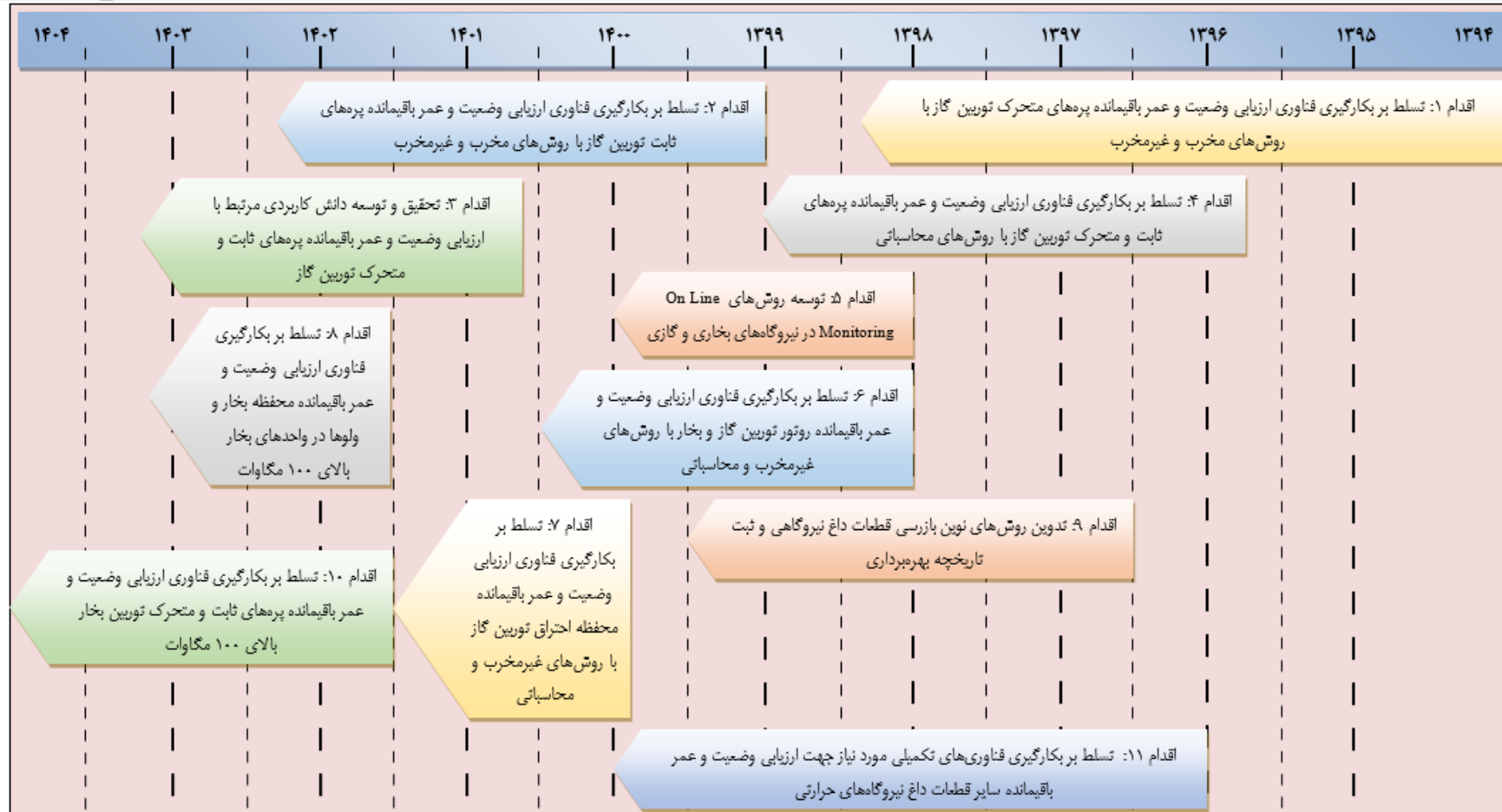
2 -Milestone

توصیف هر چه روشن تر این مسیر کمک می کند. لذا به نظر می رسد در نخستین گام، ترسیم گام های اصلی در مسیر پیاده سازی استراتژی لازم و ضروری است.

با توجه به موارد ذکر شده در بخش های قبل، رهنگاشت های توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این رهنگاشت ها شامل نقشه راه توسعه نظام نوآوری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی (مبتنی بر اقدامات غیر فنی) و نیز نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی (مبتنی بر اقدامات فنی) است. این رهنگاشت ها در شکل های (۴-۵) و (۵-۵) نشان داده شده است.



شکل ۵-۴- رهنما توسعه نظام نوآوری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی



شکل ۵-۵- رهنما توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

۵-۶- نتیجه گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی»، برنامه عملیاتی سند و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تدوین شد. این برنامه عملیاتی شامل پروژه‌ها و زمان‌بندی مورد نیاز آن‌ها است. در این گزارش ابتدا فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند بر اساس اقدامات شناسایی شده در مرحله چهارم توضیح داده شد. با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود. اما اقدامات فنی سند به پروژه‌های اجرایی تقسیم شد. پس از این مرحله، زمان‌بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. با توجه به شکسته نشدن اقدامات غیر فنی، زمان لازم برای اقدامات تعیین شد. در گام بعدی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای مرتبط با توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مشخص شد و سپس، پیشنهاداتی برای بهبود آن ارائه شد و نگاشت نهادی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ترسیم شد. در نهایت، با توجه به این که اقدامات به دو دسته فنی و غیر فنی تقسیم شده بود، دو رهنگاشت برای توسعه نظام نوآوری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و نیز برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

۵-۷- مراجع

- ۱- «مدیریت و کنترل پروژه»، مجید سبزه پرور، انتشارات ترمه، ویرایش یازدهم، ۱۳۹۳
- ۲- «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق- راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- ۳- «روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی»، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور

پیوست الف:

شناسنامه اقدامات غیرفنی

اقدام ۱: تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها به

استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

یکی از دلایل اصلی عنوان شده از سوی خبرگان برای عدم بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در نیروگاه‌ها، عدم وجود الزام قانونی برای آن می‌باشد. در واقع، هیچ الزامی از سوی وزارت نیرو وجود ندارد که بر طبق آن، مدیران نیروگاه‌ها برای تعیین عمر قطعات داغ خود و یا برای واگذاری و بیمه کردن نیروگاه‌ها، ملزم به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت باشند. از آنجا که مزایای استفاده از این فناوری به صورت بلندمدت نمایان می‌شود و وجود دوره‌های کوتاه مدیریتی و عدم آینده‌نگری برخی مدیران سازمانی موجب عدم توجه به دورنمای بلندمدت سازمان می‌گردد، وجود برخی برنامه‌ها و دستورالعمل‌ها به منظور ملزم کردن مدیران به بهره‌گیری از فناوری ارزیابی وضعیت می‌تواند مفید باشد. از این رو، یکی از خروجی‌های اصلی این سند، تدوین دستورالعمل‌های مناسب برای الزام استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت می‌باشد. این دستورالعمل‌ها می‌بایست توسط یک مرجع ذی‌صلاح (توانیر، وزارت نیرو) به تصویب برسند تا بتوان از این طریق مدیران نیروگاه‌ها را ملزم به بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده برای قطعات داغ نمود.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه - جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	تدوین برنامه‌ها و دستورالعمل‌ها	۱۰
۲	تصویب برنامه‌ها و دستورالعمل‌های تدوین شده در مرجع ذی‌صلاح	۱
۳	ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌ها به مدیران نیروگاه‌ها	۱
	مجموع	۱۲

اقدام ۲: برگزاری نمایشگاه تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و

تحریک شرکت‌های خصوصی به حضور فعال در آنها

یکی از ابزارهای مهم برای رونق بخشیدن به صادرات و انجام فعالیت موثر در تبلیغات و بازاریابی کالاها و خدمات، نمایشگاه‌ها می‌باشند. بر اساس طبقه‌بندی صورت گرفته، نمایشگاه‌ها را می‌توان به چهار دسته مختلف تقسیم کرد که عبارت‌اند از: نمایشگاه‌های عمومی، نمایشگاه‌های تخصصی، نمایشگاه‌های اختصاصی و نمایشگاه‌های اکسپو. نمایشگاه‌های تخصصی به منظور نمایش و عرضه گروه خاصی از کالاها، مصرف‌کنندگان خاص و یا فناوری‌های خاص برگزار می‌شوند. در حال حاضر حدود ۹۰٪ از نمایشگاه‌های دنیا از این نوع می‌باشند. با توجه به نظرات کارشناسان اقتصادی و بازرگانی، برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی (صادراتی) یکی از موثرترین روش‌های توسعه فناوری و توسعه صادرات غیر نفتی در کشورهای در حال توسعه است. از این رو، می‌توان گفت که نمایشگاه‌های تخصصی به عنوان یکی از مجاری و کانال‌های معرفی کالاها تولید شده و انتقال تکنولوژی در دنیا، می‌توانند نقش بسیار موثری در فرآیند افزایش ارتباط صنعت و دانشگاه، توسعه فناوری‌های نوظهور و صادرات فناوری و محصولات آن داشته باشند. با توجه به چالش‌های موجود در کارکرد کارافرینی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و تعاملات بین بازیگران این حوزه اعم از صنعت و دانشگاه، برگزاری نمایشگاه تخصصی در این حوزه که بازیگران مختلف داخلی و خارجی در آن به ارائه دستاوردهای خود بپردازند، بسیار مفید خواهد بود.

هم‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه - تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	کسب مجوزهای لازم برای برگزاری نمایشگاه	-	۳
۲	دعوت از شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال برای شرکت در نمایشگاه	۱	۵۷
۳	برگزاری نمایشگاه	۱	۵۷
۴	تبلیغات و اطلاع‌رسانی به بازدیدکنندگان	۱	۵۷
۵	تعیین دستاوردهای برتر سال و اهدای پاداش	۱	۵۷
مجموع		۱	۶۰

اقدام ۳: حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل حمایت‌های مالی و ارائه

خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای

همان‌طور که در شناسایی مرحله توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در کشور مشخص شد، فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در کشور در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد. با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با مراحل مختلف توسعه فناوری، معلوم می‌شود که یکی از کارکردهای اصلی برای فناوری‌های قرار گرفته در این مرحله، کارکرد خلق و توسعه دانش می‌باشد. از این رو، یکی از مباحث با اهمیت در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت، توجه به تحقیق و پژوهش در این حوزه بوده و یکی از اساسی‌ترین بازیگران این کارکرد، دانشگاه‌ها می‌باشند. با این نگرش، یکی از اقدامات اصلی سند راهبردی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، به پیشنهاد کمیته راهبری تدوین سند، "حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل حمایت‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای" در نظر گرفته شده است.

حمایت از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری به سه روش امکان‌پذیر است:

الف) حمایت‌های مالی: این حمایت‌ها به عنوان اصلی‌ترین فعالیت به شمار می‌روند. این حمایت‌ها در سه حوزه مختلف قابل انجام است:

- حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد به صورت کمک نقدی به دانشجو
- حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری به صورت کمک نقدی به دانشجو
- حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها به طوری که در مواردی که پایان‌نامه کاملاً در راستای نیازهای صنعت بوده و در این بخش قابل اجرا باشد، فرد، مبلغی را به عنوان تشویقی دریافت کند.

ب) پشتیبانی‌های فیزیکی: این نوع حمایت شامل دو عنوان اصلی می‌شود:

- حق استفاده از آزمایشگاه‌ها: در این مورد، به دانشجویانی که پایان‌نامه‌هایی مرتبط با موضوعات مطرح شده در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی تعریف کرده‌اند، حق استفاده از آزمایشگاه‌های تحت نظر وزارت نیرو، به صورت رایگان ولی در تعداد محدودی آزمایش در هر سال، داده می‌شود.

- حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها: در این مورد حق استفاده رایگان از کتابخانه‌های طرف قرارداد وزارت نیرو مرتبط با این موضوع به دانشجویان داده می‌شود.
- ج) حمایت‌های مشاوره‌ای: این نوع حمایت به منظور رفع موانع علمی دانشجویان و کمک به ایشان در انجام پایان‌نامه می‌باشد که از آن به عنوان اطلاع‌رسانی علمی و مشاوره علمی به دانشجویان یاد شده است.
- به منظور ارتقای سطح پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه و جلوگیری از هدر رفت هزینه و انرژی، حمایت از پایان‌نامه‌ها باید به صورت گزینشی انجام پذیرد و با بررسی پایان‌نامه‌های مختلف تعریف شده در این حوزه، تنها از پایان‌نامه‌های کاربردی و منطبق بر نیازهای صنعت برق حمایت شود.
- پیش‌نیاز یا هم‌نیاز اقدام: -

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	شناسایی پایان‌نامه‌های کاربردی	۱۰	۱۲۰
۲	حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد	۶	۱۲۰
۳	حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری	۴	۱۲۰
۴	حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها	۲	۱۲۰
۵	حق استفاده از آزمایشگاه‌ها	۱۰	۱۲۰
۶	حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها	-	۱۲۰
۷	حمایت‌های مشاوره‌ای	-	۱۲۰
	مجموع	۱۰	۱۲۰

اقدام ۴: حمایت از ایجاد هسته‌های پژوهشی و انجمن‌های دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ایجاد هسته‌های پژوهشی و انجمن‌های دانشی در داخل کشور یکی از راهکارهای پیشنهادی برای کمک به خلق و توسعه دانش در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی می‌باشد. انجمن‌های علمی و دانشی از جمله مراکزی هستند که به منظور پرورش استعدادها، تقویت نشاط علمی، و اجرای برنامه‌های تکمیلی همسو با نیازهای حوزه مدنظر ایجاد می‌شوند. بسترسازی و ایجاد هسته‌ها و انجمن‌های علمی - دانشی در جوامع امروزی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. به طور کلی فعالیت‌های انجمن‌های علمی - دانشی دانشگاه‌ها در چند بخش کلی خلاصه می‌شود، که عبارتند از:

۱. فعالیت در زمینه کمک به برگزاری سمینارها و کارگاه‌های علمی در سطح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی
۲. برگزاری دوره‌های آموزشی تکمیلی و تقویتی و تشکیل کارگاه‌های تخصصی
۳. برگزاری و همکاری در اجرای جشنواره‌ها، کنفرانس‌ها و مسابقات علمی (داخلی و خارجی)
۴. تولید و انتشار نشریه علمی، کتاب و نشریات الکترونیکی، نرم افزارهای رایانه‌ای و فیلم‌های علمی - آموزشی
۵. حمایت و تشویق مادی و معنوی از ابتکارات، خلاقیت‌های علمی، فعالیت‌های پژوهشی و اختراعات مرتبط

با توجه به شرح فعالیت‌های یاد شده، مشخص است که ایجاد چنین انجمن‌هایی می‌تواند به تولید دانش و افزایش تحقیق و توسعه در حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی کمک کند. با توجه به اینکه اساس انجمن‌های دانشی، ایجاد آنها توسط نیروهای داوطلب می‌باشد، تیم مجری سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی می‌تواند با ارائه خدمات و حمایت‌های مختلف به ایجاد انجمن دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی کمک نماید.

در اولین گام از اجرای این اقدام، باید دستورالعملی برای انجام فعالیت‌های مربوط به حمایت از تشکیل هسته و انجمن دانشی ایجاد شود. در ادامه، باید فرصت‌ها، ظرفیت‌ها و زمینه‌های بالقوه برای ایجاد و توسعه این انجمن‌ها را در بستر دانشگاه‌ها، صنایع و سایر نهادها از جمله نهادهای مدنی شناسایی کرده و پس از مطالعه و انجام بررسی‌های لازم، از روش‌ها و ابزارهای مختلف در جهت جذابیت برای ایجاد انجمن‌های مستعد استفاده کرد. ارائه کمک‌های مالی، از طریق اعطای وام‌های بلاعوض و اطلاع‌رسانی حمایت‌های مالی و اطلاعاتی به انجمن‌های شناسایی شده خواهد بود. همچنین، در راستای ارائه خدمات علمی، باید سمینارها و نشست‌های مختلفی با هدف ایجاد ارتباط و تبادل علمی میان این انجمن‌ها با سایر مراکز

مشابه داخلی و خارجی برگزار شود. از دیگر فعالیت‌ها در این زمینه، می‌توان به بررسی و شناسایی موانع موجود بر سر راه ایجاد و توسعه این گونه انجمن‌ها و پیگیری به منظور رفع آن‌ها اشاره کرد. مجموعه فعالیت‌های فوق می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری و توسعه نهادهای کارآمد در بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه و صنعت و در نهایت تسریع در فرآیند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی گردد.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تدوین دستورالعمل تشکیل و حمایت از انجمن در کارگروه آموزش، پژوهش و تعامل با دانشگاه مرکز راهبری توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	-	۳
۲	شناسایی موانع، فرصت‌ها و زمینه‌های بالقوه برای تشکیل و حمایت از انجمن	۳	۶۰
۳	حمایت مالی از انجمن‌های فعال	۳	۶۰
۴	حمایت حقوقی از انجمن‌های فعال	-	۶۰
۵	ارائه مشاوره و خدمات علمی به انجمن‌ها	-	۶۰
	مجموع	۳	۶۰

اقدام ۵: کمک به عقد تفاهم‌نامه همکاری بین دانشگاه‌ها و صنعت

بنا بر تحقیقات انجام گرفته، حدود هشتاد درصد از نیروهای تحصیل کرده در دانشگاه‌ها هستند و کمتر از بیست درصد در مراکز تحقیقاتی، صنایع و شرکت‌ها مشغول به کار می‌باشند. بنابراین، می‌توان گفت که نهاد علم در جامعه، دانشگاه است. ارتباط مناسب بین صنعت و دانشگاه یکی از عوامل مهم و ضروری در توسعه همه‌جانبه کشورها است و بدون ایجاد این ارتباط، توسعه فناوری‌ها بسیار دشوار خواهد بود. ارتباط صنعت و دانشگاه در واقع استفاده از توانمندی‌های دانشگاه در جهت رفع نیازهای صنعت است.

همان طور که در فاز چهارم سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی اشاره شد، یکی از مشکلات در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ، فاصله زیاد میان نیاز صنعت و مرز دانش می‌باشد. صنعت برق لزوماً نیاز به دانش روز ندارد اما دانشگاه معمولاً به دنبال دانش روز است. به همین علت، ارتباط دانشگاه و صنعت برق دارای ضعف‌های فراوانی است. از این رو، کمک به تعریف پروژه‌های مشترک بین مراکز دانشگاهی و شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی به عنوان یکی از اقدامات سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در نظر گرفته شده است که می‌تواند به ترمیم این فاصله کمک نماید.

در راستای اجرای اقدام حاضر، می‌تواند حمایت‌هایی از همکاری‌های میان دانشگاه و صنعت صورت پذیرد. حمایت از دانشگاه می‌تواند بدین صورت باشد که مشوق‌هایی برای پروژه‌هایی که صنعتی می‌شوند در نظر گرفته شود و حمایت از صنعت می‌تواند به صورت اعطای وام، اعطای معافیت مالیاتی، رتبه‌بندی شرکت‌ها و ... باشد. در این راستا، می‌بایست ابتدا پروژه‌ای تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه حمایت از دانشگاه و صنعت تعریف شود. دانشگاه‌ها و تخصص‌های هر دانشگاه نیز باید مشخص شوند؛ چرا که با توجه به محدودیت‌ها، همه دانشگاه‌ها نمی‌توانند در همه زمینه‌ها به صورت تخصصی فعالیت نمایند. در ادامه می‌بایست آیین‌نامه‌ی همکاری میان دانشگاه‌ها و شرکت‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی تدوین شود و از طریق مراجع ذی‌ربط به دانشگاه‌ها و صنعت ابلاغ شده و اجرا گردد.

هم‌نیاز اقدام: تدوین مقررات الزام‌آور برای صنایع به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای قراردادهای

همکاری یا تفاهم‌نامه‌های تحقیقاتی

زمان (ماه)	فعالیت	ردیف
۹	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین نحوه حمایت از دانشگاه‌ها و شرکت‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	۱
۳	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص تعیین ظرفیت و تخصص هریک از دانشگاه‌ها	۲
۳	تدوین آیین‌نامه همکاری بین صنعت و دانشگاه‌ها	۳
۹	تشکیل کمیته‌ای جهت ابلاغ و پیگیری اجرای آیین‌نامه تدوین شده	۴
۲۴	مجموع	

اقدام ۶: اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

از آنجا که فناوری‌های نوین جهانی به صورت روزافزون در حال تغییر و بعضا افزایش هستند، شناسایی روند تغییرات جهانی فناوری‌ها به سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان، مدیران و تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا واقعیت‌های جهان را درک نموده و دانش کافی و لازم را از عرصه‌های مختلف فناوری به دست آورند و رویکردهای حاکم و اثرگذار فناوری جهانی از دو دیدگاه مدیریت و فناوری را ارزیابی نمایند.

با توجه به شکاف روزافزون بین کشورهای جوامع توسعه یافته یا صنعتی شده و جوامع در حال توسعه، رقابت گروه کشورهای پیشرو و کشورهای پیرو شدت بیشتری یافته است. این رقابت معمولا در قالب همگرا و یکپارچه‌سازی فناوری‌ها، افزایش کیفیت و ظرفیت محصولات، کاهش هزینه‌ها، کاهش ابعاد و کوچک‌سازی محصولات، توسعه ارتباطات، هوشمندسازی کاربردها و ... نمایان می‌شود. لذا، اطلاع از اینگونه تغییرات که در محصولات و یا ارتباطات بین شرکت‌ها حاصل می‌شود می‌تواند کمک بسزایی در بهبود فناوری‌ها داشته باشد.

به منظور اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، باید در هر سال یک پروژه تحقیقاتی آینده‌پژوهی در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت نیروگاهی انجام شود و با توجه به شناخت حاصل شده از فناوری‌های نوین و تغییرات حاصل شده در آنها، سناریوهای محتمل آینده فناوری مورد بررسی قرار گیرد.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به

منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	انجام پروژه تحقیقاتی پایش روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	۱	۱۲۰
مجموع		۱	۱۲۰

اقدام ۷: تدوین مقررات الزام آور برای صنایع به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای

قراردادهای همکاری یا تفاهم نامه های تحقیقاتی

یکی از دلایل اصلی عنوان شده از سوی خبرگان برای عدم بکارگیری دستاوردهای دانشگاه در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، عدم وجود الزام قانونی برای آن می باشد. در واقع هیچ الزامی از سوی وزارت نیرو وجود ندارد که مدیران نیروگاهها را ملزم به استفاده از فناوری ارزیابی قطعات داغ اصلی موجود در نیروگاههای حرارتی که در فاز سوم شناسایی شده اند کند. لذا، دستاوردهای دانشگاهی معمولاً تبدیل به پروژه های صنعتی نمی شوند و نه تنها نتایج ارزشمند آنها نادیده گرفته می شود و به دست صنعتگران نمی رسد، بلکه دانشگاهها نیز نمی توانند سودآوری مناسبی را از طریق صنعتی کردن دستاوردهای خود داشته باشند. از این رو، یکی از خروجی های اصلی این سند، تدوین مقررات و دستورالعمل برای الزام نیروگاهها به استفاده از دستاوردهای دانشگاهها به وسیله امضای قراردادهای همکاری می باشد. این دستورالعملها و قوانین می بایست توسط یک مرجع ذیصلاح (توانیر، وزارت نیرو) به تصویب برسند تا بتوان از این طریق، مدیران نیروگاهها را ملزم به بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت برای قطعات داغ نمود. بنا بر توضیحات ارائه شده، برای تحقق این اقدام، پس از تدوین مقررات و دستورالعملهای الزام آور، این مقررات به تصویب مراجع ذیصلاح رسیده و به نیروگاهها ابلاغ می شوند.

پیش نیاز یا هم نیاز اقدام: -

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	تدوین دستورالعملها و مقررات الزام کننده به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ	۱۸
۲	تصویب مقررات تدوین شده در مرجع ذیصلاح	۳
۳	ابلاغ مقررات و دستورالعملها به مدیران نیروگاههای حرارتی	۳
مجموع		۲۴

اقدام ۸: حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخل کشور دانشگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و

عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

در حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، مقالات بسیاری توسط محققین داخلی در نشریات و پایگاه‌های علمی خارجی نمایه می‌شود. این در حالی است که تعداد مقالات منتشر شده توسط محققین دانشگاهی در نشریات داخل کشور خیلی مطلوب نیست. همین امر می‌تواند موجب تضعیف انتشار دانش در داخل کشور شود و مسبب کاهش دسترسی متخصصین داخلی به دانش تولید شده توسط محققین داخلی شود. چرا که دانش منتشر شده در نشریات خارجی یا به سختی در اختیار متخصصین داخلی قرار می‌گیرد و یا از لحاظ انجام اموری همچون ترجمه و تفهیم متون، متخصصین را با مشکل مواجه می‌سازد. به علاوه، در شرایط تحریم نیز قطع ارتباط با پایگاه‌های خارجی انتشار مقالات می‌تواند موجب عدم دسترسی کامل محققین داخلی به مقالات نمایه شده در پایگاه‌های خارج از کشور شود.

به منظور رفع این معضل و در راستای تشویق محققین داخلی به انتشار مقالات در نشریات و پایگاه‌های داخلی، حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخلی کشور محققین دانشگاهی می‌تواند بسیار مثر ثمر باشد. به این منظور، در ابتدا باید نشریات، کنفرانس‌ها و پایگاه‌های علمی مورد تایید جهت چاپ مقالات داخلی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی تعیین شوند. سپس، آیین‌نامه‌ای به منظور چگونگی ارائه حمایت‌های مالی و معنوی تنظیم شده و در آخر، مقالاتی از این نشریات، کنفرانس‌ها و پایگاه‌های منتخب که بر طبق آیین‌نامه حمایتی مورد پذیرش قرار می‌گیرند، در هر سال لیست شده و مورد حمایت قرار گیرند.

هم‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه - تشکیل دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تعیین نشریات، کنفرانس‌ها و پایگاه‌های علمی مورد تایید جهت چاپ مقالات	-	۳
۲	تنظیم آیین‌نامه حمایت از انتشارات داخل کشور در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	-	۳
۳	ارائه حمایت‌های مالی و معنوی از مقالات واجد شرایط بر طبق آیین‌نامه تنظیم شده	۲۰	۹۰
مجموع		۲۰	۹۶

اقدام ۹: ایجاد یک سامانه الکتریکی برای استفاده پژوهشگران حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده

قطعات داغ نیروگاهی و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این سامانه

همان طور که در فاز چهارم سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی مشخص گردید، یکی از چالش‌های اساسی پیش روی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، عدم دسترسی بازیگران این حوزه به اطلاعات مورد نیاز و نبود ارتباطات مناسب بین بازیگران می‌باشد. یکی از اقدام‌های مهم و قابل اجرا برای رفع این چالش و توسعه دانش در زمینه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، ایجاد یک بانک اطلاعاتی کامل و جامع در این حوزه می‌باشد. البته پایگاه اینترنتی نیروکالا در حال حاضر بخشی از مسیر را پیموده است و زیرساخت لازم برای اجرای اقدام حاضر را مهیا کرده است. لذا، تکمیل و به‌روزرسانی اطلاعات سایت نیروکالا می‌تواند در راستای اجرای اقدام حاضر بسیار مفید و مثمر باشد.

یک بخش مهم که باید در این سامانه در نظر گرفته شده و همواره به‌روز شود، بخش اولویت‌های تحقیقاتی صنعت برق، پروژه‌های انجام شده و پروژه‌های در حال اجرا در این حوزه می‌باشد. بخش ذکر شده می‌تواند به تطبیق تحقیقات با اولویت‌ها و همچنین جلوگیری از دوباره کاری و هدررفت منابع مالی کمک کند. اطلاعات مربوط به حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی پس از جمع‌آوری به منظور دستیابی عموم بازیگران این حوزه در سیستم نرم‌افزاری طراحی شده (ترجیحا سایت نیروکالا) قرار می‌گیرند. بازیگران مختلف این حوزه بدون پرداخت هزینه می‌توانند از اطلاعات ارائه شده در این سیستم استفاده نمایند. همچنین، سایر اطلاعات موجود در سایت نیروکالا همچون اطلاعات ارائه‌دهندگان خدمات، نیروگاه‌ها و ... نیز می‌تواند در کنار اطلاعات تکمیلی اشاره شده غنای بیشتری به مطالب سامانه جدید بدهند.

هم‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور

جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	گردآوری و دسته‌بندی محتوای مناسب برای ارائه در بانک اطلاعاتی	۶
۲	طراحی (یا تصحیح) سیستم نرم‌افزاری مورد نیاز	۶

۲	ایجاد امکان دسترسی بازیگران و ذینفعان مختلف این حوزه به اطلاعات	۳
۱۰۸	به روزرسانی اطلاعات ارائه شده در بانک اطلاعاتی	۴
۱۲۰	مجموع	

اقدام ۱۰: تشکیل یک دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه در حوزه

ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی

همان‌طور که در فاز چهارم تدوین سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی اشاره شد، نبود کنفرانس‌های تخصصی و سالیانه در این حوزه یکی از چالش‌های پیش روی توسعه فناوری است. معمولاً محققان این حوزه مقالات خود را در کنفرانس‌هایی اعم از کنفرانس تجهیزات نیروگاهی، کنفرانس صنعت نیروگاه‌های حرارتی، کنفرانس تجهیزات دوار، کنفرانس نگهداری و تعمیرات و ... منتشر می‌کنند. این در حالی است که موضوعیت اکثر این کنفرانس‌ها مباحث متفاوت با ارزیابی وضعیت بوده و اکثراً با محوریت ساخت قطعات داغ و کاربرد آنها در نیروگاه‌ها به قطعات داغ نیروگاهی می‌پردازند. لذا، به منظور ایجاد تمرکز و همسوسازی انتشارات حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی، برگزاری کنفرانس‌های تخصصی و انتشار نشریات در این حوزه می‌تواند مفید واقع شود. از آنجا که معمولاً برگزاری این کنفرانس‌ها و بعضاً انتشار نشریات به صورت پراکنده صورت می‌گیرد و در نظر گرفتن این موضوع که پیوستگی و استمرار در اجرای اینگونه فعالیت‌ها از الزامات اجرای آنهاست، تشکیل یک دبیرخانه دائمی که مسئولیت برگزاری کنفرانس‌ها و انتشار نشریات را بر عهده داشته باشد، بسیار ضروری است.

برای تشکیل دبیرخانه دائمی، در ابتدا باید مجوزهای لازم برای این کار اخذ گردند. دبیرخانه تجهیز شود و پایگاه اینترنتی آن راه‌اندازی گردد. همچنین برای برگزاری کنفرانس‌های سالیانه، شناسایی خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی می‌بایست حتماً انجام گیرد.

پیش‌نیاز یا هم‌نیاز اقدام: -

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	کسب مجوزهای لازم برای تشکیل دبیرخانه دائمی	-	۳
۲	تشکیل و تجهیز دبیرخانه	-	۳
۳	طراحی و راه اندازی پایگاه اینترنتی دبیرخانه	-	۶
۴	هزینه‌های جاری دبیرخانه	-	۹۶
۵	شناسایی خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی و دعوت از آن‌ها برای همکاری با دبیرخانه	۱	۹۶
۶	برگزاری کنفرانس	۱	۹۶
	مجموع	۱	۱۰۸

اقدام ۱۱: انتشار نشریه تخصصی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد، از جمله چالش‌های مهم در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی نبود جریان علمی و تعامل دانش مناسب میان بازیگران مختلف این حوزه می‌باشد، که این چالش سبب بروز مشکلات زیادی از جمله موازی‌کاری، ناآگاهی از فعالیت سایر گروه‌ها، عدم دسترسی به دانش موجود در داخل کشور و ... می‌شود. یکی از راهکارهای مناسب برای رفع برخی از مشکلات ذکر شده، تهیه و چاپ نشریه تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی است. روند عملکرد این نشریه به این صورت است که محققین داخلی کشور می‌توانند نتایج حاصل از تحقیقات علمی خود را به صورت مقالات علمی به این نشریه ارسال نموده و مقالات دریافت شده پس از انجام داوری و تأیید توسط کارشناسان حوزه ارزیابی وضعیت در نشریه چاپ می‌گردند. از آنجایی که در حال حاضر، مقالات مربوط به ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در نشریات تخصصی مهندسی برق و نگهداری و تعمیرات چاپ می‌شوند، دسترسی به مقالات این حوزه سخت و زمان‌بر است و این در حالی است که با چاپ چنین نشریه‌ای، محققین حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی به طور جامع و یکپارچه به نتایج علمی جدید به دست آمده در این حوزه دسترسی پیدا می‌کنند.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه – تشکیل دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تعیین مدیر مسئول، سردبیر و اعضای کمیته علمی	-	۱
۲	طراحی و ایجاد سیستم دریافت مقالات در پایگاه دبیرخانه	-	۱
۳	شناسایی خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت و دعوت از آنها برای داوری مقالات	۱	۹۶
۴	تهیه و انتشار نشریه	۱	۹۶
	مجموع	۱	۹۶

اقدام ۱۲: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به پژوهش‌های این حوزه فناورانه

نظرات خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی و بررسی وضعیت نظام توسعه فناوری ارزیابی وضعیت در کشور، نشان داد که نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها و پیگیری و شناسایی مشکلات موجود، مهم‌ترین چالش در جهت‌دهی فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت در کشور است. این چالش به نوبه خود سبب بروز مشکلات دیگری همچون موازی‌کاری، نامناسب بودن توزیع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مختلف این حوزه، تمرکز ناکافی بر نیازهای کشور و موضوعات با اولویت و ... می‌گردد. از سوی دیگر، به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول اهداف نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، علاوه بر تعیین شاخص‌ها، باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها نیز تعیین گردد.

به منظور تحقق اهداف سند، نیاز است که مرکزی برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در کشور ایجاد شود. این مرکز با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این مرکز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات
- تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

این مرکز موظف است با تشکیل کارگروه‌های تخصصی روند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی را در سطح کشورهای مختلف دنیا مورد بررسی قرار داده و هر کارگروه وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر مرکز را بر عهده داشته باشد. کارگروه‌های این مرکز عبارت‌اند از:

- کارگروه آموزش، پژوهش و تعامل با دانشگاه
- کارگروه ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها
- کارگروه فنی و استاندارد

پیش‌نیاز یا هم‌نیاز اقدام: -

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	مطالعه و تدوین اهداف و مأموریت‌ها و طراحی ساختار سازمانی مرکز	۴
۲	اخذ موافقت تأسیس مرکز از مراجع ذی‌ربط	۶
۳	انجام اقدامات اجرایی لازم در خصوص شروع به کار دبیرخانه مرکز	۶
۴	تأمین محل استقرار دبیرخانه مرکز و تجهیز آن (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری)	۴
۵	تشکیل دبیرخانه و تأمین کادر اداری مورد نیاز	-
۶	تشکیل کمیته‌های ذی‌ربط و انجام مطالعات مورد نیاز اقدامات سند	۴
مجموع		۲۴

اقدام ۱۳: تسهیل فرایند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی در مجامع بین‌المللی

در بررسی‌های انجام شده در رابطه با وضعیت کنونی فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی در کشور، مشخص گردید که دانش ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی کشور، هم‌تراز و حتی برتر از کشورهای همسایه علی‌الخصوص کشورهای منطقه خاورمیانه است. از این رو و با عنایت به نظرات خبرگان این حوزه، بحث صادرات خدمات فنی و حضور شرکت‌های فعال داخلی در بازارهای ایجاد شده در کشورهای منطقه از جمله مهمترین پتانسیل‌های موجود به منظور رونق‌بخشی به بازار این حوزه است. به منظور از بین بردن موانع توسعه بازار از طریق صدور خدمات فنی، باید فرآیند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در کشورهای همسایه تسهیل گردد.

لازمه اجرای مناسب این اقدام، انجام فعالیت‌هایی همچون شناسایی کشورهای دارای پتانسیل صدور خدمات فنی، تدوین اساس‌نامه حضور شرکت‌های فعال در مجامع بین‌المللی، تشکیل کمیته بین‌الملل جهت شناسایی فرصت‌های همکاری و رایزنی با دستگاه‌های داخلی و خارجی مرتبط، شناسایی شرکت‌های شایسته و واجد شرایط بر مبنای اساس‌نامه تدوین شده و ایجاد هماهنگی‌های لازم با سازمان‌های داخلی و مراکز خارجی برای صدور خدمات فنی است. لازم به ذکر است که در اساس‌نامه تدوین شده، شرایط لازم برای ثبت شرکت‌ها در لیست شرکت‌های صادرکننده خدمات، نحوه امتیازدهی و رتبه‌بندی شرکت‌ها و نحوه و اصول انتخاب مراکز تحقیقاتی - صنعتی خارجی برای صدور خدمات فنی باید به صورت واضح مشخص شود.

پیش‌نیاز اقدام: جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	شناسایی و پتانسیل سنجی کشورهای هدف برای صدور خدمات فنی	-	۶
۲	تدوین اساس نامه حضور شرکت های فعال در مجامع بین المللی	-	۶
۳	تشکیل کمیته بین الملل	-	۶
۴	شناسایی شرکت های واجد شرایط بر مبنای اساس نامه تدوین شده	۱	۴۸
۵	ایجاد هماهنگی های لازم با سازمان های داخلی و مراکز خارجی برای صدور خدمات فنی	۲ همکاری	۴۸
	مجموع	۲	۶۰

اقدام ۱۴: جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده

قطعات داغ نیروگاهی

از نتایج مصاحبه با خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی اینطور برمی‌آید که اطلاعات قوی در مورد ساختار بازار فناوری ارزیابی وضعیت وجود ندارد و متخصصین این حوزه هر کدام تحلیل متفاوت و جداگانه‌ای از شکل بازار این فناوری ارائه می‌دادند. همچنین، از آنجا که این حوزه نیازمند ورود بازیگران جدید و کارآفرینان است، شکل بازار این فناوری در داخل کشور در سال‌های آینده می‌تواند دچار تغییر شود. شکل بازار بین‌المللی این حوزه نیز به دلیل احساس نیاز به ورود شرکت‌های داخلی به این بازارهای بین‌المللی نیازمند مطالعه و بررسی است. از این رو و به منظور بهبود دید عمومی نسبت به شکل بازار این فناوری در داخل و خارج از کشور، به نظر می‌رسد که جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی بتواند مفید واقع شود.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار این حوزه و تحلیل این اطلاعات، تعریف و اجرای پروژه‌های تحلیل بازار در بخش‌های مختلف ارزیابی وضعیت نیروگاهی روش مناسبی خواهد بود. بدین منظور در ابتدا باید کشورها و شرکت‌های مورد نظر برای بررسی بازار فناوری ارزیابی وضعیت و انجام مطالعات تطبیقی در آنها انتخاب شوند و شکل بازار فناوری در این کشورها مورد بررسی قرار گیرد. سپس، شکل بازار فناوری در داخل کشور تحلیل شده و ساختار مناسبی برای توسعه بازار پیشنهاد شود.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به

منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه

زمان (ماه)	فعالیت	ردیف
۶	انتخاب کشورهای مناسب و انجام مطالعات تطبیقی بر روی ساختار بازار فناوری ارزیابی وضعیت در این کشورها	۱
۱۲	تحلیل ساختار بازار فناوری ارزیابی وضعیت در داخل کشور و ارائه ساختار مناسب برای بازار	۲
۱۸	مجموع	

اقدام ۱۵: به کارگیری آموزش‌های تخصصی حین کار در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت

قطعات داغ نیروگاهی

یکی از چالش‌های اصلی عنوان شده توسط خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی، عدم ارائه آموزش‌های کاربردی و مورد نیاز صنعت در دانشگاه‌های کشور می‌باشد. در واقع، فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌های کشور اکثراً دانش تئوری قوی دارند ولی دانش عملی و کاربردی در حوزه ارزیابی وضعیت ندارند و پس از استخدام در بخش‌های مختلف صنعت برق و نیروگاه‌ها، به مرور زمان و معمولاً بر اساس تجربه با فناوری ارزیابی وضعیت کاربردی در نیروگاه‌ها آشنا می‌شوند. بنابراین، از آنجا که این آشنایی معمولاً به صورت علمی نبوده و بر اساس تجربه می‌باشد، در اغلب موارد نیز کامل نمی‌باشد و موجب عدم تمایل متخصصین صنعتی به استفاده از فناوری‌های نوین و علمی ارزیابی وضعیت می‌شود. لذا، می‌بایست برای حل این چالش، دوره‌هایی برای فارغ‌التحصیلات شاغل در بخش‌های مختلف صنعت برق جهت آشنایی با فناوری‌های ارزیابی وضعیت برگزار گردد.

آموزش‌های تخصصی حین کار نوعی از آموزش می‌باشد که در آن علاوه بر یادگیری بسیار بالایی که برای دانش‌پژوهان پدید می‌آید، زمان کمی نیز قبل از شروع کار به امر آموزش اختصاص می‌یابد و بیشتر زمان آموزش در حین کار و موازی با آن انجام می‌شود. از آنجا که ماهیت فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی به گونه‌ای است که در دوره آموزش این فناوری نیاز به ارتباط با صنعت نیروگاهی بسیار حس می‌شود، روش آموزش حین کار برای آموزش این فناوری‌ها به متخصصین تازه وارد بسیار مناسب می‌باشد.

پیش‌نیاز یا هم‌نیاز اقدام: -

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	انجام مطالعات به منظور مشخص شدن محتوای دوره‌های آموزش حین کار برای پست‌های سازمانی مختلف	-	۶
۲	فراهم کردن مقدمات برگزاری دوره‌ها	۱	۹۶
۴	آموزش حین کار متخصصین متناسب با پست سازمانی	۱۰	۹۶
مجموع		۱۰	۹۶

اقدام ۱۶: برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی توسط صنعت و مراکز پژوهشی وابسته

طبق نظر خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی، عدم توجه صنایع مرتبط به حوزه ارزیابی وضعیت و عدم برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی با موضوع به‌کارگیری فناوری ارزیابی وضعیت در صنایع مختلف از جمله چالش‌های پیش روی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در کشور است. یکی از راهکارها و اقدامات مناسب برای رفع این چالش‌ها و افزایش توجه صنایع به حوزه ارزیابی وضعیت، برگزاری کلاس‌ها، دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی برای علاقمندان به این حوزه است. در این دوره‌ها و کارگاه‌ها می‌توان به آموزش موضوعاتی همچون پتانسیل بالای ارزیابی وضعیت برای استفاده در صنایع مختلف، اساس فناوری ارزیابی وضعیت و اصول استفاده از تجهیزات، آلبوم‌ها، اطلاعات حاصل از انجام تست‌ها و ... پرداخت. هر چند که برخی دوره‌های مشابه ممکن است در دانشگاه‌ها و یا موسسات آموزشی تدریس شوند، لیکن برگزاری دوره‌ها توسط متخصصین صنعتی و به شکل کاربردی می‌تواند یادگیری بیشتری را در دانش‌پژوهان پدید آورد. از جمله فعالیت‌های قابل تصور برای عملی شدن این اقدام می‌توان به تعریف دوره‌ها و مطالبی که باید ارائه شوند، ایجاد هماهنگی‌های لازم با صنایع برای برگزاری دوره‌ها در محل سازمان‌ها و در نهایت برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی اشاره کرد..

پیش‌نیاز یا هم‌نیاز اقدام: -

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تعیین سیلابس دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی	۱	۹۶
۲	ایجاد هماهنگی لازم با صنایع برای برگزاری دوره‌ها	۴	۹۶
۳	برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی	۴	۹۶
	مجموع	۴	۹۶

اقدام ۱۷: ایجاد سامانه آگاهی بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر

باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، یکی از چالش‌های اساسی مطرح شده توسط خبرگان این حوزه، استفاده ناکافی از ظرفیت‌های تبلیغی و ترویجی در جهت ترویج استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی است. یکی از این ظرفیت‌های ترویجی و تبلیغی می‌تواند استفاده از سامانه‌های آگاهی بخشی همچون سایت‌های اینترنتی، نشریات خبری و یا استفاده از پیام‌های الکترونیکی به منظور افزایش دانش مدیران نیروگاه‌ها باشد. استفاده از سامانه‌های آگاهی بخش به هر شکل که باشد، هم می‌تواند موجب افزایش دانش عمومی مدیران نسبت به فناوری ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی شود و هم می‌تواند آنها را در جریان آخرین تحقیقات، مطالعات و حتی آخرین مشکلات و خرابی‌های نیروگاه‌ها به دلیل عدم استفاده از این فناوری قرار دهد. اطلاع‌رسانی دوره‌های آموزشی، کارگاه‌ها، کنفرانس‌های تخصصی، همایش‌ها و ... نیز می‌تواند با استفاده از این سامانه پیگیری شود. برای راه‌اندازی سامانه آگاهی بخشی مدیران نیروگاه‌ها در ابتدا باید لیستی از شخصیت‌های حقوقی و حقیقی که قرار است به توسط این سامانه اطلاع‌رسانی گردند تهیه شود. سپس، سامانه اطلاع‌رسانی طراحی و بارگزاری شود، نحوه عضویت و استفاده از سامانه به افراد اطلاع‌رسانی شود و سامانه آگاهی بخشی در دوره‌های زمانی مشخص به روزرسانی گردد.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به

منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه

زمان (ماه)	فعالیت	ردیف
۲	تهیه لیست شخصیت‌های حقیقی و حقوقی برای آگاهی بخشی	۱
۶	طراحی سامانه اطلاع‌رسانی	۲
۴	اعلان فراخوان جهت اطلاع‌رسانی و عضویت در سامانه	۳
۱۲	مجموع	

اقدام ۱۸: برگزاری جلسات دانش‌افزایی و همایش‌های تخصصی به منظور افزایش آگاهی مدیران

نسبت به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

یکی از دلایل اصلی ضعف عملیاتی شدن فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی، ضعف فرهنگ هزینه کردن برای پیشگیری از آسیب در بین مدیران و ضعف اطلاع مدیران و سیاست‌گذاران اصلی صنعت برق از مزایای بکارگیری ارزیابی وضعیت و تخمین عمر در قطعات نیروگاهی می‌باشد. لذا، جهت ایجاد نگرش و فرهنگ هزینه کردن برای مواردی نظیر ارزیابی وضعیت که می‌تواند در آینده از هزینه‌های زیادی جلوگیری کند، می‌بایست سمینارها و همایش‌هایی با حضور مدیران و مسئولان اصلی بخش تولید برق برگزار گردد. این سمینارها، همایش‌ها و جلسات دانش‌افزایی می‌تواند در محل نیروگاه‌های مختلف کشور و یا در توابع و سایر ارگان‌های سیاستگذار به منظور آشنایی هر چه بیشتر مدیران با فناوری ارزیابی وضعیت برگزار شود.

پیش‌نیاز اقدام: تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به فعالیت‌های این حوزه فناورانه - ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تعریف پروژه مطالعاتی به منظور مشخص شدن انواع همایش‌ها و جلسات مورد نیاز و محتوای آن‌ها	۱	۶۰
۲	فراهم کردن مقدمات برگزاری همایش‌ها و جلسات	۱	۶۰
۳	اعلام فراخوان برای افراد واجد شرایط	۱	۶۰
۴	برگزاری همایش‌های تخصصی	۲	۶۰
۵	برگزاری جلسات دانش‌افزایی	۲	۶۰
	مجموع	۴	۶۰

اقدام ۱۹: انجام مطالعات اقتصادسنجی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

به منظور انجام پروژه‌های صنعتی و پیش از انجام اینگونه پروژه‌ها، معمولاً مطالعات اقتصادسنجی مورد نیاز هستند. مطالعات اقتصادسنجی می‌توانند به مدیران نیروگاه‌ها نشان دهند که در صورت استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی، چه میزان صرفه‌جویی ممکن است برای نیروگاه به ارمغان بیاید.

در مطالعات اقتصادسنجی می‌توان توجیه‌پذیری یک طرح را از جنبه‌های مختلف بازار و مالی بررسی کرد و چگونگی و چرایی سودمندی آن طرح را متذکر شد. معمولاً در اینگونه مطالعات، میزان عرضه، تقاضا، کمبود، بازار هدف و همچنین روش‌های سودآوری طرح مورد بررسی قرار می‌گیرند. لذا، مدیران نیروگاه‌ها می‌توانند از مقایسه اطلاعات ارائه شده در مطالعات اقتصادسنجی با روند گذشته نیروگاه، پی به سودآوری استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت ببرند.

پیش‌نیاز اقدام: ایجاد یک سامانه الکترونیکی برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این سامانه – جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی – ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	نیازسنجی به منظور تعیین مطالعات اقتصادسنجی مورد نیاز	۱	۳۶
۲	تشکیل تیم اجرای طرح اقتصادسنجی و انجام فعالیت‌های آغازین	۲	۳۶
۳	تهیه طرح‌های اقتصادسنجی	۲	۳۶
مجموع		۲	۳۶

اقدام ۲۰: طراحی پایگاه اطلاعاتی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها

یکی از چالش‌های اصلی در توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، عدم وجود آمار و اطلاعات خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها و هزینه‌های مالی و جانی ناشی از این خرابی‌ها است. لذا، از مهم‌ترین اقداماتی که می‌بایست بعد از تدوین این سند صورت پذیرد، ایجاد پایگاه اطلاعاتی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌های حرارتی می‌باشد.

هدف از تهیه و ایجاد این پایگاه اطلاعاتی می‌تواند آگاه‌سازی مدیران صنعت برق نسبت به میزان ضررهای ناشی از خرابی قطعات داغ نیروگاهی و به دنبال آن، بیان میزان سودآوری فناوری ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی در صورت بکارگیری به موقع آن باشد. همچنین، اطلاعات بدست آمده از خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها می‌تواند در سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها، اشاره شده در اقدام ۱۷، نیز گنجانده شوند که در اینصورت نیازی به طراحی دوباره پایگاه اطلاعاتی جدید نخواهد بود.

هم‌نیاز اقدام: ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	گردآوری و دسته‌بندی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها برای ارائه در بانک اطلاعاتی	۶
۲	طراحی سیستم نرم‌افزاری مورد نیاز یا ایجاد امکانات مورد نیاز در سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها	۶
۳	تحلیل و تفسیر داده‌های جمع‌آوری شده	۹
۴	بارگزاری اطلاعات	۳
	مجموع	۲۴

پیوست ب:

شناسنامه پروژه‌های فنی

تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر

عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN738

تخمین عمر پره‌های توربین گاز، از موارد مورد توجه سازندگان و کاربران آن می‌باشد. از اهداف اصلی این رهیافت، حداکثر استفاده از عمر این قطعات گران قیمت، جلوگیری از آسیب‌های پیش‌بینی نشده در حین کارکرد پره‌ها و تنظیم زمان بازدید، تعمیر و یا تعویض آنها می‌باشد. ثبت نشدن شرایط دقیق کاری پره‌ها و استفاده غیراستاندارد از توربین‌ها در حین کارکرد می‌تواند منجر به شکست‌های زودتر از پیش‌بینی گردد که خسارت‌های سنگینی به توربین‌ها وارد خواهد ساخت. این مطلب اهمیت بیش از پیش تخمین عمر را روشن می‌سازد.

روش‌های متعدد و متنوعی برای تخمین عمر پره‌ها وجود دارد که در بین این روش‌ها، استفاده از تغییرات ریزساختاری به منظور تخمین عمر از اهمیت به سزایی برخوردار است. همانطور که می‌دانیم ریز ساختار سوپر آلیاژهای موجود در پره‌های توربین بواسطه شرایط کاری خاص این اجزاء (ترکیب دما و تنش بالا)، دچار تغییرات زیاد می‌شود. این تغییرات می‌تواند کاهش خواص مکانیکی پره‌ها در حین کارکرد را باعث شوند که یکی از دلایل نرسیدن پره‌ها به عمر کاری خود می‌باشد.

استفاده از تغییرات ریزساختاری حین کارکرد پره‌های توربین به منظور ارزیابی پره‌ها از روش‌های کارا محسوب می‌شود.

تغییرات اساسی به وجود آمده در حین کار پره‌های توربین شامل موارد زیر هستند:

(۱) ضخیم شدن فاز γ'

(۲) تجزیه کاربیدهای اولیه و تشکیل لایه‌های پیوسته کاربیدهای ثانویه در مرز دانه‌ها

(۳) تشکیل فازهای مضر

هر چند تغییرات فوق به عنوان تغییرات اساسی در حین کار پره‌های توربین شناخته می‌شوند، ولی تغییرات دیگری نیز در

حین کار پره‌ها مشاهده شده‌اند، تغییراتی چون:

(۱) ایجاد حفرات خزشی

(۲) صاف شدن مرزهای دانه در حین کارکرد

(۳) جدایش عناصر روی مرز دانه

(۴) تغییر در دانسیته γ'

از این قبیل می‌باشند. هر چند تمرکز کمتری روی این تغییرات در مقایسه با تغییرات اساسی به وقوع پیوسته در حین کار پره‌ها، صورت پذیرفته است، ولی بعضاً در بررسی‌های تخمین عمر مورد استفاده قرار می‌گیرد. خواص مکانیکی نیز تابعی از ریزساختار ماده است و با تغییر ریزساختار، خواص مکانیکی تغییر می‌کند. ریزساختار پره‌های توربین بواسطه شرایط حاکم بر پره‌ها، دچار تغییرات متعددی می‌شود که هر کدام می‌تواند خواص مکانیکی را تحت تاثیر قرار دهد. در حالت کلی، تغییرات خواص مکانیکی را عمدتاً مربوط به ضخیم شدن فاز γ' و ضخیم شدن کاربیدهای مرز دانه‌ای $M_{23}C_6$ در حین کار پره‌های توربین و تشکیل فازهای مضر مانند فاز سگیم می‌دانند.

ضخیم شدن فاز γ' ، منجر به کاهش خواص کششی و همچنین کاهش مقاومت به خزش می‌گردد؛ در حالیکه ضخیم شدن کاربیدهای مرز دانه‌ای و تشکیل فاز سگیم، کاهش خواص خستگی حرارتی و مقاومت به ضربه را به دنبال خواهد داشت. یکی از فعالیت‌هایی که جهت تسلط بر فناوری تخمین عمر پره‌های متحرک توربین گاز V94.2 در نظر گرفته شده است، تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN738 (تهیه آلبوم ریزساختاری) می‌باشد. آلیاژ IN738 یکی از متداول‌ترین آلیاژهای مورد استفاده در پره‌های توربین مذکور می‌باشد که علاوه بر بکارگیری در پره‌های توربین V94.2 (در ورژنهای قدیمی و ورژنهای جدید) در پره‌های سایر توربین‌های گازی داخل کشور نیز مورد استفاده قرار گرفته است، در حال حاضر به دلیل فراوانی سوپرآلیاژ مذکور، در زمینه تغییرات ریزساختاری آن در داخل کشور تحقیقاتی صورت گرفته است. با این حال به دلیل لزوم دستیابی به معیار کمی که قادر به برقراری ارتباط بین کسر عمر سپری شده پره و ریزساختار آن باشد، پروژه مذکور مورد تاکید قرار گرفته است. با تسلط بر ارتباط کمی و کیفی بین پارامترهای ریزساختاری و کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN738، امکان ارزیابی عمر پره‌ها به صورت غیرمخرب و با سرعت بیشتر و هزینه کمتر میسر می‌گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN 738 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، شرکت پرتو، قطعات توربین شهریار

تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر

عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN792

سوپرآلیاژ IN792 نیز یکی از سوپرآلیاژهای متداول در پره‌های توربین گاز است که در مقایسه با سوپرآلیاژ IN738 تحقیقات کمتری روی آن صورت گرفته است. لذا لازم است در کنار توسعه تحقیقات مرتبط با تغییرات ریزساختاری این آلیاژ و عوامل موثر بر روند تغییرات آن، ارتباط کیفی و کمی بین پارامترهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده آن مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به بالا بودن قیمت قطعات ساخته شده از سوپرآلیاژها و با در نظر داشتن هزینه‌ها و عواقب ناشی از تخریب قطعات دما بالای بکار رفته در توربین گاز، تحقیق در زمینه این آلیاژها توجیه پذیر می‌باشد

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN792 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، شرکت پرتو، قطعات توربین شهریار

تدوین دانش فنی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا چهارم توربین گاز v94.2

(با تاکید بر طراحی تست‌های خستگی)

خستگی از جمله مهم‌ترین عوامل تخریب پره‌های متحرک توربین گاز به شمار می‌رود؛ با توجه به شرایط کارکرد توربین‌های گازی خستگی حرارتی و خستگی مکانیکی هر دو از عوامل تخریبی پره‌های متحرک می‌باشند. لذا تخمین عمر پره‌ها از نقطه نظر خستگی از اهمیت زیادی برخوردار است. شناخت خواص خستگی آلیاژهای بکار رفته در پره‌های متحرک، ارزیابی خستگی پره‌ها، طراحی آزمایشات خستگی، بررسی استانداردهای لازم جهت اجرای آزمایشات و شرایط نمونه‌سازی، انجام این آزمایشات و کسب توانایی تحلیل نتایج حاصله از اهداف این پروژه می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تدوین دانش فنی تخمین عمر ناشی از خستگی پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا چهارم توربین گاز v94.2
- (با تاکید بر طراحی تست‌های خستگی)
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، صها، قطعات دانشگاه شهید عباسپور

ارائه روش‌های جدید ارزیابی عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز V94.2

پره‌های گردان از جمله قطعات حساس در توربین‌های گازی هستند. شرایط کاری پیچیده حاکم بر آنها، تخریب‌های زود هنگام و بعضاً غیرقابل پیش‌بینی را باعث می‌شود. اصلی‌ترین مکانیزم‌های آسیب در این اجزاء، خزش می‌باشد. خزش تغییر شکلی وابسته به زمان است که در درجه حرارت بالا و تحت تنش رخ می‌دهد. تغییرات ابعادی غیر قابل قبول، گسیختگی ناشی از خزش و از کار افتادگی‌های موضعی بوسیله رشد ترک و... از جمله مواردی است که می‌تواند در نتیجه خزش در ماده به وقوع بپیوندد. پره‌های توربین، مدت زمان‌های طولانی تحت تنش‌های پائین و متوسط در دماهای بالا قرار می‌گیرند. در این شرایط، خزش به عنوان یکی از اصلی‌ترین مکانیزم‌های تغییر شکل مواد عمل می‌نماید، لذا پره‌های توربین بر پایه یک تنش منجر به گسیختگی یا یک مقدار ازدیاد طول در یک بازه زمانی طراحی می‌شوند و دارای یک عمر طراحی ویژه هستند. به دلیل تفاوت در شرایط بهره‌برداری پرها و شرایط پیش‌بینی شده، عمر واقعی آنها با عمر طراحی متفاوت است. از اینرو برای اندازه‌گیری مقاومت به خزش در مواد، روش‌های مختلفی توسعه پیدا کرده‌اند که عموماً دقت روش‌های مختلف متفاوت است و این امر می‌تواند بر نتایج حاصل از تخمین عمر قطعات تاثیر بسزایی داشته باشد. در حال حاضر از روش‌های متداول در ارزیابی عمر خزشی پرها استفاده می‌شود، هدف از اجرای این پروژه استفاده از به روزترین، جدیدترین و کارآمدترین روش‌ها در ارزیابی عمر خزشی پرهاست. امید است با بکارگیری روش‌های نوین امکان بررسی پرها با دقت و سرعت بیشتری فراهم گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش ارائه روش‌های جدید ارزیابی عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز V94.2

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، دانشگاه تهران، شرکت پرتو

تعیین میزان برگشت پذیری رسوبات ایجاد شده در حین سرویس با فرآیند عملیات حرارتی

سوپرآلیاژ IN738

تغییرات ریزساختاری پره‌های توربین گازی بواسطه شرایط کاری مرکب از دما و تنش بالا، همواره مورد توجه بوده است. محدوده دمای گاز ورودی این پره‌ها از حدود 725°C تا 1050°C برای توربین‌های مختلف، متغیر است؛ هر چند در توربین‌های پیشرفته این دما به حدود 1300°C نیز رسیده است. با ذکر این مطلب، اهمیت انتخاب موادی که پایداری حرارتی و توانایی مقابله با این شرایط را داشته باشند، درک می‌شود.

سوپرآلیاژها به عنوان یکی از بهترین موادی که می‌توانند خواص مکانیکی خود را تا دماهای بالا حفظ کنند، گزینه‌هایی هستند که برای ساخت این پره‌ها مورد نظر بوده‌اند. هرچند این مواد، قابلیت حفظ خواص خود را تا حد زیادی دارا هستند، اما تنش، زمان، دما و محیط می‌تواند ساختار متالورژیکی آنها را در حین سرویس دستخوش تغییراتی کند و بنابراین به زوال زودرس آنها کمک نماید. این تغییرات ساختار می‌تواند اثرات مخربی روی استحکام تنش-گسیختگی که از اساسی‌ترین خواص مورد نیاز پره‌ها است، داشته باشد. تشکیل رسوبات مختلف و یا تغییرات ایجاد شده در آنها در طی زمان کارکرد می‌تواند تاثیر بسزایی بر عمر کاری قطعات داشته باشد. به عنوان مثال، تشکیل رسوبات کاربیدی پیوسته در مرز دانه‌ها، باعث افت شدید استحکام و داکتیلیته می‌گردد و در صورتیکه رسوبات به صورت ذرات غیر پیوسته در مرز دانه‌ها رسوب کنند، باعث کاهش لغزش مرز دانه‌ای (به علت جلوگیری از به هم پیوستن جاهای خالی) در دماهای بالا می‌گردند. از طرفی دیگر، واکنش کربن با عناصر دیگر و تشکیل کاربید، باعث تغییر ترکیب شیمیایی آلیاژ و افت خواص مکانیکی می‌گردد. لذا لازم است کنترل دقیقی بر روی مقدار رسوبات تشکیل شده، نوع رسوبات ایجاد شده، شکل رسوبات و ترکیب شیمیایی زمینه صورت گیرد. یکی از روش‌های بهبود خواص سوپرآلیاژها، اعمال سیکل‌های مناسب عملیات حرارتی جهت برگشت‌پذیری رسوبات و در نتیجه بهبود خواص سوپرآلیاژهاست. هدف از اجرای این پروژه تعیین میزان برگشت‌پذیری رسوبات ایجاد شده در حین سرویس با فرآیند عملیات حرارتی است. با توجه به کاربرد گسترده سوپرآلیاژ IN738 در پره‌های توربین‌های مختلف، پروژه حاضر به بررسی این سوپرآلیاژ می‌پردازد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش بررسی تعیین میزان برگشت‌پذیری رسوبات ایجاد شده در حین سرویس با فرآیند عملیات حرارتی

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

قطعات توربین شهریار، دانشگاه مالک اشتر، شرکت پرتو

تعیین ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز v94.2

سوپرآلیاژها یکی از مناسب‌ترین مواد برای تامین خواص مورد نیاز در اجزای توربین گاز، به خصوص پره‌ها می‌باشند. ریزساختار پره‌ها در حین کارکرد در اثر ترکیب دمای بالا و بارگذاری زیاد دچار تغییراتی می‌گردد که بستگی به عواملی مانند ساعت کارکرد پره‌ها، شرایط کاری توربین و ویژگیهای پره دارد. تغییرات حاصله در ریزساختار پره‌ها منجر به افت خواص مکانیکی آنها می‌گردد. افت تدریجی خواص مکانیکی در نهایت منجر به تخریب و از کارافتادگی قطعات می‌گردد. از جمله مهمترین خواص مکانیکی پره‌ها که به مرور زمان دچار تغییر می‌شوند می‌توان به خواصی مثل سختی، خزش، کشش دمای بالا و دمای محیط و... اشاره کرد.

با توجه به ارتباط بین تغییر خواص مکانیکی پره‌ها با عمر باقیمانده آنها، در کشورهای مختلف تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است و به عنوان یکی از روش‌های مرسوم در ارزیابی وضعیت پره‌ها مطرح می‌باشد. لذا لازم است که در راستای سایر تحقیقات مربوط به تخمین عمر قطعات داغ، تحقیقات جامعی در جهت دستیابی به ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی پره‌ها با عمر باقیمانده آنها صورت گیرد تا بر این اساس از طریق بررسی تغییرات خواص مکانیکی پره‌ها، زمان رسیدن به وضعیت بحرانی آنها مشخص گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تعیین ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز v94.2
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت موادکاران، دانشگاه زنجان، دانشگاه تهران

بررسی تاثیر فرآیند عملیات حرارتی بر ساختارهای تغییر یافته آلیاژ IN792 و نقش آن در عمر قطعه

جهت ساخت پره‌های توربین‌های گازی از سوپرآلیاژها که آلیاژهای گران‌قیمتی هستند، استفاده می‌شود. علاوه بر این، به دلیل شرایط خاص سوپرآلیاژها، پروسه ساخت پرها پرهزینه می‌باشد در نتیجه قیمت تمام شده پرها بالا می‌باشد. پره‌های مذکور بطور معمول در معرض دمای بالا و تنش زیاد قرار دارند. گرچه سوپرآلیاژهای بکار رفته در پرها از خواص مطلوبی برخوردارند، ولی ریزساختار این پرها پس از کارکرد طولانی مدت تغییر می‌کند. تغییر ساختار به گونه‌ای است که پرها عملاً استحکام مطلوب خود را از دست می‌دهند. با توجه به بالا بودن قیمت پرها، بازیابی نسبی خواص آنها به وسیله عملیات حرارتی مفید بنظر می‌رسد. در واقع هدف از انجام عملیات حرارتی، ایجاد ریزساختار و خواص مورد نظر می‌باشد. جهت دستیابی به ریزساختار و خواص مطلوب لازم است سیکل‌های مناسب عملیاتی براساس نوع آلیاژ بکار رفته در هر پره اعمال شوند. بر این اساس امکان افزایش عمر پرها فراهم می‌گردد.

با توجه به فراوانی توربین‌های گازی ۷۹۴.۲ در داخل کشور، لازم است تحقیقات جامعی درخصوص تاثیر فرآیند عملیات حرارتی بر ساختارهای تغییر یافته پره‌های بکار رفته در این توربین‌های گازی صورت گیرد و در این راستا نقش عملیات حرارتی در عمر قطعات مذکور مورد بررسی قرار گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش بررسی تاثیر فرآیند عملیات حرارتی بر ساختارهای تغییر یافته آلیاژ IN792 و نقش آن در عمر قطعه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

قطعات توربین شهریار، دانشگاه علم و صنعت

بررسی نرخ رشد آسیب مکانیزم خزشی آلیاژهای IN738 و IN792 در بازه‌های زمانی متفاوت بهره‌برداری

بعد از عملیات حرارتی (بازسازی)

سوپرآلیاژهای IN738 و IN792 از سوپرآلیاژهای پرمصرف موجود در پره‌های توربین گازی کشور هستند. با توجه به بکارگیری سوپرآلیاژهای مذکور در زمان‌های طولانی در دمای بالا و با در نظر داشتن مکانیزم خزش، به عنوان مهمترین مکانیزم تخریبی پره‌های ساخته شده از این سوپرآلیاژها، لازم است تحقیقات گسترده‌ای در خصوص پروسه خزش در این سوپرآلیاژها صورت گیرد. در واقع از آنجائیکه سرعت روند خزش در مراحل مختلف سیکل خزش و شرایط مختلف متفاوت است لازم است بررسی‌های دقیقی روی نرخ رشد آسیب در شرایط متفاوت این آلیاژها صورت گیرد. به عنوان نمونه نرخ رشد خزش پره‌ای که بعد از ۲۵۰۰۰ ساعت کارکرد تحت عملیات بازسازی قرار گرفته با نرخ رشد خزش در پره دیگر که پس از ۵۰۰۰۰ ساعت کارکرد بازسازی شده، متفاوت خواهد بود. لذا لازم است در زمینه بررسی عوامل و پارامترهای مختلف موثر بر نرخ خزش سوپرآلیاژهای IN738 و IN792 فعالیت گسترده‌ای صورت گیرد. هدف از پروژه حاضر، بررسی نرخ آسیب مکانیزم خزشی در بازه‌های زمانی متفاوت است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش بررسی نرخ آسیب مکانیزم خزشی آلیاژهای IN738 و IN792 در بازه‌های زمانی متفاوت بهره‌برداری
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت پرتو، قطعات توربین شهریار، موادکاران

بررسی ارتباط بین نرخ خوردگی و عمر باقیمانده پره و بررسی برهم کنش خزش-خستگی و خوردگی در

پره‌های توربین گاز

یکی از مهم‌ترین قطعاتی که در توربین‌های گازی دچار تخریب زودرس و ناگهانی می‌گردند، پره‌های توربین گاز می‌باشد. مکانیزم تخریب پره‌های توربین گازی می‌تواند خزش، خستگی مکانیکی، خستگی حرارتی، خوردگی و اکسیداسیون، ترد شدن آلیاژ پره و سایش و یا ترکیبی از مکانیزم‌ها باشد. از آنجا که تخریب زودرس پره‌های توربین گاز موجب توقف و خروج واحد می‌گردد، لذا شناسایی عوامل تخریب و روش‌های جلوگیری از آن می‌تواند در کاهش آسیب‌ها و خسارات مؤثر واقع گردد. از جمله مکانیزم‌های مهم تخریب پره‌های توربین گازی، می‌توان فرایندهای خوردگی و اکسیداسیون را نام برد. این فرایندها طبق آمار، بعد از خسارات خزشی دومین مکانیزم تخریب عمده در پره‌های توربین به شمار می‌روند بطور کلی چهار فرآیند تخریبی در این رابطه، در پره‌های توربین وجود دارد: خوردگی داغ نوع I (دمای بالا)، خوردگی داغ نوع II (دمای پایین)، اکسیداسیون درجه حرارت بالا و خوردگی سایشی. لذا لازم است درخصوص تاثیر خوردگی بر عمر باقیمانده پره‌ها از دیدگاه‌های مختلف (ارتباط بین خوردگی و عمر باقیمانده و تاثیر خوردگی بر سایر مکانیزم‌های تخریبی پره‌های توربین گاز) با تکیه بر جدیدترین اطلاعات موجود بررسی صورت گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش بررسی ارتباط بین نرخ خوردگی و عمر باقیمانده پره و بررسی برهم کنش خزش-خستگی و خوردگی در

پره‌های توربین گاز

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

صها، دانشگاه تهران

تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر

سپری شده سوپرآلیاژ GTD111

سوپرآلیاژهای پایه نیکل بعلاوه خورداری از پایداری و استحکام خوب در دمای بالا و مقاومت زیاد در برابر خوردگی و اکسیداسیون، دارای کاربرد فراوان در ساخت قطعات توربین‌های گازی می‌باشند. یکی از جدیدترین سوپرآلیاژهای پایه نیکل می‌توان به GTD-111 اشاره کرد که با مکانیزم رسوب سختی ریزساختار مطلوب و استحکام دمای بالای مناسب را بدست می‌آورد. سوپرآلیاژ GTD-111 برای ساخت پره‌های توربین گازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پره‌های متحرک توربین در مسیر عبور گازهای داغ قرار دارند و متحمل آسیب زیادی می‌شوند. ریزساختار این پره‌ها پس از کارکرد طولانی مدت در شرایط سرویس تغییر می‌کند. تغییرات ریزساختاری به گونه‌ای است که خواص مکانیکی پره‌ها به شدت افت پیدا می‌کند و عملاً کارایی و استحکام مطلوب خود را از دست می‌دهد. با بررسی تغییرات ریزساختاری صورت گرفته در حین سرویس می‌توان افت خواص مکانیکی پره‌ها را ارزیابی کرد. از آنجاییکه اولین و مهمترین قدم برای تخمین عمر قطعات داغ، بررسی تغییرات ریزساختاری آنهاست، لازم است که تحقیقات جامعی درخصوص تغییرات ریزساختاری این آلیاژ و چگونگی ارتباط کمی و کیفی پارامترها و نمادهای ریزساختاری آن با عمر سپری شده صورت گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ GTD111 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

شرکت پرتو، پژوهشگاه نیرو، قطعات توربین شهریار

تعیین آنالیز دمایی و تنش پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9

پره‌های متحرک توربین‌های گازی به دلیل کارکرد در دما و تنش بالا در معرض تخریب‌های ناگهانی قرار دارند. ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9 نیز به دلیل شرایط پیچیده، همواره در معرض آسیب‌های مختلف قرار دارند و عوامل مختلفی

می تواند عمر این قطعات را به شدت کاهش دهد. لذا تعیین عمر باقیمانده این قطعات از اهمیت بسزایی برخوردار است. در طی پروسه تخمین عمر لازم است که یکسری آزمایشات روی قسمت های بحرانی پره ها صورت گیرد. در واقع قسمت بحرانی هر قطعه نماینده بخش آسیب پذیر آن در شرایط کاری است. از نظر تئوریک بخش بحرانی پره تحت شدیدترین شرایط کاری قرار داشته و متحمل بیشترین زوال ریزساختاری می شود. لذا می توان این چنین استنباط کرد که این نقاط اولین نقاطی هستند که دچار شکست در شرایط کاری استاندارد می شوند. به همین دلیل می توان گفت که در واقع هدف از تعیین عمر باقیمانده یک قطعه، تعیین عمر باقیمانده قسمت بحرانی آن می باشد و نمونه سازی برای تعیین عمر باقیمانده یک قطعه باید از بخش بحرانی آن صورت گیرد. شناسایی نقطه بحرانی پره ها نیز مستلزم تعیین آنالیز دما و تنش آنها می باشد. بدین منظور لازم است از نرم افزارهای جدید در تهیه مدل، آنالیز دما و آنالیز تنش این پره ها استفاده شود. علاوه بر این، جهت تأیید صحت نتایج حاصله بکارگیری روش های تجربی نوین همچون استفاده از سنسورهای دمایی و تنشی کارآ و دقیق و یا روش هایی مثل THERMAL PAINT و ... الزامی است. امید است با استفاده از نتایج حاصله و شناسایی مناطق مستعد آسیب، گامی در جهت کمک به افزایش دقت در نمونه برداری این قطعات برداریم.

شاخص های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش روند تعیین آنالیز دما و تنش پره های متحرک ردیف های اول تا سوم توربین گاز GE-F9
- گزارش تعیین گرادیان دما و تنش هر پره و تعیین نقاط بحرانی آنها
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت پرتو، شرکت توگا، دانشگاه شهید عباسپور

تدوین دانش فنی تخمین عمر پره های متحرک ردیف های اول تا سوم توربین گاز GE-F9 به روش های

مخرب

تخمین عمر باقیمانده قطعات دما بالا - فشار بالای نیروگاهی از موضوعات تحقیقاتی مهم در زمینه نیروگاهها است. پره‌های متحرک توربین گاز GE-F9 نیز همانند سایر قطعات مسیر گاز داغ، به دلیل کارکرد در شرایط دما و فشار بالا، دارای عمر محدودی می‌باشند و در حین کار تحت تأثیر انواع آسیب‌های متالورژیکی از قبیل خوردگی داغ، خزش، خستگی، برهم کنش خزش-خستگی و نظایر اینها قرار می‌گیرند. در طراحی اولیه میزان محدودی از این آسیب‌ها در نظر گرفته شده‌است، اما با توجه به اینکه در عمل شرایط واحد با شرایط پیش‌بینی شده در طراحی اولیه بطور دقیق مطابقت نمی‌کند، هر واحد بر حسب نحوه بهره‌برداری تاریخچه خاصی دارد. عمر باقیمانده واحد یا قسمت‌های مختلف آن را می‌توان با انجام آزمایشها و مطالعات مختلف تعیین و با برنامه‌ریزی و پیش‌بینی لازم، از توقف‌های غیرمترقبه جلوگیری نمود. در این صورت صرفه‌جویی‌های فراوانی در هزینه واحد صورت می‌گیرد. از طرفی پره‌های توربین گازی قیمت بسیار بالایی داشته و تخریب هر پره، ضرر زیادی به واحد تحمیل می‌کند. بنابراین اطلاع از وضعیت متالورژیکی و تعیین عمر باقیمانده اهمیت بسزایی دارد. در این راستا استفاده از آزمایشات مخرب امکان تعیین وضعیت پره‌ها را با دقت مناسب فراهم می‌سازد. در حال حاضر آزمون‌هایی مثل خزش، کشش دما بالا، کشش دمای محیط، ضربه، سختی سنجی، متالوگرافی و ... در تخمین عمر مخرب پره‌ها مطرح می‌باشند. لذا شناسایی معیارهای لازم برای روند اجرای هر یک از تست‌ها و تحلیل نتایج هر یک از آزمون‌های فوق، در کنار دستیابی به روش‌های نوین تخمین عمر که با دقت و سرعت بیشتری در مدت زمان کوتاه‌تر امکان تخمین عمر را فراهم سازند مد نظر می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های متحرک ردیف‌های اول تا سوم توربین گاز GE-F9 به روش‌های

مخرب

- پکیج اصل منابع و استانداردهای مورد استفاده

- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه شیراز، دانشگاه علم و صنعت، پژوهشگاه نیرو

تهیه آلبوم ریزساختاری تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر

سپری شده سوپرآلیاژ IN939

تخمین عمر پره‌های توربین گاز، از موارد مورد توجه سازندگان و کاربران آن می‌باشد. از اهداف اصلی این رهیافت، حداکثر استفاده از عمر این قطعات گران قیمت، جلوگیری از آسیب‌های پیش‌بینی نشده در حین کارکرد پره‌ها و تنظیم زمان بازدید، تعمیر و یا تعویض آنها می‌باشد. ثبت نشدن شرایط دقیق کاری پره‌ها و استفاده غیراستاندارد از توربین‌ها در حین کارکرد می‌تواند منجر به شکست‌های زودتر از پیش‌بینی گردد که خسارت‌های سنگینی به توربین‌ها وارد خواهد ساخت. این مطلب اهمیت بیش از پیش تخمین عمر را روشن می‌سازد.

روش‌های متعدد و متنوعی برای تخمین عمر پره‌ها وجود دارد که در بین این روش‌ها، استفاده از تغییرات ریزساختاری به منظور تخمین عمر از اهمیت به سزایی برخوردار است. همانطور که می‌دانیم ریز ساختار سوپر آلیاژهای موجود در پره‌های توربین بواسطه شرایط کاری خاص این اجزاء (ترکیب دما و تنش بالا)، دچار تغییرات زیاد می‌شود. این تغییرات می‌توانند کاهش خواص مکانیکی پره‌ها در حین کارکرد را باعث شوند که یکی از دلایل نرسیدن پره‌ها به عمر کاری خود می‌باشد. هدف از اجرای این پروژه، انجام بررسی‌های ریزساختاری و آزمایشات لازم جهت تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN939 و تهیه آلبوم ریزساختاری مربوطه می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ IN939 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، قطعات توربین شهریار، تعمیرات نیروگاهی

تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز V94.2 به روش‌های مخرب

مهم‌ترین بخش‌های توربین‌های گازی قطعات مسیر داغ آنها و بخصوص پره‌های ثابت و متحرک آنها است که در شرایط حاد دمایی، مکانیکی و خوردگی قرار دارند. این قطعات در معرض انواع آسیب‌ها نظیر خزش، خستگی و خوردگی داغ قرار می‌گیرند و لذا از نقطه نظر نگهداری و عیب‌یابی حساس‌ترین و بحرانی‌ترین شرایط را دارا می‌باشند.

نوع عیوب ایجاد شده در قطعات توربین و در نتیجه عمر آنها به عوامل متعددی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به شرایط بهره‌برداری و بارگیری توربین، نوع سوخت، سیکل‌های روشن و خاموش شدن، شرایط محیطی و ... اشاره نمود. با توجه به تفاوت شرایط بهره‌برداری واحدهای مختلف، لازم است که جهت تصمیم‌گیری درخصوص وضعیت اجزای حساس آنها، پروسه تخمین عمر طی شود. در میان روش‌های مختلف تخمین عمر، روش مخرب از دقیق‌ترین روش‌ها می‌باشد که در نقاط مختلف جهان کاربرد گسترده‌ای برای تخمین عمر دارد. در واقع آزمون‌های مخرب امکان ارزیابی عمر پره‌ها را با دقت زیاد فراهم می‌سازند. آزمون‌هایی مثل خزش، ضربه، سختی‌سنجی، کشش دمای بالا و دمای محیط، متالوگرافی و ... از جمله آزمون‌های متداول هستند. در این راستا دستیابی به معیارهای لازم جهت اجرای شرایط هر یک از آزمون‌ها و معیارهای مربوط به هر یک از آنها و چگونگی تحلیل نتایج حاصله از اهمیت بسزایی برخوردار است و دستیابی به این موارد یکی از اهداف پروژه حاضر است. در کنار این موارد، دستیابی به تکنیک‌های نوین آزمون‌های مخرب ارزیابی این پره‌ها که با دقت مناسبی امکان ارزیابی را فراهم سازند مد نظر می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز V94.2 به روش‌های مخرب
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، شرکت موادکاران

بررسی عملیات بازسازی بر عمر نازل‌های توربین

در حال حاضر درصد زیادی از کل برق کشور توسط نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی تولید می‌شود. با نگاهی به دورنمای تولید برق در سال‌های آینده نیز مشخص می‌گردد که میزان تولید برق از طریق واحدهای گازی بیشتر از پیش خواهد شد. تولید برق از طریق واحدهای گازی مزایای مختلفی دارد که از آن میان می‌توان به نصب سریع واحد و سرعت بالای قرار گرفتن واحد در مدار اشاره کرد. متأسفانه اجزای مختلف توربین‌های گازی به دلیل گذشت زمان به سرعت دچار آسیب می‌گردند. از جمله قطعات آسیب‌پذیر توربین‌های گازی نازل‌ها هستند که دچار آسیب‌های مختلفی شده و باید تعمیر و یا تعویض شوند. با توجه به بالا بودن قیمت تمام شده قطعات توربین‌های گازی، تمایل زیادی وجود دارد که تا حد امکان از طریق بازسازی‌های صورت گرفته بر اساس دستورالعمل‌های موجود، امکان استفاده مجدد از این قطعات فراهم گردد. از آنجاییکه در حین فرآیند بازسازی فرآیندهایی روی قطعه صورت می‌گیرد که منجر به تغییر در ریزساختار قطعات و به دنبال آن موجب تغییر خواص آنها می‌گردد، بر عمر باقیمانده اجزا نیز تاثیر می‌گذارد. لذا هدف از اجرای این پروژه بررسی تاثیر فرآیندهای بازسازی بخصوص عملیات حرارتی بر عمر نازل‌های توربین گاز است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش بررسی تاثیر عملیات حرارتی بر عمر نازل‌های توربین گاز

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

قطعات توربین شهریار

تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر

سپری شده سوپرآلیاژ FSX 414

سوپرآلیاژ FSX414 نیز یکی از سوپرآلیاژهای متداول در پره‌های توربین گاز است که در مقایسه با سوپرآلیاژ IN738 تحقیقات کمتری روی آن صورت گرفته است. لذا لازم است در کنار توسعه تحقیقات مرتبط با تغییرات ریزساختاری این آلیاژ و عوامل موثر بر روند تغییرات آن، ارتباط کیفی و کمی بین پارامترهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده آن مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به بالا بودن قیمت قطعات ساخته شده از سوپرآلیاژها و با در نظر داشتن هزینه‌ها و عواقب ناشی از تخریب قطعات دما بالای بکار رفته در توربین گاز، تحقیق در زمینه این آلیاژها توجیه‌پذیر می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ FSX 414 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، شرکت موادکاران

تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر

سپری شده سوپرآلیاژ UD500

روش‌های مختلفی در تخمین عمر اجزای نیروگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. متالوگرافی یکی از مهمترین تکنیک‌های مورد استفاده در تخمین عمر قطعات داغ می‌باشد. این تکنیک به دو صورت مخرب و غیرمخرب (از طریق رپلیکاگیری) قادر به بررسی وضعیت نمونه است. از آنجائیکه روش متالوگرافی در مقایسه با سایر روش‌ها از سرعت و هزینه مناسبی برخوردار است، به عنوان یکی از روش‌های متداول در تخمین عمر مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا لازم است به منظور تحلیل نتایج حاصل از ریزساختارهای مورد بررسی، مرجع مناسبی در دسترس باشد. مرجعی که ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده را مشخص می‌سازد. هدف از اجرای این پروژه دستیابی به چنین مرجعی است که در کنار آن آلبوم ریزساختاری مربوط به ریزساختارهایی با درصدهای متفاوتی از کسر عمر سپری شده، تهیه شود. چنین آلبومی به عنوان مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد و به میزان قابل توجهی باعث تسهیل فرآیند تخمین عمر می‌گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ UD500 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت پرتو

تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر

سپری شده سوپرآلیاژ GTD 222

GTD-222 نوعی سوپرآلیاژ پایه نیکل ریختگی است که توسط شرکت جنرال الکتریک جهت استفاده در پره‌های ثابت در توربین‌های گازی معرفی گردید. این سوپر آلیاژ جایگزین سوپر آلیاژ پایه کبالت FSX-414 در پره‌های ثابت ردیف دوم و سوم برخی توربین‌ها شد، زیرا تجربه استفاده از پره‌های FSX-414 نشان داد که اعوجاج ناشی از خزش در درجه حرارت‌های کاری بالا، نیاز به تعمیر و نگهداری بیش از میزان قابل انتظار دارد. به همین خاطر هدف از اصلاح FSX-414، افزایش ۲۰۰ درجه‌ای (فارنهایت) مقاومت به خزش آن بود که در نتیجه تحقیقات انجام شده، سوپر آلیاژ GTD-222 حاصل شد. این سوپر آلیاژ مانند دیگر سوپر آلیاژهای پایه نیکل، رسوب سخت شونده توسط فاز γ' است. با توجه به اینکه تغییر ریزساختار سوپرآلیاژها از طریق تاثیر بر خواص آنها باعث کاهش عمر قطعات می‌شود، لذا لازم است بررسی‌های جامعی درخصوص روند تغییرات ریزساختاری این آلیاژ و تعیین ارتباط کمی و کیفی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری این آلیاژ و کسر عمر سپری شده آن صورت گیرد. هدف از اجرای این پروژه تهیه آلبوم ریزساختاری آلیاژ مذکور به منظور تامین اهداف فوق‌الذکر می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه آلبوم ریزساختاری و تعیین ارتباط کیفی و کمی بین پارامترها و نمادهای ریزساختاری با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژ GTD222 به همراه آلبوم مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت توگا

تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز GE-F9 به روش مخرب

توربین‌های GE-F9 از جمله توربین‌های گازی متداول در کشور می‌باشند و برای کاربرد در چرخه‌های ساده و ترکیبی طراحی شده‌اند. در توربین‌های گازی قطعات منحصر بفردی نیاز به توجه و مراقبت زیاد دارند. این قطعات اکثراً مربوط به قسمت‌هایی که در معرض گازهای داغ قرار دارند می‌باشند. این قطعات تحت عنوان قطعات مسیر داغ شناخته شده و نازل‌ها نیز از جمله قطعات مسیر داغ می‌باشند. یکی از مشکلات موجود در توربین‌های گازی جی ئی فریم ۹ ترک خوردن نازل‌ها به خصوص نازل‌های ردیف اول آن و پایین بودن عمر واقعی آنها در عمل می‌باشد. لذا جهت جلوگیری از تخریب‌های غیرمترقبه لازم است اقدامات لازم جهت تخمین عمر باقیمانده و ارزیابی وضعیت آنها صورت گیرد. در توربین‌های مذکور سه ردیف نازل وجود دارد که هدف از اجرای این پروژه تدوین دانش فنی ارزیابی عمر باقیمانده سه ردیف نازل بکار رفته در این توربین‌ها با استفاده از آزمون‌های مخرب می‌باشد. در واقع یکسری آزمون‌های مخرب متداول در ارزیابی عمر نازل‌ها مطرح هستند که هدف از اجرای این پروژه علاوه بر دستیابی به معیارهای لازم برای اجرا و تحلیل نتایج این آزمون‌ها، دستیابی به روش‌های نوین در ارزیابی وضعیت نازل‌ها است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ثابت توربین گاز GE-F9 به روش مخرب
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، دانشگاه علم و صنعت، دانشگاه تهران

بررسی تغییرات ابعادی قطعه و ارتباط آن با عمر خزشی پره‌های ثابت و متحرک توربین F5 و واحدهای

مشابه

تخمین عمر باقیمانده پره‌های توربین گازی که از اجزای بسیار مهم و حساس توربین‌ها می‌باشند، از نظر اقتصادی و ایمنی کارکرد توربین‌ها اهمیت بالایی دارند.

تست‌های غیرمخرب یکی از روش‌های تخمین عمر پره‌ها هستند که بطور دائم بر تنوع، قابلیت و دقت آنها افزوده می‌شود. در توربین‌های گازی به دلیل مشکلات و هزینه بالای تست‌های مخرب، اشتیاق به انجام تست‌های غیرمخرب در حال افزایش است. بدین ترتیب با روش‌های ساده کم هزینه NDT می‌توان عمر پره‌های توربین گازی را تخمین زد که این کار باعث صرفه‌جویی‌های اساسی در هزینه نگهداری نیروگاه‌ها خواهد شد. یکی از این روش‌ها بررسی تغییرات ابعادی قطعه و ارتباط آن با عمر خزشی پره‌ها است.

شاخص‌های این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به بررسی تغییرات ابعادی قطعه و ارتباط آن با عمر خزشی پره‌های ثابت و متحرک توربین F5 و واحدهای مشابه
- یکجک مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

قطعات توربین شهریار، شرکتهای مپنا

تعیین ارتباط بین مقادیر سختی و کسر عمر سپری شده و تهیه نرم افزار مربوطه جهت تخمین عمر

پره های ثابت و متحرک توربین های F5 و واحدهای مشابه

در پره های توربین گازی از سوپرآلیاژها استفاده می شود. خواص مکانیکی این سوپرآلیاژها در طول کارکردشان در دمای بالا تغییر می کند؛ و به همین دلیل می توان از روی تغییرات خواص، عمر باقیمانده آنها را تخمین زد. روش های غیرمخرب وجود دارند که می توانند عمر باقیمانده پره های توربین را بر این اساس پیش بینی کنند. از جمله خواص مکانیکی پره ها می توان به تغییرات سختی آنها اشاره کرد.

با توجه به موارد فوق الذکر تست سختی سنجی می تواند به عنوان روشی غیرمخرب در تخمین عمر پره های توربین بکار رود. بدین ترتیب با روش های ساده و کم هزینه NDT می توان عمر پره های توربین گازی را تخمین زد که این کار باعث صرفه جویی های اساسی در هزینه نگهداری نیروگاه ها خواهد شد. هدف از اجرای پروژه مذکور دستیابی به روابط حاکم بر تغییرات سختی ایجاد شده در پره ها و کسر عمر سپری شده آنها و تحلیل روند تغییرات و تهیه نرم افزاری جهت تخمین عمر پره های ثابت و متحرک توربین ها می باشد.

شاخص های این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به روند ارزیابی عمر پره های متحرک توربین های گازی بر مبنای تغییرات سختی
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- نرم افزار مربوطه
- راهنمای کاربری نرم افزار

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، متالورژی رازی

بررسی کمی تشکیل کاربدهای مرزدانه‌ای و درون دانه‌ای و ارتباط آنها با عمر سپری شده

شرایط پیچیده تنشی حاکم بر پره‌های توربین گازی این اجزای حساس توربین گازی را در معرض از کارافتادگی‌های غیرقابل پیش‌بینی قرار می‌دهد که می‌تواند باعث خسارت‌های جبران‌ناپذیری گردد. این مسئله محققین را بیش از پیش متوجه ارزیابی‌های تخمین عمر کرده است. این ارزیابی‌ها به ما کمک می‌کند تا زمان بهینه برای تعویض یا تعمیر قطعات را به درستی تشخیص دهیم. از روش‌های رایج در این زمینه، می‌توان به استفاده از تغییرات ریزساختاری اشاره کرد. از جمله تغییرات ریزساختاری سوپرآلیاژها می‌توان به تغییرات ایجاد شده در کاربدها اشاره کرد. اغلب سوپرآلیاژها شامل فازهای کاربیدی می‌باشند. کاربدها از اجزای مهم ساختاری آنها محسوب می‌گردند. انواع مختلفی از کاربدها، با توجه به نوع ترکیب و عملیات حرارتی ممکن است هم در مرز دانه‌ها و هم در زمینه رسوب کنند. با توجه به تاثیر کاربدها بر عمر و خواص سوپرآلیاژها لازم است تحقیقات جامعی درخصوص انواع کاربدها و کمی‌سازی ارتباط بین کاربدهای مرزدانه‌ای و درون دانه‌ای با کسر عمر سپری شده سوپرآلیاژها صورت گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به بررسی کمی تشکیل کاربدهای مرزدانه‌ای و درون دانه‌ای و ارتباط آنها با عمر سپری شده
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

بنیاد رازی، دانشگاه شیراز

تدوین دانش فنی تخمین عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز و استخراج مدل‌های تجربی

امروزه نیروگاه‌های گازی سراسر جهان برای کاهش هزینه‌های تعمیر و تعویض پره‌های توربین که بخش عمده‌ای از هزینه نگهداری نیروگاه را شامل می‌شود، علاقمند به استفاده از سیستم‌های مدیریت عمر می‌باشند. یکی از مراحل مهم مدیریت عمر، تخمین عمر پره‌های توربین بویژه پره‌های متحرک که در معرض دما و تنش‌های بالایی قرار دارند، می‌باشد. به منظور تخمین عمر پره‌ها در نظر داشتن کلیه مکانیزم‌های تخریبی حاکم بر پره‌ها الزامی است. در این میان خزش به عنوان مهم‌ترین مکانیزم تخریب و از کارافتادگی پره‌های توربین گازی شناخته می‌شود. از نقطه نظر تخمین عمر نیز، این پدیده از اهمیت اساسی برخوردار است، بطوریکه تخمین عمر خزش به عنوان اصلی‌ترین جنبه تخمین عمر پره‌ها شناخته می‌شود. خزش تغییر شکلی وابسته به زمان است که در درجه حرارت بالا و تحت تنش ثابت رخ می‌دهد. تغییرات ابعادی غیر قابل قبول، گسیختگی ناشی از خزش و از کار افتادگی‌های موضعی بوسیله رشد ترک از جمله مواردی است که می‌تواند در نتیجه خزش در ماده به وقوع بپیوندد. پره‌های توربین، مدت زمان‌های طولانی تحت تنش‌های پائین و متوسط در دماهای بالا قرار می‌گیرند. در این شرایط، خزش به عنوان یکی از اصلی‌ترین مکانیزم‌های تغییر شکل مواد عمل می‌نماید، لذا پره‌های توربین بر پایه یک تنش منجر به گسیختگی یا یک مقدار ازدیاد طول در یک بازه زمانی طراحی می‌شوند و دارای یک عمر طراحی ویژه هستند. با توجه به اختلاف بین شرایط طراحی و شرایط بهره‌برداری، لازم است اقدامات لازم جهت ارزیابی عمر خزشی پره‌ها صورت گیرد. هدف از اجرای این پروژه تدوین دانش فنی تخمین عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز با استفاده از به‌روزترین متدها و استخراج مدل‌های تجربی است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تخمین عمر خزشی پره‌های متحرک توربین گاز و استخراج مدل‌های تجربی

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه شهید عباسپور، توگا، صها

توسعه نرم افزار آنالیز شکست پره های ثابت توربین گاز

توربین گازی از چند ردیف پره ثابت و متحرک تشکیل شده است. گاز داغ پس از ترک محفظه احتراق، به پره های ثابت که به شکل نازل می باشند، برخورد کرده، فشار آن کاهش می یابد و به پره های متحرک برخورد می نماید. وظیفه پره های ثابت توربین های گازی هدایت مناسب همراه با شتاب گازهای ورودی به توربین به سمت پره های گردان در یک زاویه مناسب می باشد. دمای ورودی به این نقطه از توربین بیشترین حد خود را داشته و سرعت گاز نیز در این ناحیه بیشترین مقدار را دارا می باشد. گازهای حاصل از احتراق علاوه بر درجه حرارت بالا، دارای خاصیت اکسیدکنندگی و خوردگی شدید می باشند. مواد بکار رفته در این شرایط باید مقاومت به خوردگی داغ و اکسیداسیون عالی از خود نشان دهند. علاوه بر این مقاومت به خستگی دمای بالا و سیکل کم، پایداری ریزساختاری بلند مدت، مقاومت به خزش و مقاومت به خستگی سیکل بالا برای پایداری در برابر انواع مختلف بارهای لرزشی نیز مورد نیاز است. در نازل هایی که با استفاده از مسیرهای خنک کننده، خنک می شوند؛ نازل باید در برابر تنش های موضعی اطراف مسیرها مقاوم باشد.

با توجه به شرایط کارکرد نازل ها و عدم اعمال تنش گریز از مرکز به آنها، امکان استفاده از نازل ها پس از بروز ترک میسر می باشد. در واقع معیار رد نازل ها، فرم، ابعاد و موقعیت ترک ایجاد شده در آن است. بر این اساس با استفاده از نرم افزار آنالیز شکست امکان ارزیابی طول بحرانی ترک در نازل ها و محاسبه زمان رسیدن به حد بحرانی ترک مقدور می باشد.

با توجه به بالا بودن قیمت نازل ها و با در نظر داشتن شرایط دشوار کارکرد آنها و مکانیزم های تخریبی حاکم بر آنها توسعه نرم افزار آنالیز شکست این اجزا از اهمیت بسزایی برخوردار است.

شاخص های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به توسعه نرم افزار آنالیز شکست پره های ثابت توربین گاز
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- ارائه نرم افزار آنالیز شکست پره های ثابت توربین گاز
- ارائه دستورالعمل مربوطه

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه تربیت مدرس

تهیه مدل تجربی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک توربین گازی

پره‌های متحرک توربین گاز از حساس‌ترین قطعات توربین می‌باشند که تحت دما و تنش‌های بالایی قرار دارند و بایستی گرادیان‌های شدید دمایی را تحمل نمایند. آن‌ها تحت تأثیر عواملی مانند خزش و خستگی، که ناشی از شرایط کاری پره می‌باشند، قرار می‌گیرند و این عوامل باعث محدود شدن عمرشان می‌گردد. در بین مکانیزم‌های مختلف تخریب، خستگی یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب پره‌های متحرک توربین گاز به شمار می‌رود؛ لذا تخمین عمر این پره‌ها از نقطه نظر خستگی از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا هدف از اجرای این پروژه تهیه مدل تجربی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک توربین گاز است.

شاخص‌های این پروژه عبارتند از:

- تهیه گزارشات مربوط به تهیه مدل تجربی تخمین عمر خستگی پره‌های متحرک توربین گاز
- پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

صها

تحلیل محاسباتی و تجربی توزیع دما و تنش در پره‌های توربین گازی V94.2

پره‌های ردیف‌های اول تا چهارم توربین گاز V94.2 به دلیل شرایط پیچیده، همواره در معرض تخریب‌های ناگهانی قرار دارند و عوامل مختلفی می‌تواند عمر این قطعات را به شدت کاهش دهد. لذا تعیین عمر باقیمانده این قطعات از اهمیت بسزایی برخوردار است. در طی پروسه تخمین عمر لازم است که یکسری آزمایشات روی قسمت‌های بحرانی پره‌ها صورت گیرد. در واقع قسمت بحرانی هر قطعه نماینده بخش آسیب پذیر آن در شرایط کاری است. از نظر تئوریک بخش بحرانی پره تحت شدیدترین شرایط کاری قرار داشته و متحمل بیشترین زوال ریزساختاری می‌شود. لذا می‌توان این چنین استنباط کرد که این نقاط اولین نقاطی هستند که دچار شکست در شرایط کاری استاندارد می‌شوند. به همین دلیل می‌توان گفت که در واقع هدف از تعیین عمر باقیمانده یک قطعه، تعیین عمر باقیمانده قسمت بحرانی آن می‌باشد و نمونه‌سازی برای تعیین عمر باقیمانده یک قطعه باید از بخش بحرانی آن صورت گیرد. شناسایی نقاط بحرانی پره‌ها نیز مستلزم تعیین آنالیز دما و تنش آنها بوده تا بر این اساس از طریق تعیین گرادیان دما و تنش اعمالی بر قطعه قسمت‌هایی از قطعه که متحمل بیشترین دما و تنش و در نتیجه بیشترین میزان آسیب می‌باشند، شناسایی شده و جهت انجام بررسی‌های تخمین عمر، روی این نقاط متمرکز شویم. در این راستا استفاده از به‌روزترین و کاربردی‌ترین نرم‌افزارها در آنالیز تنش و دمای پره‌ها مد نظر می‌باشد علاوه بر این بکارگیری روش‌های تجربی (مثل سنسورهای دمایی، تنشی، thermal paint و ...) جهت تأیید نتایج حاصل از آنالیزهای بدست آمده مد نظر می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تحلیل محاسباتی و تجربی توزیع دما و تنش در پره‌های توربین گازی V94.2

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه شهید عباسپور، پرتو، توگا

شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای بویلر، امکان‌سنجی ساخت سنسورها و بررسی

روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها

در حال حاضر ارزیابی وضعیت اجزای بویلر با بازرسی‌های ادواری که در طول تعمیرات انجام می‌شوند، صورت می‌گیرد. در این روش با انجام یک سری بازرسی‌ها و فعالیت‌های مشخص وضعیت بویلر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این روش دارای محدودیت‌هایی است که باعث می‌گردد نتایج ارزیابی با واقعیت یکسان نبوده و دارای خطا باشد. از طرف دیگر بهره‌برداران نیروگاه‌ها تمایل زیادی به کاهش یا حذف تعمیرات دارند. در سال‌های اخیر جهت رفع اشکالات گفته شده سیاست بهبود نگهداری و تعمیرات بصورت عمومی و نگهداری و تعمیرات پیشگویانه به صورت خاص مطرح گردیده است. در این روش علاوه بر بهبود و ارتقای نگهداری و تعمیرات دوره‌ای، سیستم‌های پایش وضعیت به‌هنگام در دستور کار قرار گرفته است. در این روش با پایش وضعیت هدرها و لوله‌ها، پایش شیمی آب و بخار و شناسایی نشتی‌های لوله‌های بویلر ارزیابی صورت می‌پذیرد و شامل سیستم‌هایی جهت جمع‌آوری داده‌ها، تشخیص و پایش وضعیت و ارائه اقدامات اصلاحی می‌باشد. هدف از پروژه حاضر نیز بررسی انواع سنسورهای قابل بکارگیری در اجزای مختلف بویلر و مزایا و معایب سنسورهای مختلف براساس نیازهای موجود می‌باشد در کنار این امر امکان‌سنجی ساخت سنسورها و روند تحلیل داده‌های خام و چگونگی ارزیابی و بهره‌برداری از آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای بویلر، امکان‌سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، دانشگاه صنعتی شریف

شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای توربین، امکان‌سنجی ساخت سنسورها و

بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها

عموماً اجزای توربین بدلیل قرارگیری در شرایط دشوار کاری (دما و فشار بالا) و محیط خورنده در معرض تخریب قرار دارند، از اینرو مسأله ارزیابی آنها حائز اهمیت است. نکته مهمی که در این زمینه باید مد نظر قرار گیرد این است که نتیجه اجرایی فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه ارزیابی اجزای توربین، هم از نظر اقتصادی باید قابل توجیه باشد و هم در نهایت موجب افزایش ایمنی کار شود. بنابراین لازم است که علاوه بر شناسایی کامل پروسه ارزیابی اجزای توربین، جزئیات مربوطه و پارامترهای مورد نیاز به دقت محاسبه و بررسی شوند. از میان روش‌های پایش و ارزیابی وضعیت موجود، روش پایش وضعیت آنالین روشی خودکار شامل پایش کارایی تجهیزات و ارزیابی و درجه‌بندی قطعات حین کارکرد است. به بیانی دیگر، با این روش اجزای بیشتری با مقایسه معیارهای مختلف اندازه‌گیری، مورد پایش وضعیت قرار می‌گیرند. بدین منظور به تجهیزات پیشرفته‌ای (انواع سنسورها)، جهت اندازه‌گیری پارامترهای فرآیند نیاز است. بطور کلی سنسورهای مورد استفاده در فرآیند پایش وضعیت به هنگام برای بررسی پارامترهای متعددی می‌باشند. در این پروژه سعی بر این است که به معرفی این سنسورها از قبیل شرکت‌های سازنده، مدل‌های مختلف، مزایا و معایب هر یک از سنسورها، توجیه اقتصادی کاربرد آنها، لزوم استفاده، شرایط کاری، اطلاعات ورودی و خروجی و تحلیل نتایج بدست آمده از آنها پرداخته شود. سپس امکان‌سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها مد نظر قرار می‌گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به شناسایی انواع سنسورهای مورد نیاز برای ارزیابی اجزای توربین، امکان‌سنجی ساخت سنسورها و بررسی روند تحلیل داده‌های خام و ارزیابی آنها

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، دانشگاه صنعتی شریف

تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر و تهیه نرم‌افزار

مربوطه

غالباً عمر بویلرهای نیروگاهی بیشتر از ۲۰ سال است، از طرفی لوله‌های سوپرهیترها و ری‌هیترها بخش بحرانی در آنها محسوب می‌شوند. این لوله‌ها به دلیل شرایط کارکرد دچار خزش می‌شوند. خزش تابعی از دما، تنش و زمان کارکرد است. عمر خزشی این لوله‌ها با افزایش دما و مکانیزم‌های دیگری مثل خوردگی و فرسایش که منجر به نازک شدن دیواره لوله و افزایش تنش در آن می‌شود، کاهش می‌یابد. همچنین تنش‌های اضافی بر اثر انبساط حرارتی و بارگذاری مکانیکی نیز ممکن است ایجاد شود که باعث ایجاد ترک و سوراخ در لوله‌ها می‌شود. از طرفی در طول یک برهه زمانی، بر اثر خوردگی یک لایه اکسیدی در سطح داخلی لوله‌ها ایجاد می‌شود که این لایه اثر خنک‌کنندگی بخار را کم می‌کند و باعث افزایش دمای لوله می‌شود و عمر لوله به شدت کاهش می‌یابد. علاوه بر این اکسید داخلی می‌تواند کنده شود، داخل بخار حرکت کند و بر اثر برخورد باعث فرسایش ولوها و اجزای توربین شود. برخی از سوختها، باعث خوردگی شدید لوله‌ها می‌شوند و عمر لوله‌ها را با افزایش سرعت فرسایش شدیداً کاهش می‌دهند که اثر آنها حتی از دما و سرعت رشد لایه اکسیدی نیز بیشتر است. با توجه به شرایط دشوار کاری، ارزیابی عمر باقیمانده این اجزا و تهیه نرم‌افزار پایش وضعیت از اهمیت بسزایی برخوردار است چراکه کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، کاهش ریسک تخریب در حین کار و افزایش زمان بین تعمیرات، از اهداف برنامه‌ریزان صنایع نیروگاهی است. لذا ضروری است تا آسیب وارده بر قطعه در مراحل ابتدایی ایجاد آسیب شناسایی گردد تا بدین ترتیب برنامه‌ریزی‌های لازم جهت تعمیر، تعویض و یا تغییر شرایط بهره‌برداری، جهت مقابله با عیب ایجاد شده صورت گیرد. امید است با اجرای پروژه مذکور گامی در جهت دستیابی به اهداف مذکور برداریم.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی پایش به‌هنگام وضعیت و عمر باقیمانده لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر و تهیه نرم‌افزار مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- نرم‌افزارهای تهیه شده
- گزارش مربوط به نتایج مراحل آزمایشی نرم‌افزارهای تهیه شده

- راهنمای کاربری

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه صنعتی شریف، مینا بویلر

تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار و تهیه

نرم‌افزار مربوطه

هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار از جمله مهم‌ترین تجهیزاتی هستند که در معرض شرایط دشوار کارکرد قرار دارند. این قطعات در مدت کار تحت اثر مکانیزم‌های مختلف تخریبی قرار دارند.

هدرها و مشکلات آنها می‌توانند براساس دمای کاری تقسیم‌بندی شوند. بر این اساس هدرهای بخارگرد دما بالا بیشتر مورد توجه هستند، چون عمر خزشی محدودی دارند و هزینه جایگزینی آنها بالا است.

هدرهای دما بالا در خروجی‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر هستند که در دمایی بالاتر از ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد کار می‌کنند. هدرهایی که در دمای بالا کار می‌کنند در حالت عادی مشکل خزش دارند، اما دچار خستگی حرارتی و مکانیکی نیز می‌شوند و ترکیب این مکانیزم‌ها سرعت تخریب را به شدت افزایش می‌دهد.

علاوه بر تغییرات دما، تنش‌های خارجی حاصل از انبساط هدر و بارهای لوله‌ها نیز باید در نظر گرفته شود. انبساط و انقباض هدر می‌تواند باعث ایجاد ترک‌های خستگی در اتصالات، صفحات torque و جوش‌های تیوب‌ها به هدر شود. علاوه بر هدرها لوله‌های اصلی بخار از اجزایی هستند که در معرض آسیب قرار داشته و رسیدگی به وضعیت آنها الزامی است.

پایپ‌های بخار اصلی (Main Steam) نیز از اجزای بحرانی نیروگاه‌های بخاری هستند که به علت دما و تنش کاری بالا همواره در معرض خزش قرار دارند. علاوه بر این جوش‌های درزی پایپ‌های بخار اصلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، چون جوش‌های درزی طولی تحت فشار بالایی هستند و تعیین وضعیت آنها جهت جلوگیری از گسترش تخریب الزامی است. هدف از اجرای پروژه حاضر، تهیه نرم‌افزاری کارا جهت پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار و تدوین دانش فنی مربوطه است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی پایش به هنگام وضعیت و عمر باقیمانده هدرهای بخار و لوله‌های اصلی بخار و تهیه نرم‌افزار مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- نرم‌افزارهای تهیه شده

- گزارش مربوط به نتایج مراحل آزمایشی نرم افزارهای تهیه شده و راهنمای کاربری نرم افزار

مجریان پیشنهادی:

مپنا بویلر

تدوین دانش فنی پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده روتورهای توربین بخار و تهیه نرم افزار مربوطه

روتورهای توربین های بخار تحت شرایط دما بالا - تنش بالا کار می کنند. این شرایط باعث می گردد که مکانیزم های تخریب مختلفی در حین بهره برداری فعال شده و روتور به مرور دچار زوال و افت خواص شود. به دلیل حساسیت بالای روتورها، اطلاع از وضعیت متالورژیکی و عمر باقیمانده آنها به ویژه برای روتورهایی که ۱۰۰۰۰۰ ساعت از عمر کاری آنها سپری شده است، اهمیت بسزایی دارد. در این راستا برای جلوگیری از توقف های غیرمترقبه و کاهش هزینه تعمیرات از تکنولوژی برآورد عمر باقیمانده استفاده می گردد. در واقع با توجه به بالا بودن هزینه تمام شده روتور از یک طرف و عواقب ناشی از تخریب روتور از طرف دیگر، اهمیت استفاده بهینه از روتورهای نیروگاه های بخاری بر مبنای تخمین عمر روشن می گردد. هدف از اجرای پروژه فوق الذکر تهیه نرم افزاری جهت پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده روتورهای توربین بخار و تدوین دانش فنی مربوطه است.

شاخص های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی پایش وضعیت و تعیین عمر باقیمانده روتورهای توربین بخار و تهیه نرم افزار مربوطه
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- نرم افزارهای تهیه شده
- گزارش مربوط به نتایج مراحل آزمایشی نرم افزارهای تهیه شده و راهنمای کاربری

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه صنعتی شریف

تهیه نرم افزار پایش به هنگام وضعیت و تعیین عمر باقیمانده پوسته توربین بخار

پوسته‌های توربین‌های بخار، قطعات فولادی ریخته شده و بسیار حجیم هستند که اجزای ثابت و گردان داخلی را در خود جای می‌دهند. پوسته‌ها دو کار مهم و حساس دارند، از جمله تحمل فشار بخار و نگاه داشتن اجزای داخلی در یک خط مستقیم (به گونه‌ای که اجرای گردان و ثابت به یکدیگر برخورد نکنند). ترک خوردن پوسته می‌تواند منجر به نشت بخار شود و در موارد بحرانی، منجر به ترکیدن (پوسته) گردد. اعوجاج‌های پوسته می‌تواند منجر به برخورد اجزای ساکن و گردان به یکدیگر و تخریب شود. امروزه اعوجاج‌های حرارتی مانند ترک خوردگی بر اثر خستگی حرارتی، بدلیل قدیمی و پیر شدن توربین‌ها، افزایش یافته است. این توربین‌ها تحت زمان‌های طولانی‌تری در سیکل کاری و سیکل‌های روشن-خاموش شدن به نسبت پوسته توربین‌های جدیدتر قرار گرفته‌اند. طراحی پوسته‌های قدیمی بر منبای تئوری مخازن تحت فشار، صورت گرفته و دارای مقاطع دیواره ضخیم هستند که به خستگی حرارتی حساس‌تر هستند.

تخریب پوسته‌ها، غالباً بر اثر اعوجاج و یا ترک خوردن پوسته‌ها، صورت می‌گیرد. اعوجاج پوسته‌ها می‌تواند حاصل از خزش (اعوجاج خزشی) یا دما (اعوجاج حرارتی) باشد، که از بین اینها، دومی، شدیدتر و مهم‌تر است. اعوجاج‌های حرارتی هنوز هم (با وجود طراحی بهینه) بدلیل پاس‌های روشن - خاموش شدن سریع، تزریق آب و تغییر وضعیت‌های سریع دیگر، در پوسته، ایجاد می‌شوند. اعوجاج می‌تواند در فلنج‌ها اتصال عمودی و افقی، سطوح آب بندی، نازل و اتصالات دیافراگم ثابت^۱ و غیره، بوجود بیاید. عموماً، این تغییرات ابعادی، می‌تواند با تغییرات در هم‌راستایی (اجزا) همراه شود. ترک در پوسته‌ها معمولاً در ورودی‌های مقاطع توربین‌های IP و HP، جایکه تنش‌های حرارتی موضعی بالاتر هستند، ایجاد می‌شود. همچنین در مقاطع ورودی هودهای توربین‌های LP ترک‌ها، گرچه مقدار آنها کمتر است ایجاد می‌شوند. با توجه به مطالب مذکور، رسیدگی به وضعیت پوسته‌های توربین‌های بخار حائز اهمیت است و هدف از اجرای پروژه حاضر، تهیه نرم‌افزاری جهت پایش وضعیت و تخمین عمر پوسته است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تهیه نرم‌افزار پایش به هنگام وضعیت و تعیین عمر باقیمانده پوسته توربین بخار

¹ - Stationary diaphragm fits

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- نرم افزارهای تهیه شده
- گزارش مربوط به نتایج مراحل آزمایشی نرم افزارهای تهیه شده
- راهنمای کاربری نرم افزار

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو

تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی اجزای روتورهای توربین‌های گاز و بخار توسط روش‌های

محاسباتی

روتورها از مهم‌ترین قطعات توربین‌های گاز و بخار می‌باشند. روتورها معمولاً قطعاتی استوانه‌ای اهرمی شکل هستند که از آنها به منظور گرداندن اجزاء توربین (نظیر دیسک‌ها، پره‌ها و متعلقات دیگر) استفاده می‌شود. این اجزا معمولاً از نظر تنش، بحرانی‌ترین اجزاء توربین می‌باشند.

از طرفی دمای بالا چند پدیده مخرب متالورژیکی را به دنبال خواهد داشت که اهم آنها عبارتند از تردی، خزش، خستگی ترمومکانیکی و حرارتی، خوردگی در دمای بالا و اکسیداسیون. افزایش روند تخریبی روتورها باعث توجه به مساله تخمین عمر روتورها شده است. چرا که تخریب غیرمترقبه روتور علاوه بر اینکه می‌تواند آسیب‌های غیرقابل جبرانی بر سایر اجزا وارد سازد، منجر به ایجاد خسارات جانی نیز خواهد شد.

هزینه ارزیابی با هزینه آسیب‌های وارده به روتور و به تبع آن توقف اجباری واحد و عدم تولید برق قابل قیاس نمی‌باشد. لذا انجام این پروژه مزایای فنی و اقتصادی مشهودی خواهد داشت. در واقع با توجه به حساسیت زیاد روتور و از طرف دیگر بالا بودن قیمت تولید روتور به دلیل پیچیدگی روش‌های تولید، اهمیت فعالیت در زمینه تخمین عمر روتورها روشن می‌گردد.

با توجه به موارد مذکور و اینکه روتورها بر حسب شرایط کارکرد در معرض خستگی قرار دارند، لازم است که ارزیابی عمر خستگی روتورها مورد توجه قرار گیرد. از آنجائیکه عموماً امکان انجام آزمایشات مخرب جهت ارزیابی عمر خستگی بر روی روتورها مقدور نیست، روش‌های محاسباتی برای بررسی عمر خستگی این اجزا در نظر گرفته شده است.

در این پروژه با بررسی پارامترهای طراحی و شرایط کاری انواع روتورهای بکار رفته در توربین‌های گازی و بخاری، مکانیزم‌های آسیب و سایر اطلاعات مرتبط، دستورالعمل ارزیابی وضعیت و تخمین عمر خستگی روتورها بر مبنای روش‌های محاسباتی تهیه می‌گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی اجزای روتورهای توربین‌های گاز و بخار توسط روش‌های

محاسباتی

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

توگا، دانشگاه صنعتی اصفهان

تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خزشی اجزای روتورهای توربین‌های گاز و بخار توسط روش‌های

محاسباتی

علیرغم استفاده از آلیاژهای گرانیقیمت در ساخت روتورها و تمهیدات متالورژیکی برای ساخت آنها، بازهم این اجزا در اثر عواملی مانند دمای بالا، فشار بالا، نیروهای وارده و زمان کار طولانی دچار آسیب‌هایی می‌شوند که گاه باعث از کار افتادن توربین و ایجاد خسارات مالی می‌گردد. یکی از اساسی‌ترین مکانیزم‌های آسیب روتورها خزش است. روتورها به دلیل قرارگیری طولانی مدت در شرایط دشوار کارکرد دچار تغییرات ریزساختاری و به دنبال آن افت خواص مکانیکی می‌گردند که در نهایت موارد مذکور منجر به از کارافتادگی قطعه می‌گردد. لذا لازم است جهت جلوگیری از تخریب‌های غیرمترقبه و برنامه‌ریزی برای تعمیر و یا تعویض قطعات، اقداماتی درخصوص تعیین وضعیت آنها صورت گیرد. با توجه به اینکه در روتورها انجام آزمایشات مخرب میسر نمی‌باشد لازم است تحقیقات گسترده‌ای در زمینه ارزیابی عمر این اجزا توسط روش‌های محاسباتی صورت گیرد. هدف از پروژه حاضر نیز، ارزیابی عمر خزشی اجزای روتورهای توربین‌های گاز و بخار توسط روش‌های محاسباتی است. در این پروژه ضمن بررسی انواع روتورها و انواع آلیاژهای بکار رفته در آنها، روش‌های مختلف ارزیابی عمر خزشی روتورها بر مبنای محاسبات مورد بررسی قرار گرفته و دقت روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هدف از پروژه حاضر دستیابی به دانش فنی است که براساس آن امکان ارزیابی عمر خزشی روتورهای مختلف میسر گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خزشی اجزای روتورهای توربین‌های گاز و بخار توسط روش‌های محاسباتی
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

شرکت تعمیرات نیروگاهی

تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختار و تغییرات سختی اجزای روتورهای توربین‌های گاز و بخار و ارتباط

آنها با کسر عمر سپری شده

با توجه به اهمیت روتورها در توربین‌های گازی و بخاری و با در نظر داشتن شرایط دشوار کارکرد این اجزا اهمیت تخمین عمر آنها روشن می‌گردد. این اجزا به واسطه کارکرد در دمای بالا در معرض تغییرات ریزساختاری قرار دارند که تغییرات مذکور به مرور زمان باعث افت خواص مکانیکی و در نهایت تخریب این اجزا خواهد شد. تخریب غیرمترقبه روتور علاوه بر اینکه می‌تواند آسیب‌های غیرقابل جبرانی بر سایر اجزا وارد سازد، منجر به ایجاد خسارات جانی نیز خواهد شد. هزینه ارزیابی با هزینه آسیب‌های وارده به روتور و به تبع آن توقف اجباری واحد و عدم تولید برق قابل قیاس نمی‌باشد. لذا انجام این پروژه مزایای فنی و اقتصادی مشهودی خواهد داشت. در واقع با توجه به حساسیت زیاد روتور و از طرف دیگر بالا بودن قیمت تولید روتور به دلیل پیچیدگی روش‌های تولید، اهمیت فعالیت در زمینه تخمین عمر روتورها روشن می‌گردد. تحلیل ریزساختار روتور و تغییرات حادث شده در ریزساختارهای مذکور و به تبع آن تغییرات سختی روتورها، از روش‌های مرسوم جهت ارزیابی وضعیت و تخمین عمر روتورهاست که به صورت غیرمخرب امکان تخمین عمر این اجزای حساس را فراهم می‌سازد. در این پروژه ضمن بررسی پارامترهای طراحی و شرایط کاری انواع روتورهای بکاررفته در توربین‌های گازی و بخاری، شناسایی انواع آلیاژهای بکار رفته در روتورهای مختلف، مکانیزم‌های آسیب و سایر اطلاعات مرتبط، دانش فنی تحلیل ریزساختارهای روتورها و ارتباط هر ریزساختار و تغییرات سختی با کسر عمر سپری شده روتور کسب خواهد شد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختار و تغییرات سختی روتورهای توربین‌های گاز و بخار و ارتباط آنها با کسر عمر سپری شده
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، تعمیرات نیروگاهی

تهیه نرم افزارهای On line و Off line جهت ارزیابی عمر روتورهای واحدهای گازی و بخاری

روتورها از جمله اجزای حساس توربین می باشند که به دلیل قرارگیری در معرض شرایط دشوار کاری، با آسیب های مختلفی مواجهند. با توجه به آسیب های مذکور که ممکن است در نهایت منجر به بروز خسارات جبران ناپذیر شوند و با در نظر داشتن نقش کلیدی و حساس روتورها در توربین های گازی و بخاری، اهمیت رسیدگی به وضعیت آنها روشن می گردد. در حال حاضر در کشورهای مختلف دنیا تحقیقات گسترده ای در زمینه ارزیابی وضعیت روتورها صورت گرفته است. بدین منظور در سند راهبردی تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه های حرارتی، با هدف بهره برداری بهینه از روتورها تهیه نرم افزارهای on و off line ارزیابی روتورها مطرح می گردد تا بر این اساس با بکارگیری اطلاعات و تحلیل موارد دریافتی به دو صورت off line و on line امکان ارزیابی عمر این اجزای حساس صورت گیرد. نرم افزارهای مذکور پس از طی مراحل آزمایشی، قادر به بکارگیری در صنعت برق و سایر صنایع می باشند.

شاخص های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تهیه نرم افزارهای On line و Off line جهت ارزیابی عمر روتورهای واحدهای گازی و بخاری
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- نرم افزارهای تهیه شده
- گزارش مربوط به نتایج مراحل آزمایشی نرم افزارهای تهیه شده
- تهیه راهنمای کاربری نرم افزار

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه امیرکبیر، دانشگاه شیراز

تحلیل ریزساختاری سوپرآلیاژ IN617 و بررسی نمادهای ریزساختاری، ارتباط آنها با عمر باقیمانده به

همراه بررسی تغییرات سختی

توربین‌های گازی V94.2 به میزان گسترده‌ای جهت تامین برق کشور توسعه یافته‌اند. یکی از آلیاژهای پر مصرف در قطعات مسیر گاز داغ این توربین‌ها، سوپرآلیاژ IN617 است که در قسمت‌های مختلفی از جمله inner و mixing chamber و casing این توربین‌ها بکار رفته است. INCONEL 617 یک آلیاژ پایه نیکل می‌باشد که از طریق محلول جامد و کاربید مستحکم می‌شود و استحکام دمای بالا و مقاومت به اکسیداسیون قابل ملاحظه‌ای را بطور همزمان دارا می‌باشد. این آلیاژ در یک محدوده وسیع از محیط‌های خوردنده مقاومت عالی از خود نشان می‌دهد و به راحتی توسط روش‌های رایج شکل و جوش داده می‌شود مقادیر بالای نیکل و کروم این آلیاژ باعث ایجاد مقاومت آن در محیط‌هایی اکسند و کاهنده می‌شود. آلومینیوم به همراه کروم، مقاومت به اکسیداسیون را در دماهای بالا سبب می‌شوند. ترکیبی از استحکام بالا و مقاومت به اکسیداسیون در دماهای بالاتر از 980°C (IN 617 (1800°F)) را به یک آلیاژ مورد توجه برای قطعات هواپیماها و توربین‌های گازی زمینی، از قبیل محفظه‌های احتراق و مسیرهای گذر، تبدیل کرده است.

با توجه به کاربرد گسترده آلیاژ مذکور در سیستم احتراق توربین‌های گازی لازم است تحقیقات جامعی در خصوص روش‌های مناسب تخمین عمر اجزای ساخته شده از این آلیاژ صورت گیرد. از آنجائیکه تغییرات ریزساختاری و به دنبال آن تغییرات خواص مکانیکی آلیاژ (از جمله سختی آلیاژ) امکان ارزیابی غیرمخرب وضعیت اجزای ساخته شده از این آلیاژ را فراهم می‌سازند، لازم است تا در پروژه حاضر تغییرات ریزساختاری آلیاژ مذکور و چگونگی تحلیل تغییرات مذکور و ارتباط تغییرات ریزساختاری و تغییرات سختی آلیاژ IN617 با عمر باقیمانده بصورت گسترده و همه جانبه مورد بررسی قرار گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تحلیل ریزساختاری سوپرآلیاژ IN617 و بررسی نمادهای ریزساختاری، ارتباط آنها با عمر باقیمانده به

همراه بررسی تغییرات سختی

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، قطعات توربین شهریار

تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده اجزای محفظه احتراق توربین‌های گازی V94.2 براساس روش‌های محاسباتی و

غیرمخرب

تخمین عمر تجهیزات نیروگاهی به این منظور انجام می‌گیرد که از شکست زودرس و نابهنگام آنها جلوگیری به عمل آید. بازرسی تجهیزاتی که در معرض شرایط دشوار کاری قرار دارند، به جهت جلوگیری از تخریب‌های غیرمترقبه، الزامی است تا با فرآیندهای مختلف، سالم و بی نقص و قابل اعتماد بودن قطعات و سیستم‌ها را بررسی کنند. روش‌های محاسباتی از جمله روش‌های مطرح در تخمین عمر قطعات داغ می‌باشند که در مقایسه با سایر روش‌ها با کمترین هزینه و بیشترین سرعت قادر به تخمین عمر باقیمانده اجزا هستند. با توجه به پایین بودن نسبی دقت روش‌های محاسباتی تخمین عمر، لازم است آزمون‌های غیرمخرب نیز مورد استفاده قرار گیرند. اگر چه بکارگیری تست‌های غیرمخرب متحمل هزینه است اما اغلب استفاده مؤثر از تکنیک‌های بازرسی مناسب، موجب صرفه‌جویی‌های مالی قابل ملاحظه‌ای خواهد شد. در واقع با بکارگیری مناسب چنین روش‌هایی، علاوه بر اینکه از تخریب قطعات جلوگیری می‌شود، سرعت آزمایش افزایش یافته و هزینه‌های مربوط به انجام آزمایش (در مقایسه با آزمون‌های مخرب) کاهش می‌یابد و بدین ترتیب با اعمال آزمون‌های لازم و ارزیابی وضعیت تجهیزات از تخریب و شکست آنها ممانعت به عمل می‌آید. با توجه به کاربرد وسیع توربین‌های گازی V94.2 در داخل کشور و با در نظر داشتن اجزای محفظه احتراق توربین‌های مذکور به عنوان قطعات مهم و در معرض آسیب این واحدها، لزوم فعالیت در زمینه تخمین عمر این اجزا روشن می‌گردد. با در نظر داشتن شرایط تخریبی قطعات مذکور و مشکلات مربوط به نمونه-برداری و اجرای آزمون‌های مخرب روی این قطعات، روش‌های غیرمخرب و محاسباتی به عنوان روش‌هایی کارآمد در تخمین عمر آنها معرفی می‌شوند. هدف از اجرای این پروژه تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده اجزای محفظه احتراق توربین‌های گازی V94.2 براساس روش‌های محاسباتی و غیرمخرب با تاکید بر روش‌های نوین و کاربردی است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده اجزای محفظه احتراق توربین‌های گازی V94.2 بر اساس روش‌های محاسباتی و غیرمخرب
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته



مجریان پیشنهادی:

پرتو، موادکاران

تحلیل ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در محفظه بخار و ولوهای واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات به

همراه ارزیابی روند تغییرات سختی آنها

نیروگاه‌های بخاری از اجزای مختلف با شرایط کاری متفاوت ساخته شده‌اند. با توجه به تنوع شرایط کاری اجزا، مکانیزم‌های تخریبی متفاوتی برای هر یک از اجزا متصور است. افزایش آسیب‌های مختلف باعث می‌شود که عمر قطعات کاهش یابد و در نهایت باعث تخریب آنها گردد. در این میان محفظه بخار و ولوهای بکار رفته در واحدهای بخار، در درازمدت دچار تغییرات ریزساختاری و به تبع آن تغییرات سختی می‌شوند. براساس نوع فولاد بکار رفته در این اجزا می‌توان یکسری پارامترهای ریزساختاری را به عنوان نماد تغییرات ایجاد شده در اجزا مورد بررسی قرار داد. مزیت بررسی تغییرات مذکور در ارزیابی عمر باقیمانده، امکان بررسی تغییرات حادث شده از طریق آزمون‌های غیرمخرب است که بدون آسیب رساندن به قطعه با سرعت و دقت مناسبی امکان ارزیابی را فراهم می‌سازد. هدف از اجرای این پروژه دستیابی به دانش فنی تحلیل ریزساختار آلیاژهای مختلف این اجزا و ارتباط بین روند تغییرات سختی هر یک با کسر عمر سپری شده می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تحلیل ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در محفظه بخار و ولوهای واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات به

همراه ارزیابی روند تغییرات سختی آنها

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

تعمیرات نیروگاهی، پژوهشگاه نیرو

تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی ولوهای بکار رفته در نیروگاه‌های بخاری

شرایط کاری واحدهای بخار در اجزای مختلف متنوع بوده و شرایط کاری هر قسمت بر میزان کارایی آن تاثیر میگذارد. در این میان یک برنامه‌ریزی پیشرفته برای انجام تعمیرات در واحدهای بخار به لحاظ کاهش زمان‌های توقف واحد، ضروری می‌باشد. این برنامه‌ریزی علاوه بر کاهش زمان‌های توقف واحد، زمان‌های خروج اضطراری را نیز کاهش داده و در عین حال باعث افزایش قابلیت اطمینان می‌گردد. تخمین عمر اجزای حساس هر واحد کمک شایانی به برنامه‌ریزی لازم برای آن واحد می‌نماید. درخصوص ولوها نیز ارزیابی وضعیت ولوها جهت برنامه‌ریزی‌های آتی حائز اهمیت است.

ولوها از قسمت‌های متفاوت با درجه اهمیت متفاوت تشکیل شده‌اند. ولوها در حین روشن شدن توربین تحت تغییرات بار اعمالی و تغییرات ناگهانی فشار و دما قرار داشته که این امر منجر به ایجاد پدیده خستگی در ولو می‌شود.

با توجه به مشخصات ولوها بیشتر از روش‌های بررسی رشد ترک برای تخمین عمر این اجزاء استفاده می‌شود. بنابراین روش‌هایی که با استفاده از آنها می‌توان ابعاد ترک‌ها را در صورت وجود مشخص نمود در تخمین عمر این اجزاء کاربرد دارند. به‌گونه‌ای که در صورت مشاهده ترک در قطعه مورد نظر، برای محاسبه عمر باقیمانده در حضور ترک، نیاز به آنالیز رشد ترک است. در این آنالیز، نیاز به اطلاع از خواص مواد بوده که این خواص شامل (اندازه بحرانی ترک، با در نظر گرفتن تردی حرارتی ماده، داده‌های آهنگ رشد ترک خستگی با اعمال تصحیحات مناسب به منظور وارد کردن اثر زمان نگهداری و...) است. هدف از اجرای این پروژه دستیابی به دانش فنی لازم جهت ارزیابی عمر خستگی ولوهای بکار رفته در نیروگاه‌های بخاری براساس جدیدترین روش‌های رایج در دنیا است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی ارزیابی عمر خستگی ولوهای بکار رفته در نیروگاه‌های بخاری
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

مپنا، دانشگاه امیرکبیر

تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای بویلر

اجزای مختلف بویلر در حین بهره‌برداری، به دلیل قرارگیری در معرض دما و فشار بالا، تحت تأثیر انواع آسیب‌ها قرار دارند. آسیب‌های مربوط به بهره‌برداری عبارتند از: خزش، خستگی، خوردگی، سایش و... شناسایی و تعیین عیوب ایجاد شده در قطعات مختلف به منظور حفظ ایمنی و برنامه‌ریزی‌های لازم برای تعمیر و یا تعویض قطعات، از اهمیت بسزایی برخوردار است. به منظور شناسایی و ردیابی عیوب، در حال حاضر یکسری روش‌های متداول مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به وجود برخی محدودیت‌ها در روش‌های مختلفی که در حال حاضر جهت بررسی تجهیزات نیروگاهی استفاده می‌شوند، اخیراً روش‌های نوینی توسط محققین توسعه یافته است. توسعه روش‌های نوین در جهت غلبه بر محدودیت‌های روش‌های مذکور، افزایش سرعت و کاهش هزینه‌های مربوطه می‌باشد. هدف از اجرای این پروژه تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای بویلر می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای بویلر
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش ارزیابی فنی - اقتصادی مربوط به بکارگیری تجهیزات نوین
- گزارش اولویت‌بندی تجهیزات به همراه ریز مشخصات فنی هر تجهیز

مجریان پیشنهادی:

مپنا بویلر، دانشگاه علم و صنعت

تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین بخار

نیروگاه‌های بخاری سهم عمده‌ای در تولید انرژی دارند، از اینرو رسیدگی به مشکلات و مسائل مطرح در این نیروگاه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. توربین‌ها از مهم‌ترین اجزای نیروگاه‌های بخاری بوده که در حین بهره‌برداری، به دلیل قرارگیری در معرض دما و فشار بالا، تحت تأثیر انواع آسیب‌ها قرار دارند. آسیب‌های مربوط به بهره‌برداری عبارتند از: خزش، خستگی، خوردگی، سایش و... در این میان تخریب قسمت‌های مختلف توربین‌ها موجب وارد آمدن خسارات قابل توجهی به صنعت برق میگردد. شناسایی و تعیین عیوب ایجاد شده در قطعات به منظور حفظ ایمنی و برنامه‌ریزی‌های لازم برای تعمیر و یا تعویض قطعات، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

انتخاب روش مناسب برای بازرسی اجزای مختلف توربین و شناسایی و تعیین عیوب ایجاد شده، نیازمند توجه به فاکتورهای مهمی است که عبارتند از: علت انجام آزمون غیرمخرب؛ نوع عیب و ناپیوستگی که مورد توجه است؛ اندازه، جهت و موقعیت عیوب در قطعه؛ اندازه و شکل قطعه‌ای که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و جنس ماده‌ای که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد به منظور شناسایی و ردیابی عیوب، تست‌های متالورژیکی و تست‌های غیرمخرب، کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند و در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به وجود برخی محدودیت‌ها در تست‌های متداولی که در حال حاضر جهت بررسی تجهیزات نیروگاهی استفاده می‌شوند، اخیراً روش‌های نوینی توسط محققین توسعه یافته است. توسعه روش‌های نوین در جهت غلبه بر محدودیت‌های روش‌های مذکور، افزایش سرعت و دقت بازرسی و کاهش هزینه‌های مربوطه می‌باشد. بدین منظور لازم است اقداماتی جهت شناسایی روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین بخار و تدوین روش‌های اجرایی نوین بازرسی این اجزا براساس جدیدترین شیوه‌های متداول در دنیا صورت گیرد. هدف از این پروژه تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین بخار
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش ارزیابی فنی-اقتصادی مربوط به بکارگیری تجهیزات و روش‌های نوین
- گزارش اولویت‌بندی تجهیزات به همراه ریز مشخصات فنی هر تجهیز

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه خواجه نصیر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه شیراز

تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین گاز

استفاده روزافزون از توربین‌های گازی در صنعت برق، توجه محققان را به بهبود عملکرد اجزای آنها جلب نموده است. این اجزا، به واسطه شرایط پیچیده تنشی و حرارتی، همواره در معرض شکست‌های غیرقابل پیش‌بینی می‌باشند و در نهایت می‌توانند باعث خارج شدن توربین از مدار تولید گردند. علاوه بر این، تعویض بی مورد این اجزا می‌تواند هزینه‌های سنگینی متوجه نیروگاه‌ها کند. با توجه به این مطالب، روشن می‌شود پیش‌بینی شکست این قطعات می‌تواند کمک شایان توجهی به کاهش هزینه‌ها در صنعت برق کند. لذا سازندگان و کاربران آنها همواره در تلاش بوده‌اند تا بتوانند عمر مفید این قطعات را تشخیص داده و اقدام به تعمیر و در صورت لزوم تعویض آنها کنند. از این دیدگاه، اهمیت بحث بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین گازی روشن می‌گردد. در این راستا بکارگیری تست‌های غیرمخرب بعنوان نیروی محرکه‌ای جهت بهینه کردن کارکرد نیروگاه‌ها و به حداقل رساندن ریسک آسیب‌های ضمن سرویس الزامی است.

بازرسی چشمی و تست مایعات نافذ فلورسنت، و... روش‌های غیرمخرب معمول هستند که بر روی پره‌ها انجام می‌شوند. این آزمایشات ضروری بوده و در زمان اورهال توربین برای رد یا قبول قطعات انجام می‌گردند ولی اطلاعات کمی درباره آسیب‌های وارده به قطعه بدست می‌دهند. علاوه بر این روش‌های فوق اغلب فقط قادر به تشخیص عیوب بحرانی سطح قطعه می‌باشند؛ در صورتی که در برخی قطعات، مانند پره‌های گردان ردیف اول GE Frame 6، شکست معمولاً از مسیرهای خنک کننده داخلی شروع می‌شود. اخیراً تلاش‌هایی برای ارزیابی روش‌های غیرمعمول NDE و استفاده از آنها برای تخمین عمر اجزای توربین‌های گازی انجام شده است. هدف از بکارگیری روش‌های نوین غلبه بر محدودیت‌های روش‌های موجود و افزایش دقت و سرعت بازرسی و عیب‌یابی قطعات داغ توربین‌های گازی است.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین روش‌های نوین بازرسی و عیب‌یابی اجزای توربین گاز
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش ارزیابی فنی-اقتصادی مربوط به بکارگیری تجهیزات و روش‌های نوین
- گزارش اولویت‌بندی تجهیزات به همراه ریز مشخصات فنی هر تجهیز

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه خواجه نصیر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه شیراز

تهیه نرم افزار ثبت سوابق بهره برداری، بازسازی و ارزیابی قطعات دما بالای نیروگاه های گازی

قطعات داغ توربین های مختلف از نظر شکل، آلیاژ بکار رفته، نوع پوشش و شرایط کاری فرض شده در طراحی اولیه با همدیگر متفاوتند فلذا استاندارد بین المللی در رابطه با شکل، ابعاد، خواص مکانیکی، ترکیب شیمیایی و خواص متالورژیکی آنها وجود ندارد و هر کدام از سازندگان توربین بسته به طراحی توربین خود، طرح، آلیاژ و پوشش خاصی را برای قطعات مذکور در نظر می گیرند. بنابراین مشخصات، ویژگی ها یا شناسنامه فنی هر قطعه باید توسط سازندگان توربین ارائه شود. مشخصات ارائه شده توسط سازنده بعنوان معیار ارزیابی قطعات ساخته شده یا خریداری شده مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر موارد فوق، قطعات مختلف نصب شده در توربین های مختلف در معرض شرایط بهره برداری متفاوتی قرار داشته و یا پروسه های متفاوتی را ضمن بازسازی تجربه نموده اند. با توجه به اینکه در بحث تخمین عمر قطعات داغ علاوه بر شناسنامه اولیه هر قطعه، جزئیات دقیقی از شرایط بهره برداری و بازسازی های صورت گرفته روی قطعات مورد نیاز است. لذا هدف از اجرای این پروژه تهیه نرم افزار جامع و کاملی درخصوص نیروگاه های گازی کشور است که این نرم افزار امکان ثبت کلیه سوابق تمامی قطعات داغ بکار رفته در نیروگاه های گازی مختلف را با یک رویه ثابت فراهم می سازد تا بر این اساس امکان استفاده از اطلاعات ثبت شده در نرم افزار مذکور در ارزیابی قطعات داغ فراهم گردد.

شاخص های این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تهیه نرم افزار ثبت سوابق بهره برداری، بازسازی و ارزیابی قطعات دما بالای نیروگاه های گازی
- اصل نرم افزار ثبت سوابق بهره برداری، بازسازی و ارزیابی قطعات دما بالای نیروگاه های گازی
- راهنمای بکارگیری نرم افزار

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، دفتر فنی تولید توانیر

تهیه نرم افزار ثبت سوابق بهره برداری، ارزیابی و تعمیرات قطعات دما بالای نیروگاه های بخاری

پیش بینی عمر باقیمانده اجزای نیروگاه های بخاری در صنعت تولید برق در سال های اخیر اهمیت زیادی یافته است. این اجزا باید برای صرفه جویی در هزینه ها، در محدوده طراحی خود کار کنند، و از طرف دیگر نیروگاه ها باید در سطح بالایی از اطمینان قرار داشته باشند. به این منظور لازم است عمر باقیمانده قطعات بصورت هر چه دقیقتر توسط روش های موجود (بازرسی های مخرب و غیرمخرب، فرمول های محاسباتی و نرم افزارهای شبیه سازی رایانه ای) تعیین گردد. عواملی که باعث اهمیت تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه های بخاری می شوند عبارتند از:

- جلوگیری از تعمیرات و بازرسی بی مورد و رد شدن قطعات سالم
- حصول اطمینان از شرایط قطعات مختلف تخمین زمان بازرسی بعدی
- افزایش اطمینان در باره چگونگی کارکرد اجزای مختلف
- جلوگیری از تعمیرات، بازرسی و نصب قطعاتی با طول عمر کم و کاهش تخریب وارده به دیگر قسمت ها
- استفاده از قطعاتی با طول عمر باقیمانده مناسب که در حین تعمیرات اساسی به سبب احتیاط بیش از حد کنار گذاشته شده و بلا استفاده می گردند.

برای ارزیابی عمر قطعات داغ علاوه بر انجام یکسری آزمایشات و تحلیل نتایج آنها، دسترسی به اطلاعاتی از قبیل شرایط بهره برداری و تاریخچه بهره برداری، ارزیابی ها و تعمیرات صورت گرفته روی هر جزء مورد نیاز است تا بر این اساس امکان تخمین عمر باقیمانده قطعات مختلف فراهم گردد. هدف از اجرای این پروژه تهیه نرم افزاری کاربردی در ثبت سوابق بهره برداری، ارزیابی های به عمل آمده روی هر قطعه و تعمیرات کلیه قطعات دما بالای نیروگاه های بخاری مختلف با یک رویه یکسان است.

شاخص های این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تهیه نرم افزار ثبت سوابق بهره برداری، ارزیابی و تعمیرات قطعات دما بالای نیروگاه های بخاری
- اصل نرم افزار ثبت سوابق بهره برداری، ارزیابی و تعمیرات قطعات دما بالای نیروگاه های بخاری
- راهنمای بکارگیری نرم افزار

مجریان پیشنهادی:



۱۳۴

سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ویرایش اول، شهریور ۱۳۹۴

فاز ۵: برنامه تحلیلی و تهیه رهنگاشت

پژوهشگاه نیرو، دفتر فنی تولید توانیر

تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های توربین بخار بر مبنای روش‌های محاسباتی با تاکید بر روابط

تجربی حاکم بر خزش، خستگی و...

کار پره‌های توربین بخار، تبدیل انرژی بخار به انرژی مکانیکی است. پره‌ها برای طول عمری ۳۰ ساله یا بیشتر، طراحی می‌شوند. در سیستم طراحی پره‌ها باید خواص ماده، نیازهای مورد نظر از حیث کارکرد و محیط اطراف، در نظر گرفته شود. تفاوت‌های زیادی در پارامترهای مهم طراحی پره‌های کوتاه ردیف اول و پره‌های بلند ردیف آخر وجود دارد. پره‌های توربین‌های بخار از فولادهایی با مقادیر متفاوت عناصر آلیاژی ساخته شده‌اند. خستگی، خزش، خوردگی و شکست ترد مهم‌ترین مکانیزم‌های زوال پره‌های توربین هستند. در توربین‌های LP مهم‌ترین مشکل پره‌ها، خستگی ناشی از خوردگی بدلیل ناخالصی‌های کندانس شده از بخار است. به عنوان نمونه در منطقه LP توربین، خصوصاً نزدیک ردیف‌های آخر، مشکلات مربوط به خوردگی دما پایین مثل خستگی خوردگی و SCC مهم‌ترین مشکلات محسوب می‌شوند. درحالی‌که در توربین‌هایی با فشار بالاتر مکانیزم‌های تخریبی متفاوتی حاکم است. با توجه به مکانیزم‌های آسیب مطرح شده و در نتیجه محدودیت عمر پره‌ها، لزوم فعالیت در زمینه تخمین عمر پره‌ها روشن می‌گردد. از طرفی مشکلات مربوط به تامین پره‌ها و زمانبر بودن آن این اهمیت را دو چندان می‌کند. بر این اساس در نظر است تا در پروژه حاضر اقدامات لازم درخصوص تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات صورت گیرد. هدف از اجرای این پروژه بکارگیری روش‌های محاسباتی با تاکید بر روابط تجربی حاکم بر خزش، خستگی و ... می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های توربین بخار بر مبنای روش‌های محاسباتی با تاکید بر روابط

تجربی حاکم بر خزش، خستگی و...

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه شهید عباسپور، دانشگاه زنجان

تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختارهای بینیتی و مارتنزیتی ایجاد شده در پره‌های توربین بخار به همراه

تحلیل تغییرات ریزساختاری و ارتباط هر یک با کسر عمر سپری شده

پره‌های توربین بخار بر حسب موقعیت قرارگیری، در معرض آسیب‌های متفاوتی از قبیل خزش، خوردگی، خستگی و... قرار دارند. آسیب‌های وارده منجر به تخریب پرها می‌شوند. لذا لازم است برنامه‌ریزی لازم جهت تعمیر و یا تعویض آنها صورت گیرد. گرچه برای قطعاتی که در معرض شرایط دشوار کارکرد قرار دارند عمر کاری تعریف شده است ولی به دلیل تفاوت در شرایط پیش‌بینی شده با شرایط واقعی کارکرد، اغلب عمر واقعی قطعات دما بالا ممکن است بسیار متفاوت با عمر طراحی باشد (بطور مثال یک قطعه که در دمای ۵۴۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۴۰ سال کار می‌کند اگر در دمای ۵۶۵ درجه سانتیگراد کار کند، عمری معادل ۵/۷ سال دارد. بر این اساس انجام آزمایشات لازم جهت تعیین وضعیت پره‌های توربین بخار الزامی است. در این راستا یکی از روش‌های موثر و کارآمد تخمین عمر، انجام بررسی‌های ریزساختاری مربوط به این اجزا است. هدف از اجرای این پروژه نیز دستیابی به دانش فنی لازم جهت تحلیل ریزساختارهای بینیتی و مارتنزیتی ایجاد شده در پره‌های توربین بخار است تا بدین وسیله امکان برقراری ارتباط بین تغییرات حادث شده در پرها و کسر عمر سپری شده آنها فراهم گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تحلیل ریزساختارهای بینیتی و مارتنزیتی ایجاد شده در پره‌های توربین بخار به همراه تحلیل تغییرات ریزساختاری و ارتباط هر یک با کسر عمر سپری شده
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو، متالورژی رازی

تهیه نرم افزار تخمین عمر پره های توربین بخار

کار پره های توربین، تبدیل انرژی بخار به انرژی مکانیکی است. پره ها برای طول عمری ۳۰ ساله یا بیشتر، طراحی می شوند. در سیستم طراحی پره ها باید خواص ماده، نیازهای مورد نظر از حیث کارکرد و محیط اطراف، در نظر گرفته شود. تفاوت های زیادی در پارامترهای مهم طراحی پره های مختلف و مکانیزم های تخریبی آنها وجود دارد به عنوان مثال در توربین های LP مهم ترین مشکل پره ها، خستگی ناشی از خوردگی بدلیل ناخالصی های کندانس شده از بخار است درحالی که در توربین های با فشار بالا مکانیزم های متفاوتی حاکم است. در توربین های HP/IP در دمای بالا کاهش استحکام و سختی در پره ها مشاهده شده است. اما در ناحیه دمای پایین و متوسط اثری از زوال ناشی از پیر شدن بچشم نمی خورد. نکته مهم در مورد پره های توربین بخار شکست پره ها در ردیف آخر و یا ماقبل آخر توربین کم فشار بر اثر خستگی خوردگی می باشد. درحالی که مکانیزم های شکست مربوط به پره ها در توربین های LP و IP خزش، خستگی با سیکل زیاد و تردی بازگشتی زیاد می باشد.

با توجه به مکانیزم های تخریبی حاکم بر پره ها و در نتیجه عمر محدود آنها، لازم است اقداماتی جهت تخمین عمر آنها صورت گیرد. در راستای کاهش هزینه و زمان ارزیابی و با استفاده از تلفیق روش های مختلف تخمین عمر نرم افزار تخمین عمر براساس جدیدترین متدهای تخمین عمر تدوین خواهد شد این نرم افزار با دقت مناسب توانایی ارزیابی عمر باقیمانده اجزای توربین بخار را دارا می باشد. با بکارگیری چنین نرم افزاری از یک محیط هوشمند بهره مند می شویم که توانایی انجام محاسبات مربوط را داشته و دارای اطلاعات کاملی در مورد خواص و مواد و ویژگی های اجزاء است.

شاخص های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش تهیه نرم افزار تخمین عمر پره های توربین بخار
- نرم افزار مربوطه به همراه راهنما
- مستندات مورد استفاده در تهیه نرم افزار

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه صنعتی شریف، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران

بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری

بویلر و توربین بخش‌هایی از نیروگاه بخاری هستند که اجزای مختلف آنها به دلیل کارکرد در شرایط دشوار، همواره در معرض تخریب قرار دارند فلذا دارای عمر محدودی می‌باشند و نیاز به ارزیابی وضعیت در آنها کاملاً محسوس می‌باشد. برنامه‌بازرسی اجزای مختلف بویلر به فاکتورهای فراوانی از جمله نوع طراحی بویلر، دما و فشار طراحی، جنس مواد بکار گرفته شده در قسمت‌های مختلف، نوع سوخت، تاریخچه و شرایط کاری، بستگی دارد ولی در اغلب بویلرها، صرفنظر از فاکتورهای نامبرده معمولاً ارزیابی به اجزاء بحرانی آن محدود می‌شود. اجزای بحرانی، اجزایی از سیستم هستند که در شرایط کاری سخت‌تری قرار دارند. در بویلرها عموماً اجزاء بحرانی شامل اجزایی است که تخریب آنها مستقیماً کارکرد بویلر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این اجزاء عبارتند از: درام، هدرها، تیوب‌ها (شامل تیوب‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر، واتروال، اکونومایزر)، لوله‌ها شامل لوله‌های بخار و لوله‌های آب تغذیه بویلر و دی‌اریتور. در توربین بخار نیز چندین جزء وجود دارند که بدلیل بحرانی بودن و شرایط سخت کاری مورد بازبینی قرار می‌گیرند. این اجزاء عبارتند از روتورهای HP/IP، روتور LP، پوسته، والوها و جعبه‌های بخار، پره‌ها، دیافراگم و جعبه‌های نازل. روش‌های متعدد و متنوع جدیدی با کارایی بالا برای بازرسی اجزای مذکور در نیروگاه‌های بخاری توسعه یافته‌اند. هدف از این پروژه نیز شناسایی و بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات نیروگاه‌های بخاری است. تا بر این اساس با بکارگیری تجهیزات نوین دقت و سرعت بازرسی‌ها افزایش یابد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به شناسایی تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات نیروگاه‌های بخاری
- گزارش ارزیابی فنی-اقتصادی تجهیزات و انتخاب تجهیزات
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه خواجه نصیر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه علوم تحقیقات

پایش فناوریهای نوین تخمین عمر مخرب و غیرمخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر

در نیروگاه‌های بخار، واتروال‌ها و اکونومایزر از اجزایی هستند که لازم است نسبت به ارزیابی وضعیت آنها اقدام شود. در حال حاضر نیز با استفاده از روش‌های متداول بازرسی و تخمین عمر صورت می‌گیرد. در واقع ارزیابی‌های اجزاء نامبرده به این منظور انجام می‌گیرد که از تخریب زودرس و نابهنگام آنها جلوگیری بعمل آید. بطور کلی آسیب‌های مختلفی در نتیجه شرایط کاری متفاوت در اجزاء نیروگاه‌های بخاری اتفاق می‌افتد. انواع دستگاه‌های بازرسی و تکنیک‌های مختلف تخمین عمر مخرب و غیرمخرب طی سالیان متمادی تکامل یافته‌اند و روش‌های جدیدی نیز همواره در حال توسعه هستند تا با فرآیندهای مختلف، سالم و بی‌نقص و قابل اعتماد بودن قطعات و سیستم‌ها را بررسی کنند. آزمون‌های غیرمخرب (NDT) بطور گسترده‌ای برای بازرسی‌های روزانه، نگهداری و کنترل کیفیت قطعات مختلف در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند و قسمتی از برنامه‌های عادی بازرسی قطعات برای سرویس و نگهداری هستند. اعتبار هر روش آزمون غیرمخرب سنجشی از کارائی آن روش درباره آشکارسازی نوع، شکل، اندازه و موقعیت عیوب است. در کنار آن روش‌های مخرب تخمین عمر نیز توسعه یافته‌اند. روش‌هایی که با دقت مناسب قادر به تعیین وضعیت اجزا می‌باشند.

هدف از پروژه حاضر پایش فناوری‌های نوین تخمین عمر مخرب و غیرمخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر بویلرهای نیروگاهی است تا بر این اساس امکان تخمین عمر این اجزا با سرعت و دقت بالاتری فراهم گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به پایش فناوری‌های نوین تخمین عمر مخرب و غیرمخرب لوله‌های واتروال و اکونومایزر
- گزارش ارزیابی فنی-اقتصادی تجهیزات
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه تربیت مدرس

پایش فناوری‌های نوین تخمین عمر لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی

در میان تجهیزات مختلف نیروگاه‌های بخاری، تخریب تجهیزاتی که در دما و فشار بالا کار می‌کنند، از جمله معضلات همیشگی بوده است. جنس قطعه، ابعاد و شرایط کارکرد آن، تعیین کننده مکانیزم تخریبی حاکم بر هر قطعه می‌باشد. لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر از جمله مهم‌ترین تجهیزاتی هستند که در معرض دما و فشار بالا قرار دارند. این قطعات در شرایط دمای بالا و تحت تنش، در مدت کار تحت اثر مکانیزم‌های خوردگی، سایش، اکسیداسیون، خستگی و عمدتاً خزش قرار دارند. با توجه به شرایط دشوار کاری، شناسایی روش‌های نوین تخمین عمر این اجزا از اهمیت بسزایی برخوردار است چراکه کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، کاهش ریسک تخریب در حین کار از اهداف برنامه‌ریزان صنایع نیروگاهی است. در حال حاضر روش‌های متداول قدیمی جهت تخمین عمر لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا هدف از اجرای این پروژه دستیابی به روش‌های نوینی است که براساس آنها امکان تخمین عمر اجزای مذکور با دقت و سرعت بیشتری میسر گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به پایش فناوری‌های نوین تخمین عمر لوله‌های سوپرهیتر و ری‌هیتر با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی
- گزارش ارزیابی فنی-اقتصادی و اولویت‌بندی روش‌ها و تجهیزات
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه خواجه نصیر، دانشگاه زنجان

بررسی تاثیر زوال پوششها بر عمر پرهها

توربینهای گازی دارای شرایط کاری سخت می‌باشند و قطعاتی نظیر پره‌های توربین باید در درجه حرارت‌های بالا استحکام مناسبی داشته باشند. همچنین به دلیل اتمسفر شدیداً اکسیدکننده و خورنده توربین‌ها، قطعات مختلف توربین بویژه پره‌ها باید مقاومت بالایی در برابر خوردگی داغ و اکسیداسیون داشته باشند. تاکنون آلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت بهترین آلیاژها برای ساخت قطعات توربین بوده‌اند اما حتی با بهینه کردن ترکیب شیمیایی سوپرآلیاژها امکان دستیابی به کلیه خواص مطلوب فوق وجود ندارد و همواره پره‌های توربین‌های گازی به جهت شرایط ویژه بکارگیری آنها، تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر خوردگی داغ، اکسیداسیون، سایش، برخورد ذرات خارجی، و غیره، تخریب گردیده و به جهت کاهش عمر کاری آنها، راندمان توربین کاهش یافته و در نهایت موجب هزینه‌های سنگینی جهت تعمیرات دوره‌ای و جایگزینی پره‌های جدید می‌گردد. در این خصوص به نظر می‌رسد بهترین روش جهت جلوگیری از خوردگی و اکسیداسیون، استفاده از پوشش‌های محافظ باشد. امروزه پوشش‌ها جزء جدایی‌ناپذیر قطعات توربین شده‌اند و استفاده از آنها نه تنها به دلیل افزایش مقاومت به خوردگی عمر مفید قطعه را افزایش می‌دهد بلکه می‌تواند موجب بهبود راندمان توربین گردد. با اینحال پوشش‌های مورد استفاده نیز در معرض آسیب‌های مختلفی قرار داشته و به مرور زمان دچار زوال می‌شوند. تخریب ایجاد شده در پوشش باعث آسیب رساندن به زمینه سوپرآلیاژ و تخریب آن می‌گردد. هدف از اجرای این پروژه بررسی تاثیر زوال پوشش‌ها بر عمر پره‌هاست.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به بررسی تاثیر زوال پوشش‌ها بر عمر پره‌ها
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت پرتو، دانشگاه شیراز

تدوین دانش فنی تعیین عمر پوشش‌های بکار رفته در پره‌های توربین گاز

قطعات مورد استفاده در توربین‌های گازی خصوصاً پره‌ها که در تماس مستقیم با گازهای داغ هستند در اثر عوامل تخریبی مختلفی از جمله سوخت مورد استفاده، شوک‌های حرارتی و شرایط محیطی آسیب می‌بینند. آسیب‌های وارده بصورت کاهش ضخامت و تضعیف فلز پایه بدلیل خوردگی داغ، اکسیداسیون، فرسایش و پوسته شدن و یا افت خواص مکانیکی بروز می‌کند. با توجه به اینکه بهبود استحکام و بهینه نمودن حفاظت محیطی قطعه در دمای بالا بطور همزمان قابل دستیابی نمی‌باشند لازم است که علاوه بر انتخاب و بکارگیری آلیاژهای مناسبی که توان تحمل شرایط دشوار دمایی و تنش‌ی اعمال شده بر پره‌ها را داشته باشد از پوشش‌های محافظ مناسب استفاده شود. در واقع استفاده از پوشش‌های محافظ برای پره‌های توربین‌های گازی برای افزایش مقاومت آنها در برابر خوردگی و اکسیداسیون لازم و ضروری می‌باشد. از طرفی با توجه به محدودیت در ساخت آلیاژهای با استحکام مکانیکی بالای توام با مقاومت به خوردگی داغ و اکسیداسیون بالا برای پره‌های توربین‌های گازی و نیز محدودیت استفاده از تکنولوژی خنک کردن پره جهت کاهش دمای آن، استفاده از پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی و اکسیداسیون بر روی پره‌های توربین‌های گازی امری لازم و ضروری می‌باشد.

پوشش‌های بکار رفته در پره‌های توربین گاز معرض تخریب می‌باشند و دارای عمر محدودی هستند. از اینرو لازم است که ضمن شناسایی مکانیزم‌های مختلف آسیب پوشش‌ها، تجهیزات لازم و تجهیزات نوین برای ارزیابی وضعیت پوشش‌ها شناسایی شوند. انواع آزمایشات لازم برای بررسی پوشش‌ها و روند تحلیل آزمایشات مختلف و در نهایت فلوچارت کاری تخمین عمر پوشش‌های بکار رفته در قطعات داغ مشخص گردد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تعیین عمر پوشش‌های بکار رفته در پره‌های توربین گاز
- ارزیابی فنی-اقتصادی تجهیزات مختلف برای تخمین عمر پوشش‌ها
- تامین و بکارگیری تجهیزات منتخب
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:



۱۴۳

سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

ویرایش اول، شهریور ۱۳۹۴

فاز ۵: برنامه تحلیلی و تهیه رهنماشت

پرتو

بررسی تاثیر نوع پوشش بر عمر پره‌ها

پره‌های توربین‌های گازی بسته به شرایط کاری همواره در معرض بارهای ترمومکانیکی و محیط‌های خوردنده قرار دارند. استفاده از پوشش‌های محافظ برای پره‌های متحرک توربین‌های گازی برای افزایش مقاومت آنها در برابر خوردگی و اکسیداسیون، لازم و ضروری می‌باشد. توسعه پوشش‌های پره‌های توربین‌های گازی موجب ایجاد انواع پوشش‌ها گردیده است که شامل پوشش‌های نفوذی، پوشش‌های روکشی MCrAlY و پوشش‌های سرامیکی سد حرارتی TBC می‌باشند. شرایط کاری توربین‌های گازی، نوع و ترکیب سوخت، آلاینده‌های هوای ورودی، طراحی توربین و ... نقش مهمی در انتخاب پوشش‌های محافظ برای پره‌های توربین‌های گازی دارند. به هر حال اثر حفاظتی پوشش موقعی آشکار خواهد گردید که هم از لحاظ طراحی پره و هم از لحاظ شرایط بهره‌برداری توربین، پوشش مناسبی انتخاب گردد. در این پروژه، انواع پوشش‌های پره‌های متحرک توربین‌های گازی و تاثیر انواع پوشش‌های مورد استفاده در پره‌ها بر روند تخریب پره‌ها و عمر آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به بررسی تاثیر نوع پوشش بر عمر پره‌ها و تعیین پوشش مناسب برای پره‌هایی در شرایط کارکرد متفاوت (با در نظر گرفتن تکنیک‌های جدید پوشش‌دهی و پوشش‌های توسعه یافته‌ی نوین)
- اصل پکیج منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه مالک اشتر

مانیتورینگ پره‌های توربین گاز

توربین‌های گازی امروزه بطور گسترده بنابر دلایل متعددی در صنایع مختلف نظیر نفت و گاز، تولید نیرو، صنایع هوایی و غیره استفاده می‌شوند. سرعت بالا، زمان کم در راه‌اندازی و نسبت وزن به توان کم از جمله دلایل اصلی بکارگیری این ماشین‌ها محسوب می‌شوند. در صنایع نیروگاهی ایران نیز توربین‌های گازی در تولید از نقش چشمگیری برخوردار هستند. امروزه توربین‌های گازی به تنهایی و یا در مجاورت توربین‌های بخاری (سیکل ترکیبی) از نقش بالایی در تولید انرژی برخوردار هستند.

با وجود همه مزایای بالای بکارگیری توربین‌های گازی، استفاده از آنها در دما و دور بالا سبب پیدایش مشکلات بسیاری شده و هزینه تعمیرات زیادی را ایجاد می‌کند. در بین اجزای مختلف توربین‌های گازی، پره‌ها به دلیل قرارگیری در شرایط دشوار کاری، در معرض آسیب‌های مختلفی قرار داشته و تخریب آنها می‌تواند منجر به توقف واحد گردد. بدین منظور اطلاع از وضعیت پره‌ها جهت تصمیم‌گیری‌های به موقع برای تعویض، تعمیر و یا تغییر شرایط کاری آنها حائز اهمیت است و نگهداری پره‌های توربین از دیرباز از جمله مسائل مهم در صنعت بوده است. عدم توجه به وضعیت پره‌ها باعث تحمیل هزینه‌های فراوانی خواهد شد که هزینه‌های مربوطه از دو بخش تشکیل می‌شود. بخشی از این هزینه‌ها مربوط به تجهیزات مورد نیاز، لوازم تعویض شده و نیروی کار مربوطه می‌باشد. اما بخش دیگر که اغلب به آن توجه چندانی نمی‌شود، هزینه مربوط به عدم تولید می‌باشد. در دوره تعمیرات به علت متوقف شدن واحد، تولید متوقف شده توقف در تولید درصد زیادی از هزینه نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها را شامل می‌شود. این مسأله در مواردیکه توقف واحد به طور پیش‌بینی نشده رخ می‌دهد، هزینه بیشتری به واحد تحمیل می‌کند. به منظور کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات که می‌تواند منجر به کاهش عمده در کل هزینه‌ها و افزایش قابلیت اعتماد گردد، روش‌های نگهداری به طور پیوسته در حال تغییر و تحول بوده‌اند. هدف عمده از تغییرات ایجادشده در روش‌های قبلی، کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیر، کاهش تعداد دفعات توقف واحد، تامین پایایی شبکه و مشخص کردن و رفع دلیل اصلی ایجاد عیوب در پره‌ها بوده است. در این راستا مونیتورینگ پره‌ها به عنوان یک ابزار قوی برای جلوگیری از بروز خسارات محتمل در پره‌های توربین گاز مطرح می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به بررسی دیدگاه‌های موجود در زمینه مانیتورینگ پرها
- بررسی نقش اطلاعات دریافتی در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی
- برآورد فنی-اقتصادی تجهیزات مورد نیاز
- خرید تجهیزات منتخب
- نصب و راه‌اندازی
- بهره‌برداری از نتایج و تحلیل آنها در یک واحد نیروگاهی

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو

بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های گازی

در میان تجهیزات مختلف نیروگاه‌های گازی، تخریب تجهیزاتی که در دما و فشار بالا کار می‌کنند، از جمله معضلات همیشگی بوده است. جنس قطعه، ابعاد و شرایط کارکرد آن، تعیین کننده مکانیزم تخریبی حاکم بر هر قطعه می‌باشد. اجزای مذکور در مدت کار تحت اثر مکانیزم‌های خوردگی، سایش، اکسیداسیون، خستگی و عمدتاً خزش قرار دارند.

بازرسی اجزاء نامبرده به این منظور انجام می‌گیرد که از شکست زودرس و نابهنگام آنها جلوگیری بعمل آید. انواع دستگاه‌های بازرسی و تکنیک‌های مختلف طی سالیان متمادی تکامل یافته‌اند و روش‌های جدیدی نیز همواره در حال توسعه هستند تا با فرآیندهای مختلف، سالم و بی‌نقص و قابل اعتماد بودن قطعات و سیستم‌ها را بررسی کنند. در این میان آزمون‌های غیرمخرب (NDT) بطور گسترده‌ای برای بازرسی‌های روزانه، نگهداری و کنترل کیفیت قطعات مختلف در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند و قسمتی از برنامه‌های عادی بازرسی قطعات برای سرویس و نگهداری هستند. اعتبار هر روش آزمون غیرمخرب سنجشی از کارآئی آن روش درباره آشکارسازی نوع، شکل، اندازه و موقعیت عیوب است.

نقش بازرسی غیرمخرب این است که با میزان اطمینان معینی تضمین نماید که در زمان بکارگیری قطعه، عیوبی به اندازه بحرانی شکست در قطعه وجود ندارد. همچنین ممکن است لازم باشد که با اطمینان، عدم وجود ترک‌های کوچکتر از حد بحرانی را نیز ضمانت کند. رشد ترک‌های کوچکتر از حد بحرانی به ویژه در مورد قطعاتی که تحت بارهای خستگی قرار دارند و یا در محیط‌های خورنده کار می‌کنند اهمیت دارد، بطوری که اینگونه قطعات، قبل از اینکه شکست ناگهانی در آنها اتفاق بیفتد، حداقل عمر مفید پیش‌بینی شده را طی نمایند.

یکی از فواید روش بکارگیری صحیح آزمون‌های غیرمخرب، تعیین هویت معیوبی است که اگر بدون تشخیص در قطعه باقی بمانند علاوه بر بروز خسارات مالی ممکن است حتی خسارات جانی نیز به همراه داشته باشد. بکارگیری هر یک از سیستم‌های بازرسی متحمل هزینه است اما، اغلب استفاده مؤثر از تکنیک‌های بازرسی مناسب، موجب صرفه‌جویی‌های مالی قابل ملاحظه‌ای خواهد شد. در واقع با بکارگیری مناسب چنین آزمایش‌هایی، علاوه بر اینکه از تخریب قطعات جلوگیری می‌شود، سرعت آزمایش افزایش یافته و هزینه‌های مربوط به انجام آزمایش (در مقایسه با آزمون‌های مخرب) کاهش می‌یابد و بدین ترتیب با اعمال آزمون‌های لازم و بررسی‌های دوره‌ای از تخریب و شکست زودرس قطعات ممانعت بعمل می‌آید.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به ارزیابی تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاه‌های گازی
- برآورد فنی - اقتصادی تجهیزات مورد نیاز
- خرید تجهیزات منتخب
- نصب و راه‌اندازی
- بهره‌برداری از نتایج و تحلیل آنها

مجریان پیشنهادی:

دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه خواجه نصیر

تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌هایی با کریستال‌های جهت‌دار

بطور کلی سوپرآلیاژهای مورد استفاده در پره‌های توربین گاز از لحاظ ساختار دانه‌بندی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

(۱) پلی کریستال

(۲) جهت‌دار (DS)

(۳) تک کریستال (SC)

پره‌های ساخته شده از سوپرآلیاژهایی با دانه‌های جهت‌دار، دارای خواص مکانیکی به مراتب بالاتر از پلی کریستال و کمتر از تک کریستال، می‌باشند.

با توجه به روند رو به گسترش استفاده از انرژی برق استفاده از مولدهای راندمان و توان بالا، از جمله توربین‌های گازی با توجه به منابع سوخت موجود در داخل، در حال افزایش می‌باشد. از طرف دیگر با افزایش راندمان و توان توربین، دمای احتراق و ورودی گاز به توربین افزایش یافته و به تبع آن نیاز به استفاده از آلیاژهای با خواص بالاتر به جای آلیاژهای مرسوم می‌باشد و در توربین‌های کلاس بالا استفاده از پره‌های توربین ساخته شده از کریستال‌های جهت‌دار در حال گسترش می‌باشد.

لذا با توجه به توضیحات فوق و نیاز نیروگاه‌ها به مولدهای گازی پیشرفته و راندمان بالا، کسب دانش فنی در زمینه تخمین

عمر پره‌های ساخته شده از کریستال‌های جهت‌دار لازم و ضروری می‌باشد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های ساخته شده از کریستال‌های جهت‌دار
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

شرکت‌های مپنا

تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های تک کریستال

پره‌های توربین گاز از قطعات مهم مصرفی نیروگاه بوده که به دلیل شرایط کاری حاد در معرض آسیب‌های مختلف قرار دارند. لذا ارزیابی وضعیت آنها پس از مدتی کارکرد، جهت برنامه‌ریزی برای تعمیر، تعویض و یا ادامه کار حائز اهمیت می‌باشد. بطور کلی سوپراآلیاژهای مورد استفاده در پره‌های توربین گاز از لحاظ ساختار دانه‌بندی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۴) پلی کریستال

۵) جهت دار (DS)

۶) تک کریستال (SC)

پره‌های تک کریستال دارای خواص مکانیکی به مراتب بالاتر از دو روش دیگر به خصوص پره‌های پلی کریستال می‌باشد. با توجه به روند رو به گسترش استفاده از انرژی برق استفاده از مولدهای راندمان و توان بالا، از جمله توربین‌های گازی با توجه به منابع سوخت موجود در داخل، در حال افزایش می‌باشد. از طرف دیگر با افزایش راندمان و توان توربین، دمای احتراق و ورودی گاز به توربین افزایش یافته و به تبع آن نیاز به استفاده از آلیاژهای با خواص بالاتر به جای آلیاژهای مرسوم می‌باشد و در توربین‌های کلاس بالا استفاده از پره‌های توربین تک کریستال در حال گسترش می‌باشد.

لذا با توجه به توضیحات فوق و نیاز نیروگاه‌ها به مولدهای گازی پیشرفته و راندمان بالا کسب دانش فنی در زمینه تخمین عمر پره‌های تک کریستال لازم و ضروری می‌باشد. در همین راستا به عنوان نمونه به نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی رود شور با ۸ واحد توربین گازی پیشرفته ۲۶۲/۹ MW، ژیمنس V94.3A می‌توان اشاره کرد که در ساخت پره‌های متحرک و ثابت ردیف‌های اول و دوم آنها از تکنولوژی ریخته‌گری تک کریستال استفاده شده است. علاوه بر آن پیش‌بینی می‌شود در آینده سهم توربین‌های مذکور در تامین انرژی برق در ایران بیشتر شود و به تبع آن تخمین عمر پره‌های آنها بعنوان یکی از قطعات مصرفی و پرهزینه از دغدغه‌های نیروگاه‌های مذکور خواهد بود.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- گزارش مربوط به تدوین دانش فنی تخمین عمر پره‌های تک کریستال
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده
- گزارش نتایج آزمون‌های انجام شده شامل روند انجام آزمایشات و چگونگی تحلیل‌های صورت گرفته

مجریان پیشنهادی:

شرکت‌های مپنا

ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

واحدهای گازی با نصب و راه‌اندازی آسان و سریع و همچنین راندمان بالا (از دیدگاه سیکل ترکیبی)، جایگاهی خاص در تولید برق کشور دارند. از اینرو، در سالهای اخیر، این واحدها بیشترین رشد را در تولید انرژی الکتریکی داشته‌اند. کمپرسور یکی از اجزای اصلی واحدهای گازی است که وظیفه تامین هوای احتراق و خنک‌کاری توربین گاز را بر عهده دارد. فرآیند بدین صورت است که هوا با دما و فشار محیط از کمپرسور وارد شده و با چرخش روتور از سمت دیگر کمپرسور هوای گرم با دما و فشار بالاتر از محیط خارج می‌گردد. شرایط کاری ذکر شده باعث می‌گردد اجزای کمپرسور در حین بهره‌برداری تحت مکانیزم‌های آسیب مختلفی همچون خستگی، خوردگی، سایش، برخورد ذرات خارجی و... قرار گیرند. آسیب‌های وارده منجر به ترک خوردگی، تغییر شکل ایرفویل پره‌ها، تخریب پره‌ها و یا کاهش راندمان کمپرسور می‌شوند. بنابراین، لازم است جهت پیشگیری از حوادث غیرمنتظره اجزای کمپرسور به صورت منظم کنترل گردند. با توجه به اهمیت روتور کمپرسور و مکانیزم‌های تخریبی موجود، لازمست در کنار آزمون‌های غیرمخرب متداول، اقداماتی جهت توسعه بکارگیری روشهای مخرب و محاسباتی ارزیابی روتورهای کمپرسور صورت گیرد.

به منظور ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور، از آنجایی که با بررسی نظرات خبرگان، راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، انتقال فناوری می‌باشد، در ابتدا باید آزمون‌ها و دانش فنی مورد نیاز به منظور توسعه این فناوری در کشور شناسایی گردد. در ادامه، روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال این فناوری به کشور تعیین گردد. سپس، شرکت‌های توانا در زمینه انتقال این فناوری مورد بررسی قرار گیرند و شرکت خارجی مورد نظر به منظور عقد قرارداد همکاری مشخص شوند. هر چند که با توجه به دانش عمومی موجود در این حوزه، از برخی از شرکت‌های توانا در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به عنوان پیشنهاد اولیه برای همکاری فناورانه در این پروژه نام برده شده است. در انتها نیز، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در یک نیروگاه مورد استفاده قرار گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- انتقال فناوری ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت‌های خارجی از جمله Kema و Sulzer

ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی با استفاده از روش مناسب

همکاری‌های خارجی

در طراحی اولیه میزان محدودی از آسیب‌های وارده بر روتور توربین بخار در نظر گرفته شده اما با توجه به اینکه در عمل شرایط واحد با شرایط پیش‌بینی شده در طراحی اولیه مطابقت نمی‌کند، هر واحد بر حسب نحوه بهره‌برداری تاریخچه خاصی دارد؛ به گونه‌ای که در برخی موارد عمر واقعی کمتر از مقدار پیش‌بینی شده است و در موارد دیگر، ممکن است عمر واقعی قطعات بیشتر از عمر اسمی آنها باشد. در این حالت، هنوز امکان بکارگیری اجزا وجود داشته و تعویض آنها از نظر اقتصادی به صرفه نیست. بنابراین، جهت استفاده بهینه از روتورهای توربین بخار در کنار اطمینان از سلامت آنها و پیشگیری از تخریب‌های ناگهانی، نیاز به تدوین دستورالعملی جهت ارزیابی و تخمین عمر اجزای روتور احساس می‌گردد. تاکنون در زمینه تدوین دستورالعمل‌های تخمین عمر اجزای روتور فعالیت تعریف شده‌ای انجام نشده است. با توجه به اهمیت روتورها در توربین لازمست تا اقدامات لازم در خصوص تدوین دانش فنی تخمین عمر این اجزا بر اساس روشهای محاسباتی و غیرمخرب صورت گیرد.

به منظور ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار، از آنجایی که با بررسی نظرات خبرگان، راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، انتقال فناوری می‌باشد، در ابتدا باید آزمون‌ها و دانش فنی مورد نیاز به منظور توسعه این فناوری در کشور شناسایی گردد. در ادامه، روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال این فناوری به کشور تعیین گردد. سپس، شرکت‌های توانا در زمینه انتقال این فناوری مورد بررسی قرار گیرند و شرکت خارجی مورد نظر به منظور عقد قرارداد همکاری مشخص شوند. هر چند که با توجه به دانش عمومی موجود در این حوزه، از برخی از شرکت‌های توانا در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به عنوان پیشنهاد اولیه برای همکاری فناورانه در این پروژه نام برده شده است. در انتها نیز، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در یک نیروگاه مورد استفاده قرار گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- انتقال فناوری ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی

- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت‌های خارجی از جمله SIEMENSE

ارزیابی وضعیت پمپ‌ها به روش غیرمخرب با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

پمپ‌های پیچی نوع خاصی از پمپ‌های روتاری هستند که سیال از میان اجزای پمپ به صورت محوری حرکت می‌کند. مایع از میان دنده‌های مارپیچ روتور عبور کرده و به طور محوری توسط همین دنده‌ها جا به جا می‌شود. پمپ پیچی می‌تواند مایعاتی با ویسکوزیته‌های مختلف را جا به جا کند. همچنین، دامنه فشار گسترده‌ای را تامین می‌کند. در پمپ‌های پیچی سیال به صورت محوری و با سرعت کم جریان می‌یابد و همین خاصیت دامنه کاربرد این نوع پمپ را وسعت می‌بخشد. پمپ‌های پیچی علاوه بر توربین‌ها در زمینه‌هایی همچون صنایع دریایی، صنایع سوخت، سرویس‌های روغن کاری، پروسه‌های شیمیایی، صنایع نفت، سیستم‌های هیدرولیک پر فشار، ماشین‌های ابزار و ... دامنه کاربرد وسیعی دارند. با توجه به اینکه پمپ‌های مذکور در معرض خوردگی و خستگی قرار دارند، لازمست تمهیدات لازم جهت ارزیابی وضعیت آنها در نظر گرفته شود.

به منظور ارزیابی وضعیت پمپ‌ها، از آنجایی که با بررسی نظرات خبرگان، راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، انتقال فناوری می‌باشد، در ابتدا باید آزمون‌ها و دانش فنی مورد نیاز به منظور توسعه این فناوری در کشور شناسایی گردد. در ادامه، روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال این فناوری به کشور تعیین گردد. سپس، شرکت‌های توانا در زمینه انتقال این فناوری مورد بررسی قرار گیرند و شرکت خارجی مورد نظر به منظور عقد قرارداد همکاری مشخص شوند. هر چند که با توجه به دانش عمومی موجود در این حوزه، از برخی از شرکت‌های توانا در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت پمپ‌ها به عنوان پیشنهاد اولیه برای همکاری فناورانه در این پروژه نام برده شده است. در انتها نیز، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در یک نیروگاه مورد استفاده قرار گیرد.

شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- انتقال فناوری ارزیابی وضعیت پمپ‌ها به روش غیرمخرب
- پکیج مستندات و منابع مورد استفاده

مجریان پیشنهادی:

شرکت‌های خارجی از جمله Intertech

تجهیز و تکمیل آزمایشگاههای مرتبط با طرح و ایجاد شبکه آزمایشگاهی

روشهای مختلفی برای تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی وجود دارد. روشهای مبتنی بر انجام آزمایشات مخرب و غیر مخرب از متداولترین روشهای تخمین عمر است. با در نظر داشتن شرایط کارکرد اجزای مختلف و مکانیزمهای تخریبی حاکم بر هر قسمت، انجام یکسری آزمایشات جهت ارزیابی وضعیت و تخمین عمر هر بخش توصیه می شود. در واقع یکی از گامهای اساسی تخمین عمر اجزای نیروگاههای حرارتی، انجام موفقیت آمیز آزمایشهای مورد نیاز است. در تمام نقاط دنیا نیز شرکتهای فعال در این زمینه با بهره گیری از آزمایشگاههای مجهز قادر به تخمین عمر اجزای نیروگاهی می باشند. لذا یکی از اساسی ترین فعالیتهای لازم جهت محقق ساختن اهداف در نظر گرفته شده در سند تخمین عمر، راه اندازی و تجهیز آزمایشگاه مرتبط با این طرح می باشد

شاخص های مورد نیاز برای ارزیابی این پروژه عبارتند از:

- تجهیز و تکمیل آزمایشگاههای مرتبط با طرح و ایجاد شبکه آزمایشگاهی

مجریان پیشنهادی:

پژوهشگاه نیرو

پیوست ج:

معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی

توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده

قطعات داغ نیروگاهی

وزارت نیرو

وزارت نیرو یکی از مهمترین وزارتخانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارتخانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارتخانه‌ها است. اهمیت تامین و توزیع آب و برق با کیفیت مطلوب که از حیاتی‌ترین نیازهای جامعه است، مهمترین هدف این وزارتخانه محسوب می‌شود. اما می‌توان مهم‌ترین اهداف وزارت نیرو را به شرح زیر در چند محور ذکر کرد:

- حفاظت، نگهداری، بهره‌برداری و بهبود کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.
 - رضایت و اقناع مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.
 - بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.
 - تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان
 - دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده
- وظایف و مأموریت‌های این وزارتخانه در بخش برق شامل موارد زیر می‌باشد:
- سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستاهای سراسر کشور
 - بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها، سیاست‌ها، برنامه‌ها، قوانین و آیین‌نامه‌های صنعت برق و تعرفه‌های بهای مصرف و اشتراک برق به طور سالیانه جهت ارائه به دولت و مجلس و اجرای آن‌ها
 - برنامه‌ریزی جهت انجام طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با فعالیت شرکت و هماهنگی و برنامه‌ریزی آموزشی به منظور ارتقاء سطح علمی کارکنان صنعت برق کشور
 - جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و ایجاد زمینه‌های لازم برای مشارکت بخش خصوصی در اجرای طرح‌های تولید و انتقال برق در سراسر کشور
 - عضویت در کمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به منظور استاندارد کردن و ارتقاء فعالیت‌های صنعت برق کشور
 - هدفمند کردن میزان مصرف برق و یارانه‌ها برابر استانداردهای جهانی

- سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

✚ معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)

وظایف حاکمیتی بخش انرژی:

- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه صیانت و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی کشور
- برنامه‌ریزی کلان انرژی کشور به منظور حصول اطمینان از تأمین و عرضه انرژی مورد نیاز بخش‌های گوناگون
- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای شناسایی و در اختیار گرفتن انرژی‌های دست نیافته (انرژی‌های نو) و حمایت و ترویج کاربرد آن
- نظارت بر نحوه استفاده از انواع انرژی به منظور رعایت رفاه مردم و حفظ منابع انرژی کشور
- تعیین الگوی مصرف انواع انرژی با رعایت مصالح کشور و حفظ حقوق مردم
- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی به منظور مدیریت مصرف انرژی
- تدوین استانداردها و مقررات لازم برای تولید، مصرف و تبدیل انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی و اجتماعی
- حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در بخش انرژی
- تولید آمار و اطلاعات پایه بخش انرژی و تسهیل دسترسی به آن‌ها
- برنامه‌ریزی برای اصلاح ساختار مصرف انرژی و اعطای تسهیلات مالی و فنی لازم در بخش انرژی
- حذف انحصار، ایجاد و توسعه رقابت و حمایت از بخش غیردولتی برای مشارکت در فعالیت‌های بخش انرژی با هدف افزایش کارایی و حفظ حقوق مردم
- تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین مرتبط با بخش انرژی
- تعیین نرخ انواع انرژی
- کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه
- ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

وظایف حاکمیتی بخش برق :

- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان و نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه در حد حصول اطمینان از تامین برق مورد نیاز
- تصویب و ابلاغ استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای تنظیم اثرات خارجی صنعت و رعایت حقوق مشترکین و مصالح جامعه و نظارت بر اجرای آن‌ها در زمینه‌های فنی، زیست محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین
- کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه‌ها
- تصویب تعرفه‌های فروش برق
- تهیه و تصویب مقررات و آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ناظر بر روابط شرکت‌های فعال در بازار برق و نظارت بر اجرای آن‌ها
- ایجاد و توسعه رقابت بر آن بخش از امور صنعت برق که امکان رقابت در آن‌ها وجود دارد
- تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در صنعت برق
- تسهیل دسترسی عمومی به آمار و اطلاعات صنعت برق
- نظارت بر اجرای قوانین و برنامه‌ریزی برای تحقق سیاست‌های مصوب کشور در رابطه با صنعت برق و تامین هزینه اجرای سیاست‌ها و طرح‌های غیراقتصادی از دید بنگاه برق
- حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در صنعت برق
- ظرفیت‌سازی و حمایت از صنایع داخلی
- تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین و مقررات مرتبط
- ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

دستر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی

وزارت نیرو)

در معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتری تحت عنوان دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی برق و انرژی شکل گرفته است که با رویکرد حاکمیتی و با بهره گیری از دستاوردهای گذشته، به این مهم پردازد. بطور کلی نتایج نهایی فعالیت های صنعت برق از طریق کارآمدی و اثربخشی کوتاه مدت، میان مدت و درازمدت آشکار می شود و جامعه و مسئولین آن را از دو طریق درک می نمایند:

- تاثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم
- تاثیرگذاری مثبت بر توسعه پایدار ملی

برای دستیابی به این نتایج، امور برق و انرژی وزارت نیرو در موارد زیر بر صنعت برق و تعاملات آن نظارت عالییه داشته و اعمال حاکمیت می نماید:

- حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق
- حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور
- بهره وری بخش عرضه برق
- مدیریت تقاضای برق
- تعاملات صنعت برق با محیط زیست
- خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق
- بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)
- توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

ابزار معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو برای نظارت عالییه و اعمال حاکمیت عبارتند از: سیاست گذاری ها، برنامه ریزی های ملی، مقررات، استانداردها، ضوابط فنی، نقشه های راه فناوری، نظامنامه ها، آیین نامه ها، دستورالعمل ها، ایجاد شرایط مناسب ملی و بین المللی.

دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی برق و انرژی، به عنوان یک دفتر از معاونت امور برق و انرژی، مسئولیت تدوین استانداردها و مقررات فنی، مدیریت ظرفیت سازی برای استقرار و تحقق و نیز نظارت بر اجرا و بهبود مداوم آنها را، در تمامی موارد هشت گانه فوق، با اثرگذاری مستقیم و یا با واسطه، بر عهده دارد.

ذکر این نکته ضروری است که دستیابی شهروندان، صنایع و سازمانها به برق، الزاماً از طریق شبکه سراسری انجام نمی پذیرد بلکه استفاده از شبکهها و ظرفیت های محلی و خصوصی نیز می تواند کاربرد داشته باشد که در این زمینه ها نیز استانداردها و مقررات فنی کاربرد گسترده ای دارند

معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی بخش برنامه ریزی و امور اقتصادی :

- مطالعات و آینده نگری همه جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
- تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو
- تلفیق برنامه های کوتاه مدت و میان مدت بخش های مختلف صنعت آب و برق
- تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو
- نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
- تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
- تدوین سیاست های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه گذاری غیردولتی و خارجی
- برنامه ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی سازی صنعت
- مطالعات و بررسی ظرفیت های داخلی صنعت آب و برق
- تدوین سیاست های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
- انجام امور مربوط به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت های تابعه
- نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
- مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق

- مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
- تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
- تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
- تدوین سیاست‌های راهبردی بازار آب و برق
- تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
- تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق

معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی

وظایف حاکمیتی بخش تحقیقات و منابع انسانی:

- برنامه‌ریزی جامع منابع انسانی صنعت آب و برق
- تدوین سیاست‌ها و راهبردی منابع انسانی
- مطالعه و بررسی و تنظیم سیاست‌های افزایش انگیزش و کارآمدی منابع انسانی
- بررسی و تدوین راهکارهای استقرار ارزش‌های انسانی در سازمان
- مطالعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی امر مدیریت و ارائه الگوی مناسب مدیریتی
- راهبردی تحول اداری صنعت آب و برق و ارتقاء سلامت اداری
- مطالعات، تدوین، اصلاح و استقرار ساختار سازمانی، سیستم‌ها و روش‌های کارآمد در وزارت نیرو
- تدوین و ارائه طرح‌های ارتقاء کیفیت و بهبود بهره‌وری صنعت آب و برق
- تدوین سیاست‌های آموزش و تحقیقات صنعت آب و برق
- ساماندهی ارتباطات با مراکز آموزشی و پژوهشی درون و برون صنعت آب و برق
- تدوین سیاست‌ها و استراتژی توسعه فناوری
- تدوین و استقرار نظام راهبردی و توسعه آموزش
- راهبردی برنامه‌های آموزش‌های تخصصی مورد نیاز صنعت

- هدایت هیات‌های امناء مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق
- مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت
- تدوین نظام ارتباطات بهنگام در صنعت آب و برق
- تدوین و استقرار نظام آماری و اطلاعاتی در وزارت نیرو
- مدیریت و راهبری اطلاعات علمی، اسناد و کتابخانه
- ایجاد بانک اطلاعاتی صنعت و بروزرسانی آن
- مطالعه و ارائه سیستم‌های مکانیزه جهت ارائه خدمات به مشترکین صنعت آب و برق

دکتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی)

ماموریت اصلی این دفتر، توسعه آموزش، تحقیقات و فناوری در صنعت آب و برق بوده و اهم برنامه‌ها و وظایف مرتبط با این ماموریت عبارت است از

- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی آموزش، تحقیقات و فناوری
- تسهیل و بهینه‌سازی فرآیند انجام آموزش، تحقیقات و فناوری
- تعمیق و توسعه فعالیت‌های آموزش، تحقیقات و فناوری
- بررسی و تحلیل نیازهای آموزش، تحقیقات و فناوری
- تسهیل و تنظیم تعاملات آموزش، تحقیقات و فناوری
- پایش، ارزیابی و تحلیل وضعیت آموزش، تحقیقات و فناوری

صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

این صندوق در تاریخ ۱۳۸۳/۱۱/۴ براساس مجوز ماده ۱۰۰ قانون برنامه سوم توسعه به صورت موسسه غیر تجاری تاسیس و تحت شماره ۱۷۷۱۳ به ثبت رسیده است. سرمایه صندوق توسط واحدهای فعال در زمینه‌های مختلف صنعت برق بشرح زیر تامین شده است:

- شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)
- شرکت مادر تخصصی مدیریت تهیه و ساخت کالای آب و برق (ساتکاب)
- شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)
- شرکت سرمایه‌گذاری صنایع برق و آب (صبا)
- شرکت ایران ترانسفو

هدف از تشکیل:

هدف صندوق عبارتست از حمایت از فعالیتهای محققین و طرحهای تحقیقاتی بخش غیردولتی صنعت برق به منظور دسترسی به موارد زیر:

- تولید و توسعه دانش فنی
- ارتقاء سطح فناوری
- جذب، انتقال و بومی‌سازی فناوریهای نوین جهان

انواع حمایت‌ها:

- اعطای تسهیلات اعتباری (بصورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرحهای تحقیقاتی
- اعطای یارانه سود برای طرحهای تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته‌اند
- صدور ضمانتنامه و تضمین برای بازپرداخت تسهیلات دریافتی طرحهای تحقیقاتی از سایر منابع مالی و اعتباری کشور
- مشارکت، سرمایه‌گذاری و تامین سرمایه خطرپذیر به منظور اجرای طرحهای تحقیقاتی

شروط کلی:

- برخورداری از حمایت‌های صندوق مشروط به رعایت اولویتهای بخش برق کشور و احراز صلاحیتهای لازم از جمله اثبات توجیه‌پذیری طرح و توانایی مجریان می‌باشد.

اولویتهای اصلی در پذیرش طرح‌ها:

- طرح‌های پژوهشی کاربردی
- طرح‌های تدوین دانش فنی
- طرح‌های تولید نمونه آزمایشگاهی
- طرح‌های تولید نمونه نیمه صنعتی
- طرح‌های پژوهشی توسعه ای
- توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوین

پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، تاسیس گردید. پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی است که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته به صنعت برق و انرژی ایران را برعهده دارد. پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده "برق"، "تولیدنیرو" و "انتقال و توزیع نیرو" از شورای گسترش آموزش عالی به‌طور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده‌های "انرژی و محیط زیست" و "کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد "مراکز شیمی و مواد"، "توسعه فناوری توربین‌های بادی" و "آزمایشگاه‌های مرجع" فعالیت‌های خویش را توسعه بخشید.

با توجه به نقش زیربنایی صنعت برق در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، پژوهشگاه نیرو با انجام پروژه‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای به منظور پاسخگویی بهتر و بیشتر به نیازهای صنعت برق و رفع مشکلات آن و دستیابی به فناوری‌های نوین اقدام به تعریف پروژه برنامه استراتژیک خود همراستا با خواسته‌ها و برنامه‌های استراتژیک وزارت نیرو و برنامه توسعه پنجم کشور نموده و در سال ۱۳۸۷ پس از تبیین بیانیه‌های ماموریت، چشم‌انداز و ارزش‌های سازمانی با تحلیل محیط داخل و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال ۱۳۸۹ با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم‌انداز را هموار نموده است.

فلسفه وجودی ماموریت پژوهشگاه نیرو شامل ارتقاء فناوری، توسعه پژوهش و نوآوری جهت افزایش توانمندی، رقابت‌پذیری و بهره‌وری صنعت برق و انرژی کشور است.

محصولات و خدمات این مأموریت تکمیل چرخه مدیریت نوآوری و فناوری صنعت برق و انرژی از طریق موارد زیر است.

- انجام تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و بنیادی در حوزه صنعت برق و انرژی
 - اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی
 - مدیریت تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی
 - آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و برنامه‌ریزی فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
 - اکتساب فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
 - تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و بکارگیری در صنعت برق و انرژی
 - تهیه استانداردها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و ارزیابی کیفیت تجهیزات و سیستم‌های صنعت برق و انرژی
 - طراحی و توسعه زیرساخت‌های موردنیاز جهت ایجاد مراکز و شرکت‌های نوآور در حوزه صنعت برق و انرژی
 - ایجاد و توسعه شبکه فناوری میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و قطب‌های علمی پژوهشی داخل و خارج کشور
- درحوزه صنعت برق و انرژی

➤ مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو):

- از جمله اهداف و مأموریت‌های مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- رفع مشکلات و نیازهای فنی صنعت برق کشور از طریق جذب، پذیرش و حمایت از شرکت‌های فناور مستعد
 - فراهم نمودن زمینه ارتقاء کمی و کیفی آن‌ها در جهت تکمیل چرخه توسعه فناوری آن‌ها
 - حاکمیت دیدگاه کاربردی، تفکر تجاری‌سازی و حرکت نتیجه محور در فعالیت‌های علمی و پژوهشی
 - استقرار چهارچوب‌های مدیریتی و اقتصادی در پروژه‌ها و طرح‌های فنی
 - استفاده از پتانسیل صنعت برق و انرژی کشور در بخش‌های دولتی و خصوصی، به ویژه پژوهشگاه نیرو
 - روان‌سازی مقررات و تسهیل فرآیندهای کاری و مدیریتی مربوط
 - ایجاد و راهبری شبکه ملی مراکز رشد مرتبط باحوزه برق و انرژی

- هموار نمودن مسیر توسعه کسب و کار بین‌المللی
- کمک به راه‌اندازی و مدیریت صندوق‌های حمایت مالی ریسک‌پذیری

✚ معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۵ به دستور ریاست جمهور وقت و با استناد به اصل ۱۲۴ قانون اساسی تشکیل گردید. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری زیر نظر رئیس جمهور قرار دارد و به منظور هماهنگی و هم‌افزایی امور علمی و فناوری در کل کشور تشکیل شده است که از وزارتخانه‌ها و سایر دستگاه‌های اجرایی کشور مجزا می‌باشد و از ۵ معاونت تشکیل شده که عبارتند از: معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی، معاونت توسعه فناوری، معاونت نوآوری و تجاری‌سازی، معاونت امور بین‌الملل و تبادل فناوری و معاونت توسعه مدیریت و منابع. دفتر سیاست‌گذاری معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی نقش سیاست‌گذار را بر عهده دارد. اهداف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

- ارتقای اقتدار ملی، تولید ثروت و افزایش کیفیت زندگی مردم از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در کشور

- ارتقای «نظام ملی نوآوری» و تکمیل مؤلفه‌ها و حلقه‌های آن

- توسعه «اقتصاد دانش‌بنیان» از طریق هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی و بین دستگاهی

- ارتقای ارتباط «دانش» با «صنعت» و «جامعه» و تسهیل تبادلات بین بخش‌های عرضه و تقاضای فناوری و نوآوری

- تجاری‌سازی دستاوردهای فناوری و نوآوری و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان

- توسعه فناوری‌های راهبردی و اولویت‌دار ملی مطرح در نقشه جامع علمی کشور

- اعتلای ارتباطات بین‌المللی علمی، فناوری و نوآوری و توسعه دیپلماسی علمی و فناوری

وظایف اساسی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تأمین منابع مالی در نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

- هدفمندی، هدایت و توسعه پژوهش‌های کاربردی، تقاضا محور و مأموریت‌گرا و کمک به تجاری‌سازی نتایج آن‌ها
- توسعه دیپلماسی علم و فناوری و ارتباطات بین‌المللی و توسعه سرمایه‌گذاری خارجی در طرح‌های دانش بنیان، هدایت سرمایه‌های انسانی و مالی ایرانیان خارج از کشور و توسعه شبکه‌های بین‌المللی علم و فناوری به ویژه در جهان اسلام با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط
- توسعه ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تأمین مالی لازم در اقتصاد دانش بنیان
- تحریک تقاضا، بازارسازی و تضمین بازار برای تولیدات داخلی و بازاریابی و صادرات کالاها و خدمات دانش بنیان
- رصد فرصت‌های بین‌المللی به منظور توسعه فناوری به ویژه شناسایی و کسب فناوری‌های نوظهور با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط
- انجام اقدامات لازم جهت توسعه اولویت‌های علم و فناوری نقشه جامع علمی کشور

✚ مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

- معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه‌ریزی و نظارت، حقوقی و قراردادها، ارزیابی تکنولوژی، اطلاع‌رسانی داخلی و آموزش کارکنان ایجاد گردید. وظایف و برنامه‌های این معاونت در بخش‌های مختلف به شرح زیر می‌باشد:
- پژوهش: مطالعه در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه کشورهای موفق، مطالعه و پژوهش در زمینه عوامل مؤثر در توسعه و پیشرفت کشور، کمک به فرهنگ‌سازی در عرصه تکنولوژی، مطالعه و پژوهش در مبانی تکنولوژی، تدوین مفاهیم و روش‌های مناسب انتقال تکنولوژی، مطالعه وضع موجود تکنولوژی‌های کشور، پیش‌بینی روند توسعه تکنولوژی‌های داخل کشور و سایر کشورها، بالاخص در زمینه تکنولوژی‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه‌اندازی کانون‌های تحلیلی‌گری و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی

- ارزیابی تکنولوژی: بکارگیری ابزارهای مدیریت تکنولوژی و روش‌های مهندسی صنایع جهت بررسی و ارزیابی طرح‌های تکنولوژیکی و تکنولوژی‌های منتخب از نظر میزان تناسب با نیازهای مشخص شده، ارزیابی میزان موفقیت در جذب تکنولوژی‌ها و رسیدن به اهداف تکنولوژیکی و مطالعه امکان‌سنجی فنی - اقتصادی پروژه‌ها

وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری

- تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با شرکت‌های معتبر خارجی
- ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری‌های نوین

پارک‌های علم و فناوری

یک "پارک علمی" سازمانی است که بوسیله متخصصین حرفه‌ای مدیریت می‌شود و هدف اصلی آن افزایش ثروت در جامعه از طریق ارتقاء فرهنگ نوآوری و رقابت در میان شرکت‌های حاضر در پارک و مؤسسه‌های متکی بر علم و دانش است. اهداف پارک‌های علم و فناوری در ذیل تشریح شده است.

- گسترش و تقویت روح پژوهش و تفکر علمی در جامعه
- تلاش منظم و مستمر به منظور رویارویی با نیازهای حال و آینده
- کمک به توسعه هماهنگ بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه‌ها و صنایع از طریق برقراری ارتباط سازمان یافته
- رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان
- زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات

وظایف پارک‌های علم و فناوری

- سازماندهی امکانات تحقیق و توسعه برای ایجاد پیوند بین منابع و مهارت‌های دانشگاه‌ها و مراکز علمی و فناوری و صنعتی
- جهت دادن مؤثر جامعه علمی کشور به سوی تحقیق در رشته‌های مورد نیاز
- برنامه‌ریزی و ایجاد زمینه مناسب به منظور کاربردی و تجاری کردن نتایج تحقیقات
- ایجاد فضای مناسب علمی و پژوهشی برای جذب دانشمندان و متخصصان داخل و خارج از کشور

- ارتقاء دانش فنی متخصصین برای بروز خلاقیتها و نوآوریها در زمینه فناوری
- دستیابی به آخرین اطلاعات و دانش فنی مورد نیاز به منظور کسب و ایجاد فناوری برتر به منظور رقابت در جامعه جهانی
- اشاعه فرهنگ و سازماندهی فعالیتهای جمعی تحقیقاتی و فناوری و استفاده از امکانات پارکها
- ایجاد بستر مناسب برای فعالیت واحدها و مؤسسههای علمی و فناوری غیردولتی و دولتی در پارک

🚩 صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

هدف از تأسیس صندوق، شکوفایی امور تحقیقاتی در راستای تولید علم، فناوری و تجاریسازی و بهره‌مندشدن مردم از نتایج آنها، از طریق ارائه کمکها و خدمات حمایتی و مادی و معنوی به پژوهشگران و فناوران حوزوی و دانشگاهی ایرانی اعم از حقیقی و حقوقی می‌باشد.

در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور پروژه‌های تحقیقاتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که براساس نیازها و مزیت‌های کشور توصیف شده باشند. انواع حمایت‌های مادی و معنوی از پژوهشگران و فناوران به صورت زیر می‌باشد:

- کمک به اجرای طرح‌های تحقیقاتی
- حمایت از دوره‌های پسادکتر
- حمایت از طرح‌های تحقیق و توسعه
- اعطای کرسی پژوهشی
- کمک به ثبت بین‌المللی اختراعات
- حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌های پژوهشی
- ثبت ایده‌ها و طرح‌ها (برخورداری صاحبان ایده‌ها و طرح‌ها از منافع حقوقی آنها)
- گرنت
- کمک برای به ثمر رساندن نوآوریها و خلاقیت‌های منجر به تولید
- و دیگر فعالیتهای حمایتی

صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران در سال ۱۳۷۴ از تغییر نام صندوق مالی حمایت از محققین و مخترعین شکل گرفت. هدف اصلی صندوق عبارت است از تأمین منابع مالی مورد نیاز طرح‌های مبتنی بر دانش و فناوری و کارآفرینان فناور، محققین و مخترعین نوآور (اعم از حقیقی و حقوقی) به منظور نیل به خودکفایی و استقلال اقتصادی کشور و رهایی از وابستگی و توسعه بازار داخلی و خارجی خدمات و محصولات مبتنی بر دانش و فناوری کشور. اولویت‌های صندوق در حوزه‌های زیر می‌باشد:

- بیوتکنولوژی
- صنایع پایین‌دستی پتروشیمی مبتنی بر فناوری
- مواد پیشرفته
- نانو تکنولوژی
- تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته الکترونیکی و مخابراتی
- تجهیزات پیشرفته پزشکی
- صنایع شیمیایی و فرایندی پیشرفته

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

حدود اختیارات و مأموریت‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به صورت ذیل می‌باشد:

- در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری
- شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و آینده‌پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری
- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذیربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری

- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین براساس اولویت‌ها
 - برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و حمایت از توسعه فناوری‌های بومی
 - اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذیربط.
 - اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم درخصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارائه آن‌ها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
 - ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فناوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فناوری‌های تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری
 - اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیر دولتی
 - در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
 - تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، موسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت‌های علمی - پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاه‌های ملی، موزه‌های علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیردولتی و مشارکت‌های مردمی متناسب با نیازها و ضرورت‌های کشور
 - برنامه‌ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان
 - نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور
- در مجموع این وزارتخانه هم نقش نظارت بر دانشگاه‌های کشور را بر عهده دارد که وظیفه معاونت آموزشی این وزارتخانه می‌باشد و هم نقش سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری را بر عهده دارد که وظیفه مرکز برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری پژوهشی در معاونت پژوهش و فناوری این وزارتخانه است.

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

براساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاست‌گذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است.

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده‌گانه نموده است. از مهمترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد.

وظایف شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری به شرح زیر می‌باشد:

- اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و فناوری
- بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری
- ارائه گزارش به مجلس شورای اسلامی: مجلس شورای اسلامی در بند ۲۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۸، کلیه دستگاه‌های اجرایی را مکلف به گزارش‌دهی از عملکرد بودجه‌های پژوهشی خود نموده و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز موظف است گزارشات مزبور را جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید.

در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، می‌توان این شورا را جزء سیاست‌گذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود.

مجمع تشخیص مصلحت نظام

در سال ۱۳۶۸ و در جریان بازنگری قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، این مجمع رسماً به صورت یکی از نهادهای رسمی کشور درآمد و وظیفه اصلی آن حل اختلاف بین مجلس شورای اسلامی و شورای نگهبان است. وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام:

- مجمع تشخیص مصلحت نظام، مسئولیت تصمیم‌گیری در سیاست‌های کلان داخلی و خارجی ایران و حل اختلاف میان قوای سه‌گانه را بر عهده دارد و همچنین ناظر بر فعالیت‌های آنان است.
- این مجمع، وظیفه تدوین برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله (از ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۴) و نظارت بر اجرای آن را بر عهده دارد.
- همچنین از سال ۱۳۸۵ رهبر جمهوری اسلامی، اختیار نظارت بر عملکرد قوای سه‌گانه را که از اختیارات رهبر است، به این مجمع واگذار کرد.

مجمع تشخیص مصلحت نظام بالاترین رکن سیاست‌گذاری کلان در کشور می‌باشد زیرا تدوین سیاست‌های کلی نظام در حوزه‌های علم و فناوری و پژوهش در قالب سند چشم‌انداز ۲۰ ساله از وظایف این نهاد می‌باشد.

مجلس

مجلس در نظام جمهوری اسلامی ایران از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها، قانون‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها است و چراغ هدایت دولت و ملت را به دست دارد. مجلس پایگاه اساسی نظام و مردم و مایه حضور و مشارکت واقعی مردم در تصمیم‌گیری‌ها و مظهر اراده ملی است. با توجه به نقش مؤثر و مهم مجلس در نظام کشور، وظایف عمده مجلس در دو بخش خلاصه می‌گردد:

- قانون‌گذاری

- نظارت

در جهان امروز، طرح پرسش‌های نو و مسائل پیچیده و چند وجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانونگذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند.

✚ شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی به ریاست رئیس جمهور یکی از نهادهای حکومتی جمهوری اسلامی ایران است که پس از انقلاب ۱۳۵۷ ایران با فرمان امام خمینی(ره) تشکیل شد. گسترش نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی و تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غربزدگی از جمله اهداف این شورا است. ابتدا ستاد انقلاب فرهنگی تشکیل گردید که بعداً به شورای عالی انقلاب فرهنگی تغییر ماهیت داد. اهداف این شورا عبارت‌اند از:

- گسترش و نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگیو اعتلای فرهنگ عمومی
 - تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غربزدگی از فضای فرهنگی جامعه
 - تحول دانشگاه‌ها، مدارس و مراکز فرهنگی و هنری براساس فرهنگ صحیح اسلامی، گسترش و تقویت هر چه بیشتر آن‌ها برای تربیت متخصصان متعهد، اسلام‌شناسان متخصص، مغزهای متفکر و وطن‌خواه، نیروهای فعال و ماهر، استادان، مربیان و معلمان معتقد به اسلام و استقلال کشور
 - تعمیم سواد، تقویت و بسط روح تفکر و علم‌آموزی و تحقیق و استفاده از دستاوردها و تجارب مفید دانش بشری برای نیل به استقلال علمی و فرهنگی
 - حفظ و احیا و معرفی آثار و مآثر اسلامی و ملی
 - نشر افکار و آثار فرهنگی انقلاب اسلامی، ایجاد و تحکیم روابط فرهنگی با کشورهای دیگر به ویژه با ملل اسلامی
- وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی:

از جمله وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی، می‌توان در سه حوزه سیاست‌گذاری، تدوین ضوابط و نظارت تقسیم‌بندی

تهیه و تدوین سیاست‌ها و طرح‌های راهبردی کشور در زمینه‌های مختلف فرهنگی از جمله در حوزه‌های زنان، تبلیغات، اطلاع‌رسانی، چاپ و نشر، بیسوادی، دانشگاه‌ها، برقراری روابط علمی و پژوهشی و فرهنگی با سایر کشورها، همکاری حوزه و دانشگاه، فعالیت‌های دینی و معنوی، تهاجم فرهنگی و سایر حوزه‌های فرهنگی مربوطه از جمله وظایف سیاست‌گذاری این شورا محسوب می‌شود. همچنین تعیین ضوابط تأسیس مراکز علمی و آموزشی و نیز ضوابط گزینش مدیران و استادان و دانشجویان از جمله وظایف این شورا می‌باشد. بررسی و تحلیل شرایط فرهنگی ایران و جهان، بررسی الگوهای توسعه و پیامدهای فرهنگی آن، بررسی وضع فرهنگ و آموزش کشور و نیز نظارت بر اجرای مصوبات شورا از جمله وظایف نظارتی شورای عالی انقلاب فرهنگی می‌باشد.

✚ سازمان ملی استاندارد ایران

هدف سازمان استاندارد ایران تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) و نظارت بر اجرای آنها و همچنین انجام تحقیقات مربوطه می‌باشد. فعالیت‌های اساسی این سازمان در حوزه‌های زیر می‌باشد:

- تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) به عنوان تنها مرجع رسمی این وظیفه در کشور
- انجام تحقیقات به منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، کمک به بهبود روش‌های تولید و کارایی صنایع
- ترویج استانداردهای ملی
- نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری
- کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم نمودن امکانات رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی
- کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی و جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب خارجی
- راهنمایی علمی و فنی تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انواع کالاها

- آزمایش و تطبیق نمونه کالا با استانداردهای مربوط، اعلام مشخصات و اظهار نظر مقایسه‌ای و صدور گواهینامه‌های

لازم

فهرست مطالب

۱-۶- مقدمه	۱
۲-۶- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	۳
۱-۲-۶- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی	۳
۳-۶- تدوین ساختار نظارت، بروز رسانی و مکانیزم ارزیابی	۱۰
۱-۳-۶- ساختار نظارت و بروز رسانی	۱۱
۲-۳-۶- مکانیزم عملکرد	۱۴
۴-۶- نتیجه گیری	۱۵
۵-۶- مراجع	۱۵

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۶- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۴
- جدول ۲-۶- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۵
- جدول ۳-۶- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق اقدامات غیرفنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۵
- جدول ۴-۶- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ۸

۶-۱- مقدمه

هر برنامه‌ریزی نیازمند ارزیابی بوده و بدون آن نمی‌توان از اجرای برنامه اطمینان حاصل نمود. در سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی نیز نمی‌توان بدون ارزیابی، به نحوه عملکرد و اثربخشی ارکان مختلف سند (که براساس نقشه‌راه این سند صورت می‌گیرد) پی برد. به منظور ارزیابی، لازم است شاخص‌های عملکردی و اثربخشی تعریف شوند تا بتوان در طول زمان با بررسی وضعیت شاخص‌ها، میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را مشخص کرد. علاوه بر تعیین شاخص‌ها، می‌بایست مشخص گردد که چه ساختارهای نظارتی، در چه مقاطع زمانی و چگونه باید ایجاد شوند تا پروژه‌های اجرایی مختلفی را که برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی صورت می‌گیرد مورد ارزیابی قرار دهند. همچنین، با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا برای تحرکات بخش‌های مختلف صنعت برق کشور در جهت حصول به اهداف این صنعت می‌باشد، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بروزرسانی این سند پرداخته شود. در این بخش از طرح، برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در ادامه، به ترتیب، فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند بررسی شده است.

**فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری ارزیابی
وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی**

۶-۲- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق برنامه‌های سند در نظر گرفته شده است شامل مراحل اصلی زیر می‌باشد:

- ۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- ۲- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها
- ۳- جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده
- ۴- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای ارکان مختلف سند که شامل چشم‌انداز، اهداف و اقدامات می‌باشد تعدادی شاخص تعریف می‌شود. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل مرکز راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آنها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه، شاخص‌های سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و نحوه دستیابی به آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

۶-۲-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

شاخص، استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آنها میزان تحقق آن سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. از همین‌رو، شاخص‌ها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات گردد. در همین راستا، شاخص‌ها می‌باید مشخص‌کننده ابعاد ذیل باشند:

(الف) کمیت (چقدر)

(ب) کیفیت (چگونه)

(ج) زمان (چه موقع)

(د) محل (کجا)

در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند. به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف‌نظر می‌شود. شاخص‌ها باید با ملاحظه ویژگی‌های زیر تعریف شوند:

الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس‌کننده یک واقعیت بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

ج) قابل قبول بودن: باید بتوان تغییرات شاخص را به تحقق یا عدم تحقق مقصود متناسب نمود.

د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص می‌باید در دسترس باشد.

۶-۱-۱-۲-۱- تعریف شاخص‌های سند توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش، شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق چشم‌انداز، اهداف و اقدامات در جداول (۶-۱) تا (۶-۴) آورده شده‌اند.

جدول ۶-۱- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

معیار ارزیابی	شاخص	ردیف
دستیابی به دانش فنی، تجهیزات و نرم‌افزارهای مورد نیاز	کسب توانمندی در مناسب‌ترین و به‌روزترین روش‌های تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی	۱

جدول ۶-۲- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق اهداف توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ

نیروگاهی

ردیف	هدف	شاخص	معیار ارزیابی شاخص
۱	کاهش ۱۵ درصدی هزینه تامین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	میانگین هزینه تامین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	کاهش به میزان ۱۵ درصد
۲	کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی زمان انجام تعمیرات قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	میانگین زمان انجام تعمیرات قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	کاهش به میزان ۵ تا ۱۵ درصد
۳	کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی عدم آمادگی ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	میانگین عدم آمادگی ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی کشور	کاهش به میزان ۱۰ تا ۲۰ درصد
۴	کاهش خروج‌های اضطراری و حوادث ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	تعداد خروج‌های اضطراری و حوادث ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی کشور	کاهش شاخص
۵	افزایش دقت و ایمنی بازرسی‌های مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی	تعداد حوادث و آسیب‌های ردیابی نشده ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی کشور	کاهش شاخص
۶	ارزش‌گذاری قطعات داغ نیروگاهی و مشارکت در ارزش‌گذاری نیروگاه‌های حرارتی	میزان توانمندی در ارزش‌گذاری نیروگاه‌های حرارتی	ارزش‌گذاری یک نیروگاه حرارتی با استفاده از فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ
۷	افزایش قابلیت پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای کلیدی و با اهمیت نیروگاه‌ها	میزان توانمندی در پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای نیروگاهی	اجرای سیستم پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای کلیدی در یک نیروگاه حرارتی

جدول ۶-۳- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق اقدامات غیرفنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده

قطعات داغ نیروگاهی

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۱	تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	وضعیت تدوین و ابلاغ دستورالعمل‌های الزامی	تدوین و ابلاغ یک دستورالعمل الزامی جامع برای ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۲	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی و تحریک شرکت‌های خصوصی به شرکت فعال در آن‌ها	تعداد نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده در سال	برگزاری یک نمایشگاه در سال
۳	حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل حمایت‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای	تعداد پایان‌نامه‌ها و مقالات حمایت شده در هر سال	حمایت از ۶ پایان‌نامه کارشناسی ارشد و ۴ رساله دکتری در هر سال
۴	حمایت از ایجاد هسته‌های پژوهشی و انجمن‌های دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	تعداد هسته‌های پژوهشی ایجاد شده مرتبط با فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در کشور	راه‌اندازی یک هسته پژوهشی توانا
۵	کمک به عقد تفاهم‌نامه همکاری بین دانشگاه‌ها و صنعت	وضعیت امضای تفاهم‌نامه‌های همکاری با دانشگاه‌ها	امضای تفاهم‌نامه‌های همکاری با تمامی دانشکده‌های فنی دانشگاه‌های منتخب شهر تهران
۶	اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	ارائه گزارشات پایش سالانه روند تغییرات	اجرای یک طرح در هر سال
۷	تدوین مقررات الزام‌آور برای صنایع به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای قراردادهای همکاری یا تفاهم‌نامه‌های تحقیقاتی	وضعیت تدوین مقررات	تدوین مقررات تشویقی و ابلاغ آن به صنایع مرتبط با ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
۸	حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخل کشور دانشگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	وضعیت تدوین و اجرای برنامه‌های حمایتی	تدوین و اجرای یک برنامه حمایتی جامع از انتشارات داخل کشور در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی
۹	ایجاد یک سامانه الکترونیکی برای استفاده پژوهشگران حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این سامانه	وضعیت راه‌اندازی و کارایی سامانه الکترونیکی	ایجاد یک سامانه الکترونیکی با ویژگی‌های ذکر شده و بروز رسانی سالیانه آن
۱۰	تشکیل یک دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	وضعیت تأسیس دبیرخانه دائمی و توانایی آن در انتشار نشریات و برگزاری کنفرانس	تأسیس دبیرخانه دائمی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۱۱	انتشار نشریه تخصصی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی	تعداد شماره‌های منتشر شده نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی	انتشار ۱ شماره در سال
۱۲	تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به پژوهش‌های این حوزه فناورانه	وضعیت تأسیس مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در کشور و توانایی آن در جهت‌دهی به فعالیت‌ها	تأسیس مرکز راهبری توسعه در کشور به عنوان تنها متصدی جهت‌دهی به فعالیت‌های ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی کشور
۱۳	تسهیل فرآیند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مجامع بین‌المللی	تعداد مجریان شرکت‌کننده در نمایشگاه‌ها و مجامع صنعتی خارجی در هر سال	۳ دوره در سال
۱۴	جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	وضعیت تدوین گزارشات آماری از شکل بازار فناوری در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی کشور	تدوین یک گزارش آماری جامع از شکل بازار فناوری
۱۵	بکارگیری آموزش‌های تخصصی حین کار در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی	تعداد دوره‌های آموزش حین کار برگزار شده در شرکت‌های فعال	برگزاری حداقل دو دوره آموزشی در سال
۱۶	برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی توسط صنعت و مراکز پژوهشی وابسته	تعداد دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برگزار شده در سال	۲ دوره آموزشی در سال
۱۷	ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	وضعیت راه‌اندازی سامانه آگاهی‌بخشی حاوی اطلاعات ذکر شده	ایجاد یک سامانه حاوی اطلاعات ذکر شده و بروزرسانی ماهانه آن
۱۸	برگزاری جلسات دانش‌افزایی و همایش‌های تخصصی به منظور افزایش آگاهی مدیران نسبت به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	تعداد جلسات و کنفرانس‌های تخصصی برگزار شده در سال	برگزاری یک جلسه در سال
۱۹	انجام مطالعات اقتصادسنجی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی	وضعیت تدوین گزارشات اقتصادسنجی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی در کشور	تدوین گزارشات اقتصادسنجی
۲۰	طراحی پایگاه اطلاعاتی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها	وضعیت راه‌اندازی پایگاه اطلاعاتی مورد نیاز برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده در آن‌ها	ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب با مشخصات ذکر شده

جدول ۶-۴- شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق اقدامات فنی توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات

داغ نیروگاهی

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۱	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب در یک نیروگاه حرارتی
۲	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب در یک نیروگاه حرارتی
۳	تحقیق و توسعه دانش کاربردی مرتبط با ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز F5	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز F5 در یک نیروگاه حرارتی
۴	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های محاسباتی	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های محاسباتی	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین گاز با روش‌های محاسباتی در یک نیروگاه حرارتی
۵	توسعه روش‌های On Line Monitoring در نیروگاه‌های بخاری	وضعیت نرم‌افزارها و سنسورهای مورد نیاز در مانیتورینگ قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری	تامین نرم‌افزارها و سنسورهای مورد نیاز در مانیتورینگ قطعات داغ نیروگاه‌های بخاری
۶	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی در یک نیروگاه حرارتی
۷	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روش‌های مخرب، غیرمخرب و محاسباتی	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روش‌های مخرب، غیرمخرب و محاسباتی	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روش‌های مخرب، غیرمخرب و محاسباتی در یک نیروگاه حرارتی

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۸	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار بالای ۱۰۰ مگاوات یک نیروگاه حرارتی
۹	تدوین دستورالعمل‌های بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری	وضعیت دستورالعمل‌های بازرسی و نرم‌افزار ثبت تاریخچه بهره‌برداری	تهیه دستورالعمل‌های بازرسی و نرم‌افزار ثبت تاریخچه بهره‌برداری
۱۰	تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات	توانایی بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار بالای ۱۰۰ مگاوات در یک نیروگاه حرارتی
۱۱	تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی	میزان توانمندی در بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی	توانایی بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی در یک نیروگاه حرارتی
۱۲	دستیابی به فناوری‌های مورد نیاز از طریق انتقال فناوری	وضعیت انتقال فناوری‌های مورد نظر با استفاده از همکاری‌های خارجی	انتقال فناوری‌های مورد نظر با استفاده از روش مناسب و از شرکت‌های مناسب

تدوین ساختار نظارت، بروز رسانی و مکانیزم ارزیابی

۶-۳- تدوین ساختار نظارت، بروز رسانی و مکانیزم ارزیابی

همانطور در مقدمه اشاره شد، به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، علاوه بر تعیین شاخص‌ها، باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها نیز تعیین گردند. از سوی دیگر، با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بروز رسانی این سند پرداخته شود. از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز انجام شود. در ادامه، فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی،

مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی ارائه شده است.

۶-۳-۱- ساختار نظارت و بروز رسانی

وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. مرکز راهبری توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی نیز بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه خواهد نمود. این مرکز با ایجاد سازوکارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این مرکز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات
- تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

مرکز راهبری توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌شود و اعضای

اصلی آن عبارتند از:

- نماینده معاونت وزارت نیرو در بخش برق و انرژی
- نماینده معاونت وزارت نیرو در امور تحقیقات و منابع انسانی
- نماینده مدیر عامل توانیر
- معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو
- معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو

- یک نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی از دانشگاه‌های برتر کشور با حکم رئیس مرکز

- یک نفر از نمایندگان شرکت‌های خصوصی فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی با حکم رئیس مرکز

- یک نفر از نمایندگان سندیکای صنعت برق ایران در حوزه‌های مرتبط با حکم رئیس مرکز

- یک نفر از نمایندگان انجمن صنفی نیروگاهی (اصنا) در حوزه‌های مرتبط با حکم رئیس مرکز

- دبیر مرکز به انتخاب رئیس مرکز

جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده برای مرکز، لازم است کارگروه‌های تخصصی در مرکز تشکیل گردد. هر کارگروه وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر مرکز را دارد. این کارگروه‌ها عبارتند از:

- کارگروه آموزش، پژوهش و تعامل با دانشگاه

- کارگروه ارتباط با قانون گذاران، سیاست گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها

- کارگروه فنی و استاندارد

در ادامه شرح وظایف هر کدام از کارگروه‌ها آورده شده است:

شرح وظایف کارگروه آموزش، پژوهش و تعامل با دانشگاه:

- نیازسنجی و برنامه‌ریزی آموزشی برای توسعه دانش فنی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

- پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

- حمایت از برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی

- تدوین برنامه جامع جهت‌دهی به فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نظارت بر اجرای آن

- ایجاد ارتباط بین شرکت‌های تولیدکننده و دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی

- حمایت از انتشار نشریات تخصصی در ارتباط با فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

- تسهیل ارتباط با انجمن‌های بین‌المللی ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی جهت آگاهی از آخرین دستاوردها در

زمینه فناوری‌های نوین این حوزه

- زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی
- پیگیری فرایند راه‌اندازی و به روزرسانی سامانه آگاهی‌بخشی مدیران
- شناسایی دانشگاه‌ها و مراکز فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی و کمک به رفع آن‌ها و پیگیری موانع قانونی
- پایش و ارزیابی مستمر توانمندی بازیگران فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای تحقیق و توسعه در حوزه ارزیابی وضعیت نیروگاهی
- ارزیابی عملکرد بازیگران حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی در قبل، حین و بعد از انجام پروژه‌ها
- ارائه سیستم جامع ارزیابی مجریان طرح‌ها و پروژه‌ها و نظارت بر صحت انجام کار
- ایجاد سیستم یکپارچه‌ای از اطلاعات مورد نیاز مجریان طرح‌ها برای تسریع فرآیندهای طراحی و ساخت

شرح وظایف کارگروه ارتباط با قانون‌گذاران، سیاستگذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها:

- رایزنی با نهادهای دولتی جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت تسهیل دسترسی بازیگران توسعه فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت رفع موانع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و ورود تولیدکنندگان جدید
- ارتباط با وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به منظور اعمال تغییرات مورد نظر در محتوای آموزشی

شرح وظایف کارگروه فنی و استاندارد:

- شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان به بازار ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- تسهیل فرایند حضور شرکت‌های فعال حوزه ارزیابی وضعیت قطعات نیروگاهی در مجامع بین‌المللی
- نظارت بر انتخاب مشاورین مناسب برای تهیه استانداردهای مربوطه

- نظارت بر انجام پروژه‌های تهیه و تدوین استاندارد فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- مشاوره و تایید نهائی استانداردها و تدوین آنها برای استفاده در صنعت
- نظارت بر رعایت شدن استانداردها در اجرای پروژه‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- ارزیابی محققین داخلی در حین و بعد از انجام پروژه‌های طراحی و ساخت
- نظارت بر اجرای طرح‌های امکان‌سنجی فناوری‌های ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- انجام بازاریابی فناوری‌های نوین ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- نظارت بر اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی

تبصره ۱: مصوبات یاد شده در این سند با ابلاغ رئیس مرکز برای کلیه دستگاه‌های مرتبط لازم الاجرا می‌باشد.

تبصره ۲: مرکز راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و سازوکارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

تبصره ۳: با توجه به روند سریع تحولات، لازم است تا در صورت تشخیص مرکز راهبری، سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

۶-۳-۲- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای کارگروه‌ها، می‌بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای مرکز راهبری توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی، نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا، اعضای مرکز جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده، باید جلسات منظم (هر ۶ ماه یکبار) برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط، شاخص‌های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی‌سازی و تلفیق آن‌ها گزارش آن را در دوره‌های زمانی ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

همچنین، اعضای مرکز موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. مرکز راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

به علاوه، مرکز موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی پردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید. با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

۴-۶- نتیجه‌گیری

مرحله ششم این سند، به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی" به تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی این سند می‌پردازد. در این مرحله باید مشخص شود که چه افرادی در چه ساختاری و بر اساس چه شاخص‌ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرای سند در طول بازه زمانی تعریف شده پردازند. برای این کار، ابتدا شاخص‌هایی در سطح کلان (چشم‌انداز و اهداف) و در سطح خرد (اقدامات غیرفنی و فنی) تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به‌روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. به این منظور، اعضای اصلی مرکز راهبری توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی و کارگروه‌های این مرکز شامل کارگروه آموزش، پژوهش و تعامل با دانشگاه، کارگروه تعامل با قانون‌گذاران، سیاستگذاران و متولیان و کارگروه فنی و استاندارد تعیین شده و وظایف هر یک از کارگروه‌ها مشخص گردید. در نهایت تعیین شد که این مرکز در بازه‌های زمانی ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف‌شده پردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین، مقرر شد این مرکز با توجه به وضعیت پیشرفت سند نسبت به بازنگری آن اقدام نماید.

۶-۵- مراجع

۱- «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو،

آذر ۱۳۹۲