

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

مدیر پروژه: مهندس معصومه رعیت‌پور
گروه پژوهشی متالورژی

راهبر: معاونت فناوری
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ 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

ویرایش اول

۱۳۹۴

مقدمه

تولید برق به عنوان صنعت زیربنایی 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 بهینه‌سازی ظرفیت‌های تولید برق طلب می‌کند. از بین روش‌های مختلف تولید برق، نیروگاه‌های حرارتی در تامین برق کشور ما نقش بسزایی دارند. 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. تخریب‌های زود هنگام در شرایط پیش‌بینی نشده می‌تواند از جنبه‌های مختلف ضررهای هنگفتی متوجه نیروگاه‌ها کند.

بخش عمده هزینه ساخت و نگهداری نیروگاه‌های حرارتی شامل تامین و نگهداری اجزای داغ این نیروگاه‌ها می‌شود و غالباً عمر نیروگاه‌های حرارتی توسط عمر قطعات داغ آنها تعیین می‌گردد. 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. در کشور ما، این مسئله 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. 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. لذا، طرح حاضر تحت عنوان "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی" با بهره‌گیری از نظرات خبرگان این حوزه در پژوهشگاه نیرو تهیه شده است.

سند راهبردی حاضر، مجموعه‌ای از چشم‌انداز، اهداف، راهبردها، اقدامات و برنامه‌های ساختار یافته‌ای است که به دنبال توسعه فناوری بوده و به همراه تعیین ملزومات و نیازمندی‌های فنی و تکنیکی و سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جهت بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ در نیروگاه‌ها، آینده مطلوب از توسعه فناوری و مسیر رسیدن به آن را در کشور مشخص می‌کند.

چشم‌انداز توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی

با انکابه خداوند متعال، صنعت برق ایران، باتاکید بر
خوداتکایی علمی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی
بر نیروی انسانی بومی و کارآمد، مشارکت در تأمین برق
پایا، کاهش هزینه‌های تولید برق و استفاده بهینه از
نیروگاه‌های حرارتی را از طریق کسب توانمندی در
بهره‌گیری از مناسب‌ترین و به‌روزترین روش‌های
تخمین عمر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی دنبال
می‌کند.

اهداف توسعه فناوری

اهداف کمی

- کاهش ۱۵ درصدی هزینه تامین، تعمیر و جایگزینی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
- کاهش ۵ تا ۱۰ درصدی زمان انجام تعمیرات قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
- کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی عدم آمادگی ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی

اهداف کیفی

- کاهش خروج‌های اضطراری و حوادث ناشی از خرابی قطعات داغ در نیروگاه‌های حرارتی
- افزایش دقت و ایمنی بازرسی‌های مورد نیاز برای ارزیابی وضعیت قطعات داغ در نیروگاه‌های

حرارتی

- ارزش‌گذاری قطعات داغ نیروگاهی و مشارکت در ارزش‌گذاری نیروگاه‌های حرارتی
- افزایش قابلیت پیش‌بینی و پایش وضعیت اجزای کلیدی و با اهمیت نیروگاه‌ها

راهبردهای توسعه فناوری

راهبردهای توسعه درونزا

- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت پره متحرک توربین گاز
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت پره ثابت توربین گاز
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت محفظه احتراق توربین گاز
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت روتور توربین گاز به روش‌های محاسباتی و غیرمخرب
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت لوله‌های واتروال و اکونومایزر به روش‌های مخرب و

غیرمخرب

- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت لوله سوپرهیتر و ریپه‌یتر به روش محاسباتی
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت لوله‌های اصلی بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت پره توربین بخار به روش مخرب و غیرمخرب
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش غیرمخرب
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت درام به روش غیرمخرب
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت هدرهای بخار به روش غیرمخرب
- دستیابی به دانش فنی ارزیابی وضعیت محفظه بخار و ولوها به روش غیرمخرب

راهبردهای انتقال فناوری

- انتقال فناوری‌های ارزیابی وضعیت روتور کمپرسور به روش مخرب و محاسباتی
- انتقال فناوری‌های ارزیابی وضعیت روتور توربین بخار به روش غیرمخرب و محاسباتی
- انتقال فناوری‌های ارزیابی وضعیت پمپ‌ها به روش غیرمخرب

اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

اقدامات و سیاست‌های غیرفنی

- تدوین و ابلاغ برنامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب جهت ملزم کردن مدیران نیروگاه‌ها به استفاده از فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی
- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی و تحریک شرکت‌های خصوصی به شرکت فعال در آن‌ها
- حمایت از پژوهش‌های کاربردی و مطابق با نیازهای صنعت به شکل حمایت‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی و مشاوره‌ای
- حمایت از ایجاد هسته‌های پژوهشی و انجمن‌های دانشی در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- کمک به عقد تفاهم‌نامه همکاری بین دانشگاه‌ها و صنعت
- اجرای طرح پایش سالانه روند تغییرات جهانی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- تدوین مقررات الزام‌آور برای صنایع به منظور استفاده از دستاوردهای دانشگاه به وسیله امضای قراردادهای همکاری یا تفاهم‌نامه‌های تحقیقاتی
- حمایت مالی و معنوی از انتشارات داخل کشور دانشگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- 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
- تشکیل یک دبیرخانه دائمی به منظور انتشار نشریه و برگزاری کنفرانس‌های سالیانه در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی
- انتشار نشریه تخصصی ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات نیروگاهی

- تشکیل مرکز راهبری توسعه فعالیت‌های حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی به منظور جهت‌دهی به پژوهش‌های این حوزه فناورانه
- تسهیل فرآیند حضور شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی در مجامع بین‌المللی
- جمع‌آوری اطلاعات آماری مناسب از شکل بازار فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- بکارگیری آموزش‌های تخصصی حین کار در شرکت‌های فعال در حوزه ارزیابی وضعیت قطعات داغ نیروگاهی
- برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی توسط صنعت و مراکز پژوهشی وابسته
- ایجاد شبکه آزمایشگاهی کشور در حوزه ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- ایجاد سامانه آگاهی‌بخشی به مدیران نیروگاه‌ها در حوزه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- برگزاری جلسات دانش‌افزایی و همایش‌های تخصصی به منظور افزایش آگاهی مدیران نسبت به فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- انجام مطالعات اقتصادسنجی فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی
- طراحی پایگاه اطلاعاتی خرابی‌ها و سوانح نیروگاه‌ها

اقدامات فنی

- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب
- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت توربین گاز با روش‌های مخرب و غیرمخرب
- تحقیق و توسعه دانش کاربردی مرتبط با ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز
- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های ثابت و متحرک توربین گاز با روش‌های محاسباتی
- توسعه روش‌های On Line Monitoring در نیروگاه‌های بخاری

- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده روتور توربین گاز و بخار با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی
- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه احتراق توربین گاز با روش‌های غیرمخرب و محاسباتی
- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده محفظه بخار و ولوها در واحدهای بخار
- تدوین روش‌های نوین بازرسی قطعات داغ نیروگاهی و ثبت تاریخچه بهره‌برداری
- تسلط بر بکارگیری فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده پره‌های توربین بخار
- تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی
- دستیابی به فناوری‌های مورد نیاز از طریق انتقال فناوری

پروژه‌های اجرایی

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 تنش‌های 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

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
۷	تدوین دانش 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 نرم‌افزارهای 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 با عمر باقیمانده 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

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تحلیل ریزساختاری آلیاژهای بکار رفته در محفظه بخار و ولوهای واحدهای بخار 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 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

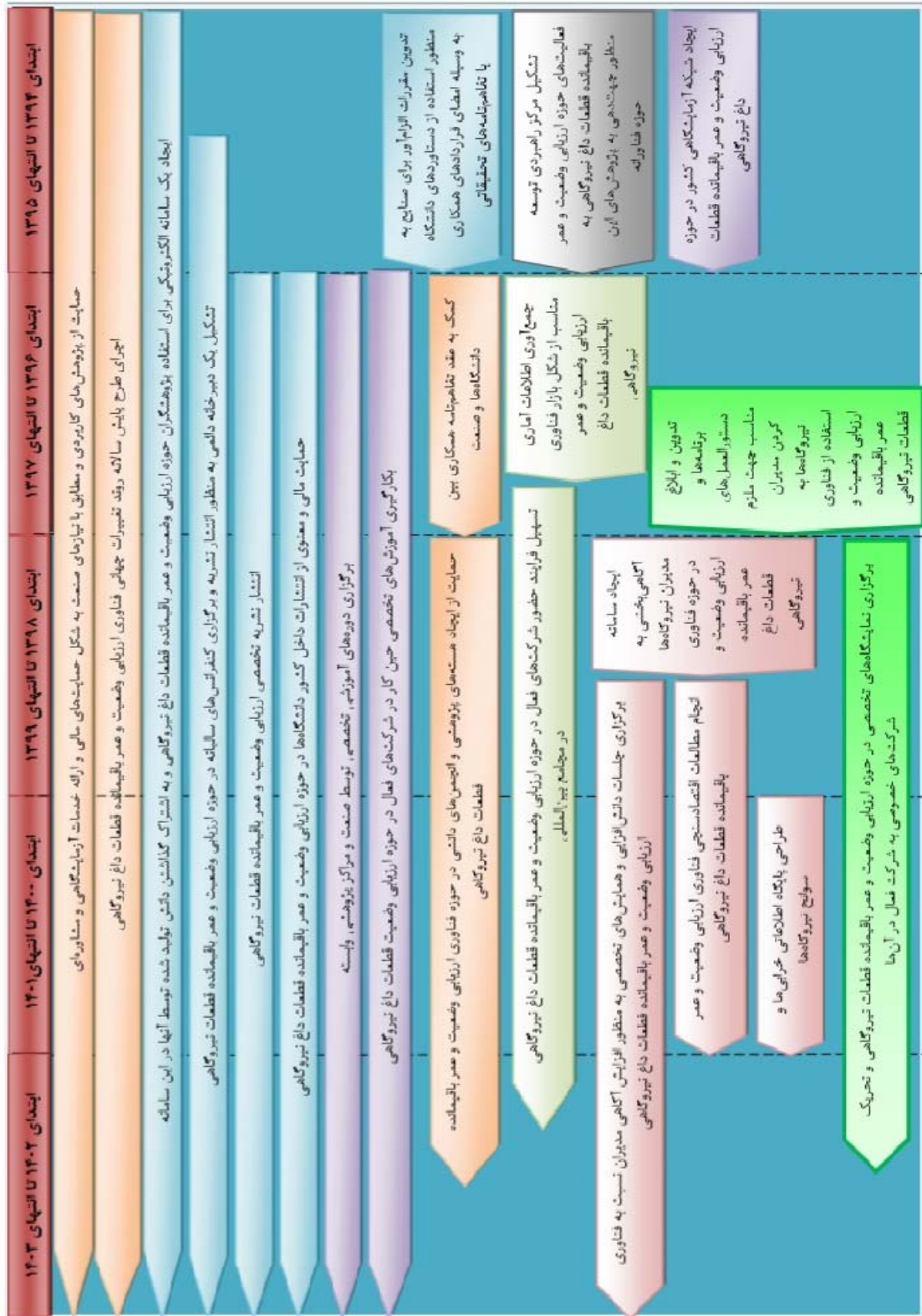
اقدام ۱۱: تسلط بر بکارگیری فناوری‌های تکمیلی مورد نیاز جهت ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده سایر قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی

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 پرها
۴	تدوین دانش فنی تعیین عمر پوشش‌های بکار رفته در پره‌های توربین گاز
۵	بررسی تاثیر نوع پوشش‌ها بر عمر پرها
۶	مانیتورینگ پره‌های توربین گاز
۷	بکارگیری تجهیزات نوین غیرمخرب جهت ارزیابی قطعات داغ نیروگاههای گازی
۸	تدوین دانش فنی تخمین عمر پرهایی 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

رهنگاشت توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده قطعات داغ نیروگاهی



سند توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و عمر باقیمانده
 قطعات داغ نیروگاهی

