

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور

مدیر پروژه: مهندس مسعود سلطانی حسینی
گروه پژوهشی سیکل و مبدل‌های حرارتی

راهبر: معاونت فناوری
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

مهندس سیدمحسن افتخاری ❏

مهندس فرید بشیری ❏

دکتر رامین حقیقی خوش‌خو ❏

دکتر مجید صفار اول ❏

مهندس غلامرضا مهرداد ❏

بهینه‌سازی مصرف سوخت در نیروگاه‌های حرارتی از جمله سرفصل‌های مهم صرفه‌جویی مصرف انرژی در کشور محسوب می‌گردد. با افزایش قیمت نفت و به تبع آن افزایش سهم سوخت در قیمت تمام شده برق تولیدی نیروگاه‌ها، ضرورت بررسی و ارائه راهکارهای افزایش راندمان بخوبی احساس می‌گردد. در این راستا و با توجه به رشد میزان مصرف انرژی در نیروگاه‌های کشور و وجود محدودیت‌ها و چالش‌های موجود در تأمین سوخت فسیلی مورد نیاز نیروگاه‌ها، ملاحظات زیست محیطی و افزایش قیمت جهانی سوخت‌های فسیلی، چگونگی مواجهه با این چالش‌ها برای هر یک از نیروگاه‌های کشور به عنوان یک موضوع قابل اعتنا مطرح گردیده است. هدف اصلی پروژه حاضر، بررسی و تدوین نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور است.

گزارش حاضر مربوط به مرحله اول پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور" می‌باشد. در فصل اول، ضمن بررسی کلیه قوانین و اسناد بالادستی در این حوزه، ابعاد موضوع، محدوده مطالعات، افق زمانی طرح، ضرورت‌های تدوین سند و مشخصه‌های کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و نهایتاً در فصل دوم جمع بندی و نتیجه‌گیری گزارش ارائه می‌گردد.

این گزارش توسط گروه بهره برداری پژوهشگاه نیرو تحت نظارت و هدایت اعضای محترم کمیته راهبری پروژه به شرح ذیل و مشاوره شرکت پیشگامان مدیریت توسعه تدبیر تهیه گردیده است که بدینوسیله از زحمات ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

- جناب آقای دکتر مجید صفار اول عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

- جناب آقای دکتر رامین حقیقی خوشخو عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

- جناب آقای مهندس غلامرضا مهرداد مدیر کل دفتر پشتیبانی فنی تولید شرکت توانیر

- جناب آقای مهندس سید محسن افتخاری مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق شهید محمد منتظری

- جناب آقای مهندس فرید بشیری مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق دماوند

فهرست مطالب

فصل اول	تدوین مبانی سند افزایش راندمان نیروگاهها	۱
۱-۱	تبيين ابعاد موضوع و محدوده مطالعات	۴
۱-۱-۱	هدف اصلی مطالعه	۴
۱-۱-۲	تبيين سطح تحليل	۵
۱-۱-۳	تبيين افق زمانی تحليل	۵
۱-۲	تبيين مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهها	۵
۱-۲-۱	مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای گازی	۵
۱-۲-۲	مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای بخاری	۶
۱-۲-۳	مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای سیکل ترکیبی	۹
۱-۳	رویکرد کشورهای مختلف در زمینه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی	۹
۱-۴	تبيين ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری طرحهای افزایش راندمان نیروگاهها	۱۶
۱-۴-۱	بررسی روشهای ارزیابی اقتصادی برای مقایسه طرحهای افزایش راندمان	۱۷
	روش ارزش فعلی (NPV)	۱۷
	روش یکنواخت سازی ارزش فعلی (AE)	۱۸
	روش نرخ بازدهی داخلی	۱۸
	روش منفعت به هزینه	۱۹
	روش مدت دوره بازگشت	۲۰
	روش قیمت تمام شده برق	۲۰
۱-۴-۲	هزینه سرمایه‌گذاری طرحهای افزایش راندمان نیروگاههای بخار نمونه (رامین و بندرعباس)	۲۱
۱-۴-۳	بررسی اقتصادی طرحهای افزایش راندمان نیروگاه بندرعباس	۲۴
۱-۴-۴	بررسی اقتصادی طرحهای افزایش راندمان نیروگاه رامین	۲۶

۱-۴-۵- تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی در واحد یک نیروگاه

بندرعباس ۲۸

۱-۴-۶- تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی در واحد یک نیروگاه

رامین اهواز ۳۰

۱-۴-۷- تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به طول عمر واحد ۳۲

۱-۴-۸- جمع بندی ارزیابی اقتصادی ۳۵

فصل دوم جمع بندی و نتیجه گیری ۳۸

مراجع : ۴۰

فهرست شکلها

- شکل (۱-۱) سهم تولید نیروگاه‌ها با سن بالای سی سال نسبت به کل در سال‌های مختلف [۱۰] ۱۰
- شکل (۲-۱) افزایش راندمان برای سیستم‌های جدیدتر [۱۱] ۱۱
- شکل (۳-۱) میزان تولید برق جهانی از منابع انرژی مختلف در سالهای آینده [۱۳] ۱۲
- شکل (۴-۱) نتایج اجرای طرح افزایش راندمان در کشورهای مختلف در خلال سالهای ۱۹۹۰-۲۰۱۰ [۱۶] ۱۳
- شکل (۵-۱) برنامه ریزی افزایش راندمان در نیروگاه‌های بخاری کشور آلمان [۱۶] ۱۵
- شکل (۶-۱) برنامه ریزی شرکت VGB برای افزایش راندمان در نیروگاه‌های بخار [۱۷] ۱۵
- شکل (۷-۱) قیمت سوخت‌های مصرفی نیروگاه‌ها از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۵ [۲۱] ۲۸
- شکل (۸-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۰] ۲۹
- شکل (۹-۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱] ۳۰
- شکل (۱۰-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه رامین [۲۱] ۳۱
- شکل (۱۱-۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه رامین [۲۱] ۳۲
- شکل (۱۲-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱] ۳۳
- شکل (۱۳-۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱] ۳۴
- شکل (۱۴-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه رامین [۲۱] ۳۴
- شکل (۱۵-۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه رامین [۲۱] ۳۵

فهرست جداول

- جدول (۱-۱) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای گازی..... ۷
- جدول (۲-۱) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای بخار..... ۸
- جدول (۳-۱) مشخصه‌های فناوری‌های مستقل واحدهای سیکل ترکیبی..... ۹
- جدول (۴-۱) طرح‌های آینده برای صنعت تولید برق در جهان [۱۴]..... ۱۴
- جدول (۵-۱) کاربرد روش‌های مختلف ارزیابی اقتصادی متناسب با عمر پروژه‌ها..... ۲۱
- جدول (۶-۱) قیمت طرح‌های افزایش راندمان برای نیروگاه بندرعباس [۲۱]..... ۲۲
- جدول (۷-۱) قیمت طرح‌های افزایش راندمان برای نیروگاه رامین [۲۱]..... ۲۲
- جدول (۸-۱) معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه بندرعباس با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]..... ۲۴
- جدول (۹-۱) معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه بندرعباس بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]..... ۲۶
- جدول (۱۰-۱) معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه رامین با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]..... ۲۷
- جدول (۱۱-۱) گزارش معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه رامین بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]..... ۲۷
- جدول (۱۲-۱) جمع‌بندی راهکارهای بهبود راندمان حائز اولویت اقتصادی برای واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱]..... ۳۷
- جدول (۱۳-۱) جمع‌بندی راهکارهای بهبود راندمان حائز اولویت اقتصادی برای واحد یک نیروگاه رامین [۲۱]..... ۳۷
- جدول (۱-۲) خلاصه قوانین و اسناد بالا دستی مرتبط با افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور..... ۳۸

فصل اول تدوین مبانی سند افزایش راندمان نیروگاهها

افزایش راندمان نیروگاهها در قوانین و برنامه‌های توسعه کشور مورد تأکید فراوان قرار گرفته است که از آنجمله میتوان به اسناد بالادستی زیر اشاره نمود:

قانون هدفمندکردن یارانه‌ها مصوب ۸۸/۱۰/۲۳

مطابق بند (ج) ماده یک این قانون، دولت مکلف است تا پایان برنامه پنجم توسعه کشور، هر ساله حداقل یک درصد بازده نیروگاههای کشور را افزایش دهد به طوری که تا پنج سال از زمان اجراء این قانون بازده نیروگاههای کشور به ۴۵٪ برسد. لازم بذکر است باتوجه به اجراء قانون هدفمندکردن یارانه‌ها در دو فاز و عدم اختصاص بودجه لازم به طرحهای افزایش راندمان طی ۴ سال اول برنامه پنجم توسعه کشور (سالهای ۱۳۹۲-۱۳۸۹)، عملاً اهداف تعیین شده فوق محقق نگردیده است. براساس اطلاعات آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۹۱، راندمان کل نیروگاههای کشور تا پایان سال ۱۳۹۱ به ۳۹/۴ رسیده است.

نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاههای کشور مصوب ۸۸/۰۳/۰۴

این نظامنامه در تاریخ ۸۸/۰۳/۰۴ توسط هیئت مدیره شرکت توانیر در ۶ ماده تصویب گردید. مطابق بند (۴-۵) این نظامنامه، بر اجراء طرحهای افزایش راندمان و تولید در واحدهای نیروگاهی تأکید شده است. بصورتیکه در پایان برنامه پنجم توسعه کشور، راندمان کلی نیروگاههای حرارتی کشور به ۴۱ درصد برسد (پیوست ۱). لازم بذکر است باتوجه به محدودیتهای مالی موجود در زمینه تأمین اعتبار اجراء طرحهای افزایش راندمان نیروگاهها، میزان راندمان ناخالص نیروگاههای حرارتی کشور تا پایان سال ۱۳۹۱ به حدود ۳۸/۱ درصد رسیده است.

قانون برنامه پنجم توسعه کشور مصوب ۸۹/۱۰/۱۵

مطابق ماده ۱۳۳ این قانون، شرکت توانیر و شرکتهای وابسته و تابعه وزارت نیرو موظفند به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه‌سازی تولید، افزایش راندمان نیروگاهها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت اقدامات لازم را بعمل آورند.

شورای اقتصاد در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۰۴/۰۲ درخواست شماره ۹۲/۴۳۵۳۷/۳۰/۱۰۰ مورخ ۱۳۹۲/۱۰/۱۱ وزارت نیرو مبنی بر اصلاح مجوز قبلی شورای اقتصاد به شماره ۱۱۴۰۷۸ مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۸ موضوع دستورالعمل بند "و" ماده (۱۳۳) قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران را بررسی و تصویب کرد متن زیر به عنوان تبصره (۴) به بند (۱) ماده (۷) دستورالعمل مذکور اضافه شود.

" تبصره چهار: وزارت نیرو مجاز است در مورد تشخیص نیاز به برق در طول سال‌های باقیمانده برنامه پنجم توسعه با متقاضیان بخش غیردولتی احداث نیروگاه قرارداد تبدیل انرژی با شرایط زیر منعقد نماید:

الف- نرخ خرید برق در سال ۱۳۹۳ در نیروگاه‌های با راندمان ۵۰٪ را برابر ۷۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت تعیین نماید و در صورتی که راندمان کمتر یا بیشتر از ۵۰٪ باشد به همان نسبت نرخ مذکور تغییر می‌یابد.

ب- در سال‌های بعد نرخ خرید مذکور براساس شاخص ترکیبی ارز و تورم (موضوع ماده ۶ این دستورالعمل) مورد تعدیل قرار می‌گیرد.

ج- طول دوره قرارداد با سرمایه‌گذاران حداکثر معادل ۵ سال (۶۰ ماه) می‌باشد و غیرقابل تمدید خواهد بود.

قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۸۹/۱۲/۱۱

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

استاندارد معیار بازده خالص نیروگاههای حرارتی به شماره ۱۳۳۷۵ انتشار ۱۳۹۱/۰۲/۰۱

استاندارد "معیار بازده خالص در واحدهای تبدیل کننده سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی (نیروگاههای حرارتی سوخت فسیلی) و به انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی به طور همزمان (CCHP)" که بوسیله وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی - دفتر بهینه‌سازی مصرف انرژی تهیه و تدوین شده، در تاریخ ۱۳۹۱/۰۲/۰۱ به صورت رسمی از سوی سازمان ملی استاندارد ایران منتشر گردید (پیوست ۲). این استاندارد برای تعیین بازده خالص حرارتی کلیه نیروگاههای حرارتی سوخت فسیلی (نیروگاه های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی) و واحدهای تبدیل کننده سوخت فسیلی به انرژی الکتریکی و حرارتی به طور همزمان (CCHP)، برای واحدهای در حال بهره‌برداری و واحدهایی که در آینده مورد بهره‌برداری قرار خواهند گرفت، کاربرد دارد.

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

G	F	E	D	C	B	A
$25 \leq \eta < 30$	$30 \leq \eta < 35$	$35 \leq \eta < 40$	$40 \leq \eta < 45$	$45 \leq \eta < 50$	$50 \leq \eta < 60$	$\eta \geq 60$

قانون بودجه سال ۹۲ کشور مصوب ۹۲/۰۳/۲۱

مطابق بند (۱۹) این قانون، به منظور اجرای طرحهای افزایش بازدهی نیروگاهها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاههای سیکل ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه‌سازی مصرف، صرفه‌جویی در مصرف سوخت مایع و افزایش سهم صادرات سوخت، به وزارت نیرو اجازه داده می‌شود تا سقف ۱۲۰ هزار میلیارد ریال به روش بیع متقابل با سرمایه گذاران بخش‌های خصوصی و عمومی قرارداد منعقد نماید.

لازم بذکر است تسهیلات مذکور در بودجه سال ۱۳۹۳ نیز (تبصره ۱۱ ماده ۱) پیش‌بینی شده است.

سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو- اهداف استراتژیک و استراتژی‌های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور

این سند در سال ۱۳۸۷ توسط وزارت نیرو تدوین گردید. براساس این سند، ارتقای راندمان نیروگاه‌های برق و کاهش هزینه‌های تمام شده تولید جزو اهم استراتژی‌های سطح اول وزارت نیرو در بخش تولید می‌باشد که از روش‌های ذیل قابل تحقق می‌باشد:

- تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی و استفاده از فناوری‌های نوین تولید برق
- اولویت در تأمین نیاز مصرف از طریق نیروگاه‌های با راندمان بالاتر
- اجرای طرح‌های ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌ها با استفاده از شاخص‌های سنجش راندمان متناسب با نوع فناوری و در جهت اجرای طرح‌های تشویقی و تنبیهی
- اجرای طرح‌های ارتقاء بهره‌وری انرژی در نیروگاه‌ها و رتبه‌بندی نیروگاه‌ها با شاخص‌های بهره‌وری انرژی
- تولید همزمان برق و حرارت
- ارتقای سطح استانداردهای فنی تولید برق و نوسازی تجهیزات صنعت برق
- تقویت مدیریت بهینه بهره‌برداری از نیروگاه‌های برق آبی
- استفاده از انرژی حرارتی نیروگاه‌های مجاور یا داخل شهرها جهت مصارف منازل و واحدهای صنعتی
- بکارگیری فناوری مولدهای پراکنده بالاخص به صورت همزمان برق و حرارت در نقطه مصرف

۱-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

۱-۱-۱- هدف اصلی مطالعه

مطابق قانون هدفمند کردن یارانه‌ها دولت مکلف است تا ۵ سال از زمان اجرای این قانون، بازده نیروگاه‌های کشور را به ۴۵ درصد برساند. لذا هدف اصلی از تهیه این سند، تهیه یک نقشه راه جهت دستیابی به این موضوع می‌باشد. همچنین به منظور تحقق اهداف تعیین شده در سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴، یک برنامه ده ساله در این مطالعه طراحی و ارائه خواهد گردید.

۱-۱-۲- تبیین سطح تحلیل

محدوده انجام مطالعات در سطح صنعت برق کشور بوده و انواع نیروگاه‌های حرارتی کشور شامل گازی، بخاری و سیکل ترکیبی را شامل می‌گردد. نیروگاه‌های تجدیدپذیر شامل نیروگاه‌های برفایی، خورشیدی، بادی و زمین گرمایی و نیز نیروگاه‌های هسته‌ای و دیزلی در این پروژه مورد توجه قرار نمی‌گیرند زیرا در پروژه‌های جداگانه‌ای مورد بررسی قرار خواهند گرفت. این مطالعه نیروگاه‌های جدید که در طی افق زمانی مورد مطالعه احداث خواهند گردید را دربر نمی‌گیرد. لازم به ذکر است تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های توربین گاز و توربین بخار در پروژه‌های مستقلی در دست اجرا می‌باشد.

۱-۱-۳- تبیین افق زمانی تحلیل

همانطور که در بخش (۱-۱-۱) ذکر شده باتوجه به اهداف تعیین شده در قانون هدفمندکردن یارانه‌ها، افق کوتاه مدت این مطالعه پنج ساله می‌باشد. همچنین به منظور دستیابی به اهداف کلان سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴، یک افق زمانی بلندمدت ۱۰ ساله نیز در این مطالعه در نظر گرفته خواهد شد تا بتوان با توجه به وجود عدم قطعیت‌های موجود در اجرای طرح‌های افزایش راندمان و توسعه نیروگاه‌ها، یک تصویر واقعی از راندمان نیروگاه‌های کشور در سناریوهای مختلف تا افق ۱۴۰۴ ارائه نمود.

۱-۲- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

در این بخش جایگاه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها از جنبه‌های مختلف از جمله سابقه حضور آنها در بازار، ساده یا پیشرفته بودن آنها، چگونگی بکارگیری آنها در فرآیند تولید برق در نیروگاه‌ها و نیز میزان توسعه‌یافتگی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. باتوجه به اینکه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است، این فناوری‌ها در سه گروه واحدهای گازی، بخاری و سیکل ترکیبی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

۱-۲-۱- مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای گازی

مشخصات فناوری‌های مختلف افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی از جنبه‌های ذیل قابل بررسی می‌باشد:

- چرخه عمر بازار
- سطح پیچیدگی فناوری

- محل بکارگیری فناوری در فرآیند تولید برق

- چرخه عمر فناوری

- میزان تأثیر بکارگیری فناوری در افزایش راندمان واحد

- سطح توانمندی داخلی

هریک از مشخصه‌های فوق برای فناوری‌های مختلف را می‌توان به صورت کیفی در سه سطح دسته‌بندی نمود. این سطوح برای مشخصه چرخه عمر بازار و فناوری به ترتیب مراحل بلوغ، رشد و نزول می‌باشد. همچنین مشخصه سطح پیچیدگی فناوری به ترتیب در سه سطح ساده، متوسط و پیچیده دسته‌بندی شده است. میزان افزایش راندمان ناشی از بکارگیری فناوریهای مختلف نیز در سه سطح بالا (بیش از ۱ درصد)، متوسط (بین ۰٫۵ تا ۱ درصد) و پائین (کمتر از ۰٫۵ درصد) دسته‌بندی گردیده است. شاخص سطح توانمندی داخلی در طراحی، ساخت و بکارگیری فناوری‌ها نیز در سه سطح بالا (بومی‌سازی کامل)، متوسط (توانایی ساخت با مهندسی معکوس) و پائین (بکارگیری فناوری خارجی) قابل تقسیم‌بندی می‌باشد.

براساس بررسی‌های صورت گرفته در مراجع و منابع مختلف [۱، ۲، ۴، ۵، ۷] فناوری‌های اصلی افزایش راندمان برای واحدهای گازی در جدول (۱-۱) به همراه مشخصات اصلی هر یک براساس شاخصهای فوق‌الذکر ارائه شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود فناوری‌های سیستم‌های خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش‌های فاگ و تبریدی، سیستم شستشوی آنالاین پره‌های کمپرسور، فناوری بکارگیری سیل‌های پیشرفته در توربین و کمپرسور، طراحی پره‌های پیشرفته برای توربین و کمپرسور، افزایش دمای ورودی توربین و نیز بکارگیری فناوریهای تولید همزمان برق، حرارت و سرما (CCHP) و توربین‌های انبساطی از نظر میزان تأثیر در افزایش راندمان واحد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند.

۱-۲-۲- مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای بخاری

در جدول (۱-۲) فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار به همراه مشخصه‌های تکنولوژیکی آنها براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع مختلف ارائه گردیده است [۲، ۱، ۳، ۵، ۶]. همانطور که ملاحظه می‌شود فناوری‌های سطوح حرارتی و سیل‌های پیشرفته برای پیش گرمکن هوای بویلر، دوده‌زدای آکوستیکی سطوح حرارتی بویلر، پره‌های پیشرفته توربین با طراحی سه بعدی، سیستم‌های نوین تمیزکاری کندانسور و نیز فناوری‌های بازتوانی واحدهای بخاری قدیمی و تولید همزمان برق، حرارت و سرما از نظر تأثیر در افزایش راندمان در سطح بالا قرار دارند.

جدول (۱-۱) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای گازی

ردیف	نام فناوری	چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	محل بکارگیری	چرخه عمر فناوری	میزان تأثیر در افزایش راندمان	سطح توانمندی داخلی
۱	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش مدیا	بلوغ	ساده	سیستم هوای ورودی	بلوغ	متوسط	بالا
۲	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش فاگ	رشد	پیچیده	سیستم هوای ورودی	رشد	بالا	متوسط
۳	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش تبریدی	رشد	متوسط	سیستم هوای ورودی	بلوغ	بالا	متوسط
۴	سیستم‌های سرمایه‌گذاری مبتنی بر ذخیره‌سازی سرما	رشد	متوسط	سیستم هوای ورودی	بلوغ	بالا	متوسط
۵	سیستم فیلتراسیون پیشرفته هوای ورودی	بلوغ	متوسط	سیستم هوای ورودی	بلوغ	متوسط	متوسط
۶	سیستم شستشوی آنلاین پره‌های کمپرسور	رشد	متوسط	کمپرسور	بلوغ	بالا	پائین
۷	سیل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	کمپرسور، توربین	رشد	متوسط	پائین
۸	سیستم تنظیم بهینه پره‌های ورودی کمپرسور	رشد	متوسط	کمپرسور، سیستم کنترل	بلوغ	متوسط	متوسط
۹	سیستم پایش محفظه احتراق	رشد	پیچیده	محفظه احتراق	رشد	پائین	پائین
۱۰	تزیق بخار به داخل محفظه احتراق	رشد	متوسط	محفظه احتراق	رشد	پائین	متوسط
۱۱	عایق‌های پیشرفته	رشد	متوسط	محفظه احتراق، توربین	بلوغ	پائین	متوسط
۱۲	مشعل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	محفظه احتراق	بلوغ	پائین	پائین
۱۳	پره‌های پیشرفته با طراحی سه‌بعدی	رشد	پیچیده	توربین، کمپرسور	رشد	بالا	متوسط
۱۴	افزایش دمای ورودی توربین	رشد	متوسط	توربین، محفظه احتراق	رشد	بالا	متوسط
۱۵	خنک‌کاری پیشرفته پره‌های توربین	رشد	پیچیده	توربین	رشد	پائین	پائین
۱۶	سیستم خنک‌کاری پیشرفته روغن روانکاری	بلوغ	متوسط	سیستم جانبی	بلوغ	پائین	متوسط
۱۷	سیستم خنک‌کاری پیشرفته ژنراتور	بلوغ	متوسط	سیستم جانبی	بلوغ	پائین	متوسط
۱۸	سیستم پایش عملکرد آنلاین واحد	رشد	متوسط	سیستم کنترل	بلوغ	بالا	متوسط
۱۹	تبدیل به سیکل ترکیبی	بلوغ	متوسط	فرآیند	رشد	بالا	بالا
۲۰	سیستم تولید همزمان برق، حرارت، سرما و آب شیرین	بلوغ	متوسط	فرآیند	رشد	بالا	متوسط
۲۱	توربین آنسامطی	رشد	پیچیده	فرآیند	رشد	بالا	متوسط

جدول (۱-۲) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای بخار

ردیف	نام فناوری	سابقه حضور در بازار	سطح پیشرفته بودن	محل بکارگیری در فرآیند	میزان توسعه یافتگی	میزان تأثیر در افزایش راندمان	سطح بومی سازی
۱	سطوح حرارتی و سیل‌های پیشرفته برای پیش گرمکن هوای بویلر	رشد	متوسط	بویلر	رشد	متوسط	متوسط
۲	سیستم‌های پیشرفته تمیزکاری سطوح حرارتی بویلر	رشد	پیچیده	بویلر	رشد	متوسط	متوسط
۳	مشعل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	بویلر	بلوغ	پائین	پائین
۴	سیستم تنظیم بهینه احتراق در بویلر	بلوغ	ساده	بویلر	بلوغ	پائین	متوسط
۵	عایق‌های پیشرفته	رشد	متوسط	بویلر و توربین	بلوغ	پائین	متوسط
۶	فن‌های پیشرفته (GR, FD, ID) بویلر	رشد	متوسط	بویلر و توربین	بلوغ	پائین	متوسط
۷	پره‌های پیشرفته توربین با طراحی سه بعدی	رشد	پیچیده	توربین	رشد	بالا	پائین
۸	سیل‌های پیشرفته توربین	رشد	پیچیده	توربین	رشد	متوسط	پائین
۹	هیترهای پیشرفته آب تغذیه	رشد	متوسط	سیکل حرارتی	بلوغ	پائین	پائین
۱۰	سطوح حرارتی پیشرفته برای کندانسور	رشد	متوسط	کندانسور	رشد	پائین	پائین
۱۱	سیستم نوین تمیزکاری کندانسور	بلوغ	متوسط	کندانسور	بلوغ	متوسط	پائین
۱۲	سیستم کنترل شیمیایی پیشرفته سیکل آب و بخار	رشد	ساده	سیکل حرارتی و بویلر	بلوغ	پائین	بالا
۱۳	پکینگ‌های پیشرفته برای برج‌های خنک‌کن تر	بلوغ	ساده	برج خنک‌کن	بلوغ	متوسط	متوسط
۱۴	سیستم‌های خنک‌کن پیشرفته	رشد	متوسط	برج خنک‌کن	بلوغ	پائین	متوسط
۱۵	سیستم بهینه‌سازی فن‌های برج‌های خنک‌کن خشک	بلوغ	ساده	برج خنک‌کن	بلوغ	پائین	بالا
۱۶	کنترل بهینه دبی آب تغذیه و آب اسپری	بلوغ	متوسط	سیکل حرارتی و بویلر	بلوغ	متوسط	بالا
۱۷	سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحد	رشد	متوسط	سیستم اندازه‌گیری و کنترل	بلوغ	بالا	متوسط
۱۸	بهره برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	بلوغ	متوسط	سیکل حرارتی	بلوغ	متوسط	متوسط
۱۹	درایوهای دور متغیر برای پمپ‌های آب تغذیه	رشد	بالا	سیکل حرارتی	بلوغ	متوسط	پائین
۲۰	بازتوانی واحدهای بخار قدیمی	رشد	پیچیده	سیکل حرارتی	رشد	بالا	متوسط
۲۱	تولید همزمان برق، حرارت و سرما	بلوغ	متوسط	سیکل حرارتی	بلوغ	بالا	متوسط
۲۲	توربین‌های انبساطی	رشد	پیچیده	سیکل حرارتی	بلوغ	بالا	متوسط

۱-۲-۳- مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان واحدهای سیکل ترکیبی

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، تلفیقی از واحدهای گازی و بخاری می‌باشند. لذا فناوری‌های افزایش راندمان ذکر شده برای واحدهای گازی و بخاری (جدول ۱-۱ و ۱-۲) برای این واحدها نیز صادق می‌باشد. به جزء موارد فوق‌الذکر، فناوری سیستم تنظیم بار بهینه بلوک سیکل ترکیبی در این واحدها مطرح می‌باشد که وظیفه تنظیم و هماهنگی بار واحدهای گازی و بخاری در شرایط راندمان حداکثری را برعهده دارد. همچنین برای واحدهای سیکل ترکیبی که دارای مشعل‌های کانالی در ورودی بویلر بازیاب می‌باشند، فناوری بهینه‌سازی عملکرد مشعل‌های فوق جهت افزایش راندمان این واحدها را می‌توان به سایر فناوری‌های ذکر شده قبلی اضافه نمود. مشخصه‌های فناوری‌های مستقل واحدهای سیکل ترکیبی در جدول (۱-۳) نشان داده شده است.

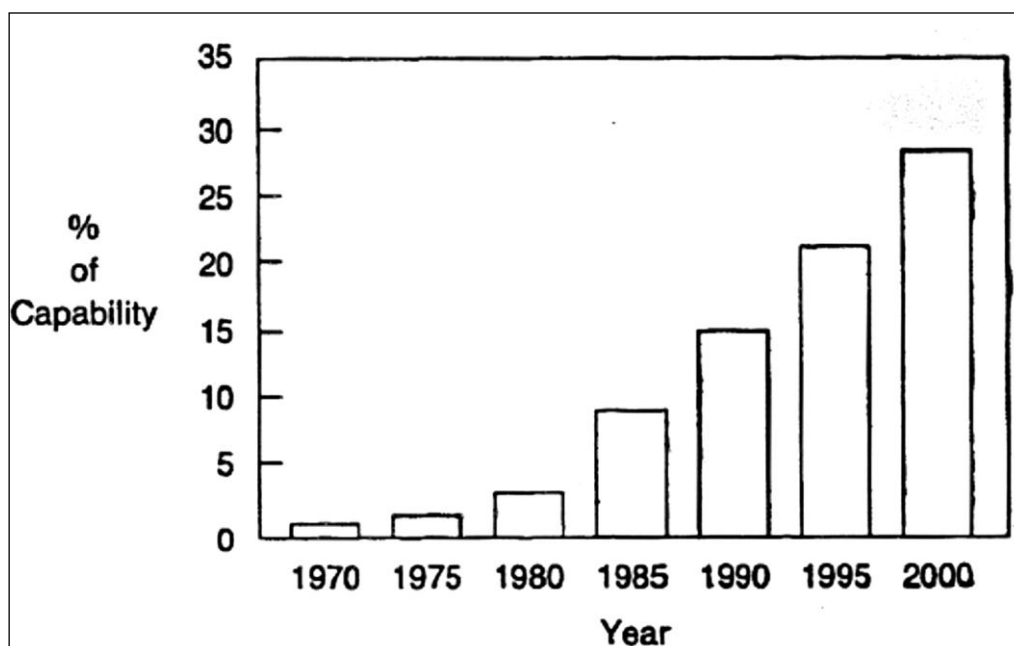
جدول (۱-۳) مشخصه‌های فناوری‌های مستقل واحدهای سیکل ترکیبی

ردیف	نام فناوری	سابقه حضور در بازار	سطح پیشرفته بودن	محل بکارگیری در فرآیند	مزایات توسعه یافتگی	میزان تأثیر در افزایش راندمان	سطح بومی سازی
۱	سیستم توزیع بار بهینه بین واحدهای بلوک سیکل ترکیبی	بلوغ	متوسط	سیستم کنترل	بلوغ	بالا	متوسط
۲	بهینه‌سازی عملکرد مشعل‌های کانالی	بلوغ	متوسط	بویلر بازیاب	بلوغ	پائین	متوسط
۳	سیستم پایش عملکرد آنلاین بلوک سیکل ترکیبی	رشد	متوسط	سیستم کنترل	بلوغ	بالا	متوسط

۱-۳- رویکرد کشورهای مختلف در زمینه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی

با توجه به روند رو به رشد صنایع و افزایش نیاز به برق، تولید برق تا سال ۲۰۰۰ رشد فزاینده‌ای داشت بطوریکه در اواخر این دوره سازندگان نیروگاه‌های حرارتی با نرخ ۲ تا ۳ برابر متوسط دهه‌های گذشته به احداث واحدهای تولید برق پرداختند [۸]. این روند حوالی سال ۲۰۰۰ با تأمین شدن نیاز برق اروپا و آمریکا متوقف گردید. ولی نیاز به جایگزین کردن نیروگاه‌های مسن در سال‌های بعد بوجود آمد. به طور مثال فقط در اروپا تا سال ۲۰۲۰، حدود ۲۰۰ گیگاوات واحدهای تولید می‌بایست جایگزین شوند. مورد دیگری که بر روند تولید نیروگاه‌ها تاثیر گذاشته است کمیاب شدن سوخت‌های مرغوب مایع و گازی است که در اولویت بودن نیروگاه‌های سیکل ترکیبی را زیر سوال برده و تولید نیروگاه‌های زغال‌سنگی را در برخی مناطق رواج داده است.

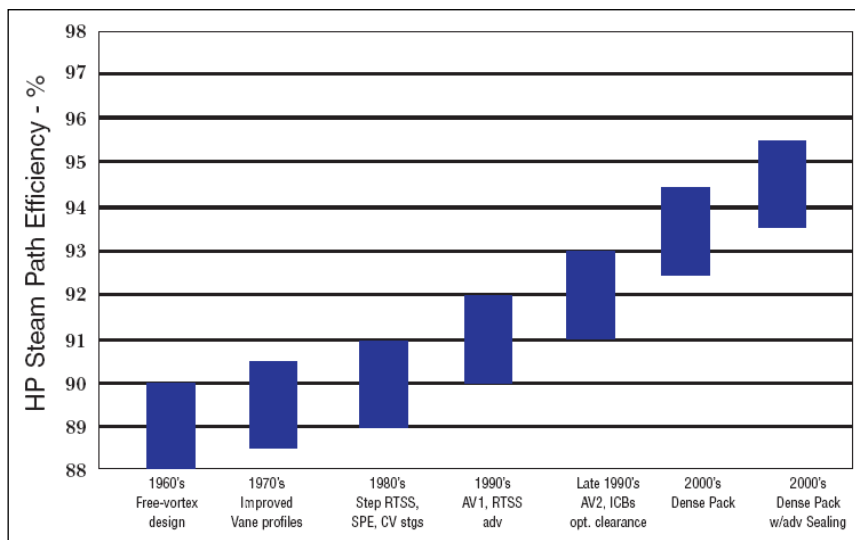
وابستگی تولید برق به واحدهای بالای سی سال که واحدهای قدیمی به حساب می‌آیند، در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. همانطور که از این نمودار بر می‌آید، وابستگی به نیروگاه‌های قدیمی با نزدیک شدن به سال ۲۰۰۰ به سرعت افزایش یافته است [۱۰].



شکل (۱-۱) سهم تولید نیروگاه‌ها با سن بالای سی سال نسبت به کل در سال‌های مختلف [۱۰]

با استفاده از تکنولوژی‌های جدید نه تنها قسمت از دست رفته راندمان بازیابی می‌شود، بلکه حتی راندمان به مقداری بیشتر از حالت اولیه افزایش داده می‌شود. همزمان با افزایش راندمان، نرخ کاهش آن با گذشت زمان نیز کمتر می‌شود. تکنولوژی‌های ذکر شده شامل موارد بسیاری می‌باشد که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

واحدهایی که در فاصله سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ نصب شده ۱/۵ تا ۳/۵ درصد راندمان کلی بهتری نسبت به واحدهای قدیمی‌تر داشتند. به طور مثال شکل (۲-۱) نمونه‌ای از افزایش راندمان را برای سیستم‌های جدیدتر نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲) افزایش راندمان برای سیستم‌های جدیدتر [۱۱]

در سال ۱۹۹۲ انجمن جهانی انرژی ۱ و آژانس انرژی و محیط زیست ۲ تفاهم نامه‌ای را به منظور مشخص نمودن سیاست‌های جهانی در زمینه افزایش بازدهی تولید و مصرف انرژی در جهان امضا کردند. بالغ بر ۷۰ کشور عضو از سراسر دنیا، متعهد شدند که به موارد ذکر شده در تفاهم نامه عمل کنند. تفاهم نامه شامل بندهای مختلفی بود که یکی از آنها، افزایش بازدهی تولید برق از طریق نوسازی نیروگاه‌های قدیمی و استفاده از تکنولوژی‌های مدرن بود. در زمان امضای تفاهم‌نامه، متوسط بازدهی نیروگاه‌های حرارتی در کشورهای عضو ۳۴٪ بود که نسبت به کشورهای اروپایی که نیروگاه‌های حرارتی با متوسط بازدهی ۴۰٪ داشتند، پایین تر بود. کشورهای عضو، متعهد شدند که تا سال ۲۰۰۶ متوسط بازدهی نیروگاه‌های حرارتی خود را افزایش دهند. طی برآورد انجام شده در آن زمان، اگر کشورهای عضو می‌توانستند متوسط بازدهی نیروگاه‌های حرارتی خود را به ۴۰٪ درصد برسانند در حدود ۴۲۰ میلیون تن نفت خام معادل ۳ و اگر متوسط بازدهی نیروگاه‌های حرارتی خود را به ۴۶٪ می‌رسانند ۷۷۰ میلیون تن نفت خام معادل در مصرف جهانی سوخت صرفه‌جویی می‌شد [۱۲].

بر اساس گزارشی دیگر که آژانس بین المللی انرژی ۴ در سال ۲۰۰۴ تحت عنوان چشم‌انداز انرژی جهانی ۵ ارائه داد، تا سال ۲۰۳۰ سوخت‌های فسیلی به عنوان منابع اصلی تولید برق باقی خواهند ماند. همچنین تا سال ۲۰۳۰ حدود ۱۴۰۰ گیگاوات به

1 World Energy Council (WEC)

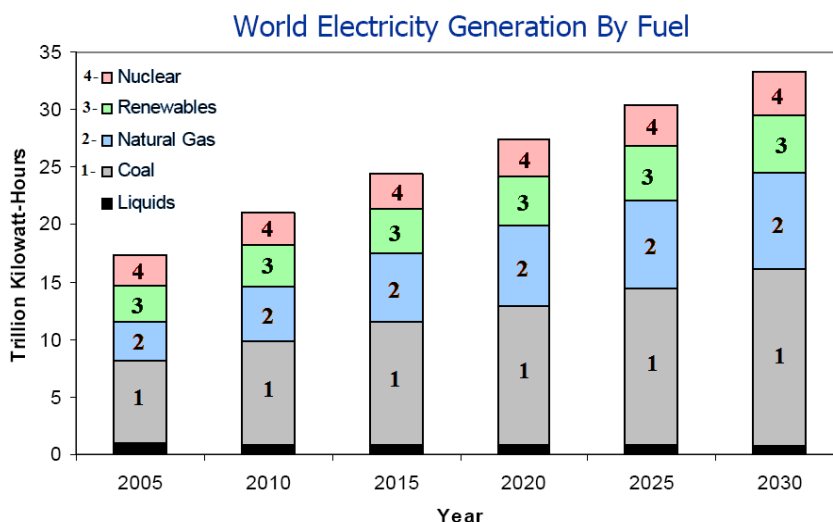
2 ADEME

3 Million Tons of Oil Equivalent (Mtoe)

4 International Energy Agency (IEA)

5 World Energy Outlook

ظرفیت نیروگاه‌های جهان افزوده خواهد شد که اکثر آنها نیروگاه‌هایی با سوخت فسیلی می‌باشند. از سوی دیگر در اغلب موارد عمر نیروگاه‌های فسیلی بالغ بر ۴۰ سال و یا بیشتر می‌باشد. از اینرو، می‌توان پیش‌بینی کرد که تا سال ۲۰۵۰ نیز سوخت‌های فسیلی به عنوان منابع اصلی تولید انرژی باقی خواهند ماند (شکل ۱-۳) میزان برق تولیدی از منابع مختلف انرژی را در سال‌های آتی نشان می‌دهد [۱۳]. بنابراین ساخت نیروگاه‌های مدرن سوخت فسیلی با حداقل تولید گازهای گلخانه‌ای و حداکثر راندمان تولید، یکی موارد مورد توجه صنعت و دولت‌ها می‌باشد [۱۴].

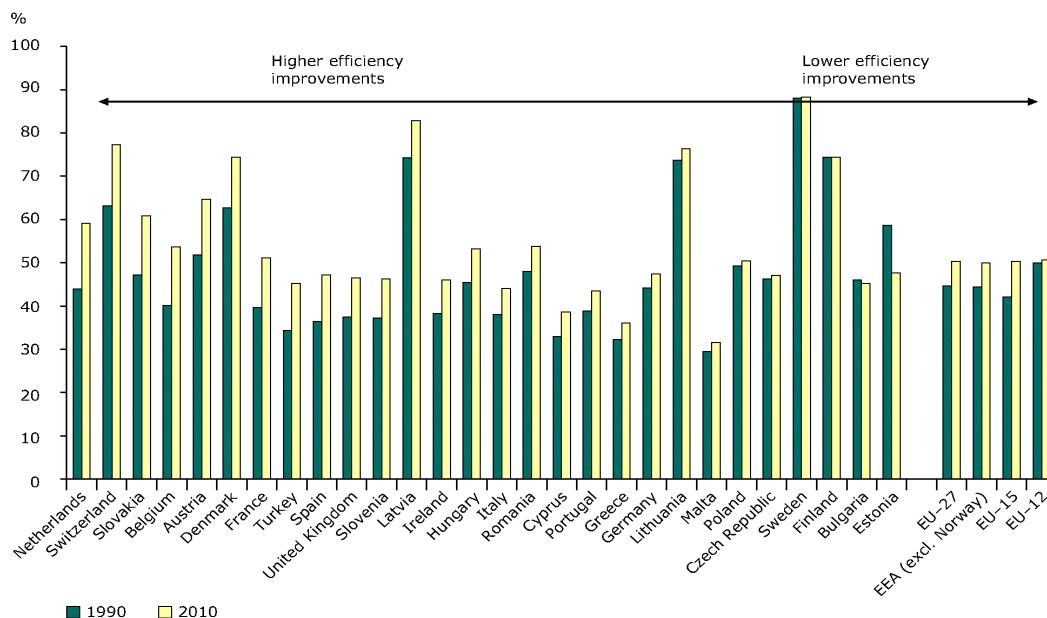


شکل (۱-۳) میزان تولید برق جهانی از منابع انرژی مختلف در سال‌های آینده [۱۳]

از سوی دیگر طبق پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۵۰ درصد برق تولیدی دنیا از تکنولوژی‌هایی خواهد بود که در دهه ۹۰ پدیدار شدند. تکنولوژی‌هایی چون نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، نیروگاه‌های با سوخت زغالسنگ پیشرفته و نیروگاه‌های انرژی نو از جمله آنها خواهند بود. بر اساس آمارهای موجود، در نیروگاه‌های نسل جدید، استفاده از زغالسنگ با تکنولوژی حاضر از ۳۶ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۱۲ درصد در سال ۲۰۳۰ کاهش پیدا خواهد کرد ولی استفاده از زغالسنگ با تکنولوژی پیشرفته به مرز ۳۳ درصد در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید همچنین استفاده از گاز طبیعی از ۱۶ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۲۵ درصد در سال ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. بنابراین طبق آمارهای موجود نیروگاه‌های سوخت فسیلی قسمت اعظم تولید برق جهان را در سال‌های آتی به عهده دارند [۱۵].

هنگامی که این مسئله در کنار مصرف رو به رشد منابع فسیلی و هزینه‌های فزاینده آنها قرار می‌گیرد می‌توان به وضوح مشاهده کرد که چرا راندمان نیروگاه‌های حرارتی تا این حد اهمیت یافته و برنامه‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در

کشورهای مختلف با جدیت خاصی پیگیری می‌شود. شکل (۴-۱) به طور کیفی نتایج برنامه‌های افزایش راندمان در فاصله سالهای ۱۹۹۰ و ۲۰۰۴ را در چند کشور نشان می‌دهد.



شکل (۴-۱) نتایج اجرای طرح افزایش راندمان در کشورهای مختلف در خلال سالهای ۱۹۹۰-۲۰۱۰ [۱۶]

پس از ساخت اولین نیروگاه بخار، تکنولوژی‌های ساخت نیروگاه‌های سوخت فسیلی به طور مداوم بهبود یافت و راه‌کارهای مختلفی جهت افزایش کارایی این نوع نیروگاه‌ها ارائه گردید. برخی از راه‌های رایج افزایش راندمان نیروگاه‌ها به صورت زیر بیان می‌گردند:

۱. ساخت بویلرهایی با دما و فشار بخار بالاتر.

۲. استفاده از توربین‌های پیشرفته‌ای که بتوانند حداکثر کار خروجی را از بخار تولید شده در دما و فشار بالاتر تولید کنند.

۳. توربین‌های گازی که بتوانند دمای بالای حاصل از گازهای احتراق را تحمل کنند.

۴. استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته جهت تبدیل نفت خام یا زغال سنگ به گازهای قابل اشتعال.

بهبود در راندمان نیروگاه‌ها نیاز به تکنولوژی، سیستم‌های مدرن و پشتیبانی علوم پیشرفته دارد. از جمله این علوم می‌توان به تولید موادی با مقاومت حرارتی بالا، مدلسازی و بهینه‌سازی روش‌های احتراق، تولید حسگرهای جدید و سیستم‌های کنترلی پیشرفته و غیره اشاره نمود که اکثر این علوم در حال حاضر وجود دارند و برای بهبود بیشتر فقط نیاز به پتانسیل‌های جایگزین

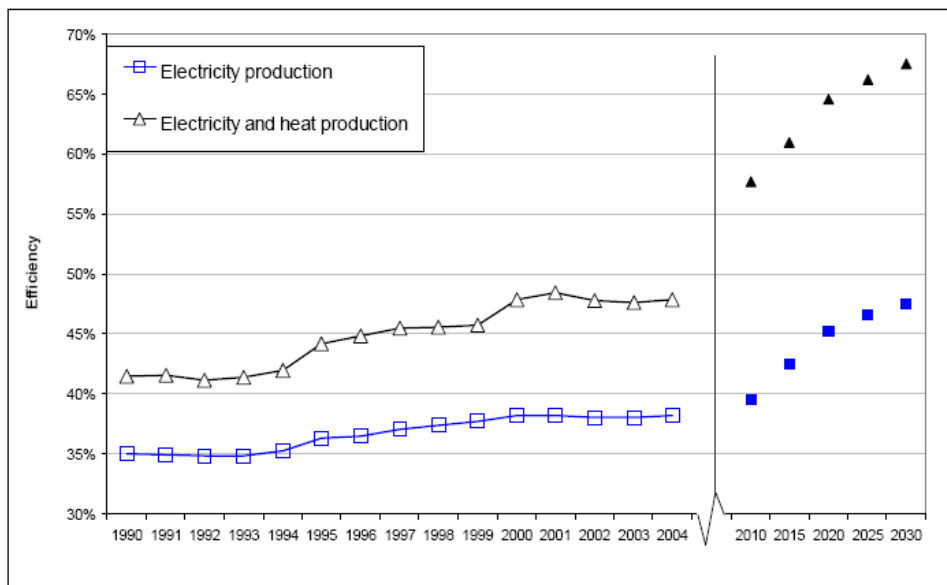
می‌باشد. به عنوان مثال در حال حاضر تکنولوژی‌هایی وجود دارند که بازده نیروگاه‌هایی با سوخت زغالسنگ را تا حدود ۴۷٪ افزایش داده‌اند و از نظر تئوری این میزان تا ۶۰٪ نیز قابل دسترسی می‌باشد [۱۴]. امروزه تکنولوژی‌های مختلفی در زمینه ساخت نیروگاه‌های پیشرفته بوجود آمده است. این برنامه‌ها به صورت طرح‌های کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت ارائه شده‌اند (جدول ۱-۴).

جدول (۱-۴) طرح‌های آینده برای صنعت تولید برق در جهان [۱۴]

بلند مدت	میان مدت	کوتاه مدت
گازی سازی سوخت های جامد	سوخت زغال سنگ پودر شده و فوق فوق بحرانی ۲	زغال سنگ پودر شده ۱
پیل های سوختی	توربین های گازی پیشرفته	توربین های گازی پیشرفته
سیستم های ترکیبی توربین گاز	بستر شناور ۳ (فوق بحرانی)	بستر شناور
سیکل های مدرن	سیستم های ترکیبی توربین گاز (به صورت محدود)	
	تبدیل به گاز کردن سوخته های جامد ۴ (به صورت محدود)	
	پیل های سوختی ۵ (به صورت محدود)	

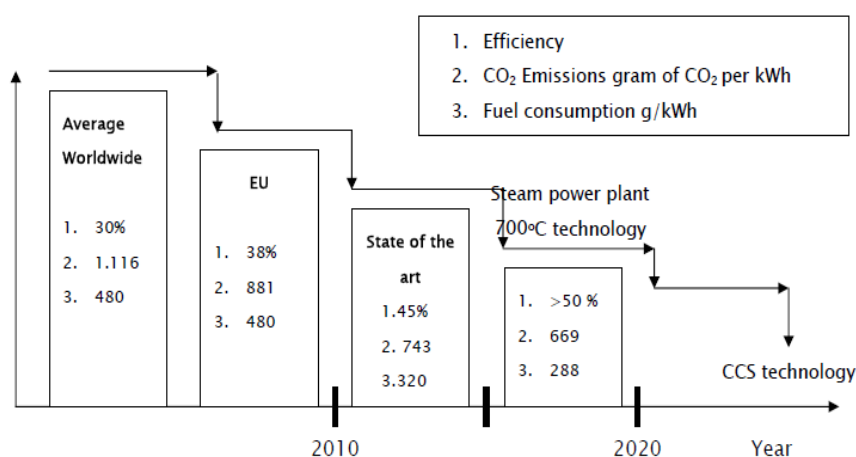
تمایل به بکارگیری سیکل‌های ترکیبی در اتحادیه اروپا بعنوان عاملی مهم در افزایش راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی مد نظر بوده است. البته تلاشها در جهت افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار همچنان ادامه دارد تا راندمان واحدهای فعلی در محدوده ۴۵-۴۰٪ قرار گیرد علاوه بر این، تلاش می‌شود با بکارگیری تکنولوژیهای برتر این میزان به حدود ۵۰٪ برای نیروگاه‌های جدید برسد. در شکل (۱-۵) برنامه افزایش راندمان نیروگاه‌های بخاری در کشور آلمان ارائه شده است.

- 1 Pulverised coal
- 2 Ultra supercritical
- 3 Fluidized bed
- 4 Gasification
- 5 Fuell cells



شکل (۵-۱) برنامه ریزی افزایش راندمان در نیروگاه‌های بخاری کشور آلمان [۱۶]

در کشورهای پیشرفته ارزیابی راندمان نیروگاه‌ها به شکلی منسجم پیگیری می‌شود. بطور مثال شرکت‌هایی مانند VGB^۱ از سال ۱۹۷۰ با گردآوری مشخصه‌های عملکردی واحدهای مختلف، متناسب با شرایط عملکرد واحدها، راهکارهایی را برای افزایش راندمان در نیروگاه‌های متقاضی ارائه می‌دهد. در حال حاضر این شرکت با ایجاد یک مرکز اطلاعاتی در آلمان به دنبال دستیابی به راندمان بالای ۵۰ درصد تا سال ۲۰۲۰ است.



شکل (۶-۱) برنامه ریزی شرکت VGB برای افزایش راندمان در نیروگاه‌های بخار [۱۷]

۱-۴- تبیین ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

براساس آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۹۲، میزان کل تولید برق نیروگاه‌های حرارتی کشور بالغ بر ۲۴۲۸۳۸ میلیون کیلووات ساعت بوده است. با توجه به راندمان متوسط نیروگاه‌های حرارتی کشور در سال ۱۳۹۲ (معادل ۳۷ درصد)، به انرژی حرارتی معادل ۶۵۶۳۱۹ میلیون کیلووات ساعت نیاز می‌باشد. چنانچه فرض شود کل سوخت این نیروگاه‌ها از طریق گاز طبیعی با ارزش حرارتی متوسط $۸۶۳۹ \frac{kcal}{m^3}$ تأمین شود مطابق رابطه زیر میزان مصرف گاز طبیعی در سال ۹۲ معادل ۶۵ میلیارد متر مکعب گاز بوده است.

$$\text{میزان مصرف گاز معادل نیروگاه‌های حرارتی در سال ۹۲ لذا} = \frac{656319 \times 10^6 \times 3600}{4.186 \times 8639} = 65336 \times 10^6 m^3/yr$$

چنانچه راندمان نیروگاه‌های حرارتی یک درصد افزایش یابد میزان صرفه‌جویی سالانه مصرف سوخت گاز معادل ۶۵۳ میلیون متر مکعب خواهد بود که ارزش این میزان گاز (چنانچه قیمت گاز طبیعی $۲۵ \frac{cent}{m^3}$ در نظر گرفته شود) معادل ۱۶۳ میلیون دلار می‌باشد. لازم به ذکر است این مبلغ با فرض بکارگیری گاز طبیعی به عنوان سوخت مصرف نیروگاه‌ها برآورد شده است و چنانچه سوخت‌های مایع نیز براساس سهم مصرف آنها در محاسبات وارد گردد (باتوجه به قیمت بالاتر آنها نسبت به گاز طبیعی)، این مبلغ به بیش از ۲۰۰ میلیون دلار افزایش خواهد یافت. بنابراین ملاحظه می‌گردد که اجرای طرح‌های افزایش راندمان از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار می‌باشد.

در نیروگاه‌های حرارتی در حدود ۷۴-۵۸ درصد هزینه تمام شده برق تولیدی مربوط به سهم هزینه سوخت مصرفی می‌باشد] [۱۸]. لذا اجرای طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها تأثیر قابل توجهی در مصرف سوخت و در نتیجه قیمت تمام شده برق تولیدی آنها دارد. بدیهی است در میان طرح‌های مختلف افزایش راندمان، طرحی که بیشترین تأثیر را در کاهش قیمت تمام شده برق تولیدی دارد از اولویت بالاتری نسبت به سایر طرح‌ها برخوردار است. از دیگر شاخص‌های اقتصادی جهت مقایسه طرح‌های مختلف افزایش راندمان می‌توان به شاخص‌های ارزش حال خالص (NPV)، نرخ یکنواخت شده ارزش حال خالص (AE) و نرخ بازگشت سرمایه (IRR) اشاره کرد.

لازم بذکر است اجرای طرح‌های افزایش راندمان علاوه بر کاهش مصرف سوخت نیروگاه‌ها، سبب کاهش آلاینده‌های زیست محیطی خروجی نیروگاه نیز می‌گردد. لذا مقایسه اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها را می‌توان با و یا بدون در نظر

گرفتن هزینه‌های زیست‌محیطی انجام داد. امروزه با توجه به محدودیت‌های بالای زیست‌محیطی، شاخص کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی از اهمیت ویژه‌ای در انتخاب و اولویت‌بندی طرح‌های افزایش راندمان برخوردار گردیده است. در این بخش ضمن معرفی شاخص‌های مذکور، نتایج مطالعه مورد صورت گرفته برای مقایسه طرح‌های افزایش راندمان برای دو نیروگاه نمونه (بندرعباس و رامین) ارائه می‌گردد. نتایج این مطالعات و سایر بررسی‌های صورت گرفته در مراجع معتبر بین المللی ([۶]، [۱۲] و [۱۶]) نشان می‌دهد که اجرای طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها از توجیه اقتصادی بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و بعضاً مدت زمان برگشت سرمایه‌گذاری این طرح‌ها کمتر از یک سال می‌باشد. از اینرو باتوجه به روشن و شفاف بودن توجیه‌پذیری اقتصادی این طرح‌ها، در اسناد بالادستی ذکر شده در بخش (۱-۱) قوانین لازم جهت اجرای طرح‌های اولویت دارد در این حوزه از جمله سیکل ترکیبی کردن واحدهای گازی پیش‌بینی شده است.

۱-۴-۱- بررسی روش‌های ارزیابی اقتصادی برای مقایسه طرح‌های افزایش راندمان

در این بخش روش‌های ارزیابی اقتصادی برای انتخاب اقتصادی‌ترین طرح از بین طرح‌های مختلف افزایش راندمان مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱۹ و ۲۰].

روش ارزش فعلی (NPV)^۱

در این روش جریان‌های وجوه چه به صورت درآمد و چه به صورت هزینه، به مبدا زمان انتقال می‌یابند. این امر با توجه به حداقل نرخ قابل قبول، که به آن نرخ تنزیل می‌گویند و نشان دهنده ارزش زمانی پول است، صورت می‌گیرد. منظور از زمان حال، ابتدای سال شروع سرمایه‌گذاری است که در اصطلاح اقتصاد مهندسی، سال صفر نامیده می‌شود. ارزش فعلی خالص یک پروژه از جمع دو بردار (درآمد و هزینه) به دست می‌آید.

پس از تبدیل جریان نقدی طرح‌های مختلف به زمان حاضر، ارجحیت انتخاب با گزینه‌ای است که دارای بیشترین ارزش فعلی خالص باشد. در مواردی که درآمد طرح‌ها قابل پیش‌بینی نباشند، اولویت با طرحی است که دارای کمترین هزینه باشد. بدیهی است در این صورت درآمد کلیه طرح‌های رقیب هر چند که نامعلوم است، ولی مساوی فرض می‌شوند. ارزش فعلی خالص مطابق رابطه (۱-۱) قابل مقایسه می‌باشد.

¹ Net present value

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (1-1)$$

که در آن B_t و C_t به ترتیب منافع و هزینه‌ها در سال t ، i نرخ تنزیل و T گستره زمانی هستند. ملاحظه می‌گردد که در فرمول (۱-۱) درآمدها با علامت مثبت و هزینه‌ها با علامت منفی ظاهر می‌شوند. بر اساس ملاک ارزش فعلی خالص، تصمیم‌گیری در خصوص اجرا یا عدم اجرای یک پروژه به شرح زیر خواهد بود:

- اجرای پروژه از نظر اقتصادی دارای توجیه بوده و سودآور است ($NPV > 0$)

- اجرای پروژه با عدم اجرای آن یکسان می‌باشد ($NPV = 0$)

- پروژه قابل قبول نبوده و اجرای آن زیان‌ده است ($NPV < 0$)

لازم به ذکر است که در مقایسه دو یا چند پروژه نیز، ارجحیت انتخاب با پروژه‌ای است که دارای NPV بزرگتر (و البته مثبت) باشد.

روش یکنواخت سازی ارزش فعلی (AE)

در این روش مقدار NPV به دست آمده در بند (۱-۱-۱) را با نرخ تنزیل (i) به طور یکنواخت در طول دوره‌های مورد بررسی توزیع می‌گردد. روش مذکور مطابق رابطه (۲-۱) محاسبه می‌گردد.

$$AE = NPV \times \left[\frac{i(1+i)^T}{(1+i)^T - 1} \right] \quad (2-1)$$

روش نرخ بازدهی داخلی^۱

روش ارزش فعلی، روش دقیقی هست که به محاسبات نسبتاً ساده‌ای نیاز دارد. اما برای محاسبه معیارهای اقتصادی از طریق این روش‌ها، لازم است که حداقل نرخ قابل قبول یا نرخ تنزیل معلوم باشد. در بعضی شرایط، تعیین این نرخ مشکل و بحث‌انگیز می‌باشد. یکی از متداول‌ترین روش‌های تحلیل اقتصادی پروژه‌ها که این مشکل را بر طرف می‌سازد، روش نرخ بازده داخلی است.

¹ Internal Rate of Return (IRR)

نرخ بازده داخلی که شاخص سوددهی قابل قبولی را به نمایش می‌گذارد، نرخ است که در ازای آن ارزش فعلی کلیه درآمدها با ارزش فعلی کلیه هزینه‌ها مساوی گردد. بعبارت دیگر نرخ بازده داخلی، نرخ است که در آن ارزش فعلی خالص (NPV) مساوی صفر می‌شود.

پس از محاسبه نرخ بازده داخلی، آن را با حداقل نرخ بازده قابل انتظار مقایسه کرده و در صورتی که نرخ بازده داخلی بیشتر از حداقل نرخ قابل انتظار باشد طرح پذیرفته و در غیر اینصورت رد می‌گردد. نرخ بازده داخلی (IRR) از رابطه (۳-۱) قابل مقایسه است:

$$\sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (3-1)$$

روش منفعت به هزینه^۱

روش هایی که تا اینجا مطرح گردیدند، بیشتر برای تحلیل اقتصادی پروژه های بخش خصوصی بکار برده می‌شوند. برای ارزیابی اقتصادی طرحهای دولتی اگر چه می‌توان از روش های مختلفی استفاده کرد، اما متداول ترین آنها روش منفعت به هزینه است، و این مهمترین مزیت روش حاضر به نسبت به روش های پیش گفته می‌باشد. در این روش نسبت ارزش فعلی یا معادل سالانه منافع به ارزش فعلی یا معادل سالانه هزینه ها محاسبه و ملاک ارزیابی قرار می‌گیرد.

نسبت محاسبه شده با عدد یک مقایسه می‌گردد. در صورتی که این نسبت بزرگتر از یک باشد، طرح قابل قبول و در غیر اینصورت رد می‌شود. همچنین در مقایسه چند طرح با یکدیگر، آن طرحی در اولویت است که نسبت منفعت به هزینه بزرگتری داشته باشد. نکته مهمی که لازم است تذکر داده شود این است که در صورت وجود منافع منفی، می‌بایستی آن را از منافع مثبت که در صورت کسر نشان داده می‌شود، کم کرد. به عبارت دیگر، ارزش ریالی منافع منفی را نمی‌بایستی به صورت هزینه، به مخرج کسر اضافه نمود. نسبت منفعت به هزینه مطابق رابطه (۴-۱) قابل محاسبه می‌باشد

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (4-1)$$

^۱ Benefit-Cost-Ratio(BCR)

روش مدت دوره بازگشت^۱

هر یک از روشهایی که در قسمت‌های قبلی گفته شد، دارای جواب یکسانی هستند و از یک منطق ریاضی پیروی می‌کنند. اما در روش دوره بازگشت نتیجه الزاما با روش‌های قبلی برابر نیست.

در این روش هدف تعیین طول دوره‌ای است که سرمایه‌گذاری اولیه بدون در نظر گرفتن نرخ بهره باز خواهد گشت. چنانچه G سرمایه اولیه معرفی شود و R_t خالص دریافتی در طول دوره t باشند و فرض بر آن باشد، که هزینه‌های دیگری وارد جریان اقتصادی نشود، آنگاه کمترین مقدار r در فرمول زیر نشان دهنده دوره بازگشت سرمایه است. رابطه (۵-۱) چگونگی محاسبه این روش را نشان می‌دهد.

$$\sum_{t=1}^r R_t \geq G \quad (5-1)$$

اگر چه نتایج حاصل از این روش، نتایجی متفاوت از روش‌های قبلی به ما ارائه می‌کند، اما این روش یکی از محبوب‌ترین روشها در ارزیابی اقتصادی پروژه‌هاست. همچنین برای اینکه دوره بازگشت سرمایه با لحاظ کردن نرخ بهره پول مشخص شود، روشی تحت عنوان دوره بازگشت تنزیل بوجود آمده است. در این روش جریان مالی سالیانه تبدیل به ارزش فعلی می‌شود، تا اینکه در یک دوره مشخص مقدار مجموع ارزش فعلی از منفی به مثبت تغییر پیدا کند در این دوره فرد سرمایه گذار می‌تواند ادعا کند که سرمایه او برگشت داده شده است. بیان این مفهوم به شکل مدل ریاضی (۶-۱) است:

$$\sum_{t=0}^r A_t (1+i)^{-t} \geq 0 \quad (6-1)$$

روش قیمت تمام شده برق^۲

روش قیمت تمام شده برق معمولا برای انتخاب یک تکنولوژی از بین تکنولوژی‌های تولید برق استفاده می‌شود و در واقع هزینه تمام شده هر کیلووات ساعت برق تولیدی هر تکنولوژی را در طول عمر آن طرح محاسبه می‌کند. روش قیمت تمام شده برق را می‌توان به صورت عبارت (۷-۱) بیان کرد که:

I_t : هزینه حاصل از سرمایه اولیه در سال t ام

¹ Payback period

² levelized Electricity Cost

$O & M_t$: هزینه تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری در سال t ام

F_t : هزینه سوخت در سال t ام

E_t : مقدار برق تولیدی در سال t ام

$$Busbar Levelized Cost = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{I_t + O \& M_t + F_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+i)^t}} \quad (7-1)$$

شاخص‌های اقتصادی مختلف برای مقایسه اقتصادی پروژه‌ها بر اساس طول عمر آنها شرایط مختلفی دارند که این شرایط شاخصهای اقتصادی مختلف در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها بر اساس طول عمر پروژه‌ها در جدول (۵-۱) آورده می‌شود.

جدول (۵-۱) کاربرد روش‌های مختلف ارزیابی اقتصادی متناسب با عمر پروژه‌ها

اقتصادی‌ترین طرح		روش ارزیابی اقتصادی
با طول عمر غیریکسان	با طول عمر یکسان	
ابتدا کوچکترین مضرب مشترک طول عمر طرح‌های مختلف محاسبه و سپس NPV آن محاسبه می‌شود و اقتصادی‌ترین روش عبارت از طرحی است که بیشترین NPV را داشته باشد.	در بین طرحهایی با NPV مثبت مقدار بیشینه را داشته باشد	NPV
طرحی که دارای بیشترین مقدار IRR باشد، اقتصادی‌ترین طرح است.	اگر مقدار بدست آمده برای طرحی بیشتر از نرخ بهره باشد، آن طرح اقتصادی است و طرحهای سودده دو بدو باهم مقایسه می‌شوند و در نهایت اقتصادی‌ترین طرح انتخاب می‌گردد.	IRR
طرحی که دارای کمترین دوره باشد، اقتصادی‌ترین می باشد.	طرحی که دارای کمترین دوره باشد، اقتصادی‌ترین می‌باشد.	Payback period
ابتدا شرط کوچکترین مضرب مشترک مانند NPV را فراهم نموده و سپس مانند رویه طول عمر یکسان دنبال می‌شود.	از بین طرحهایی که $B/C > 1$ را دارا هستند، بیشترین آنها اقتصادی‌ترین است.	B/C
هزینه طول عمر هر طرح را به صورت تسطیح شده در طول عمر هر طرح پخش می‌شود و هر طرحی که کمترین مقدار را دارا باشد، اقتصادی‌ترین است.	هزینه طول عمر هر طرح را به صورت تسطیح شده در طول عمر هر طرح پخش می‌شود و هر طرحی که کمترین مقدار را دارا باشد، اقتصادی‌ترین است	Levelized Cost

۱-۴-۲- هزینه سرمایه‌گذاری طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار نمونه (رامین و بندرعباس)

در این قسمت هزینه اولیه طرح‌های افزایش راندمان برای نیروگاه‌های رامین و بندرعباس به تفکیک در جداول (۶-۱) و (۷-۱) آورده شده است [۲۱]. در این جداول، هزینه‌ها بر مبنای ریال یا دلار آورده شده است. در حقیقت، مواردی که در داخل موجود

بوده‌اند یا در گذشته امکان خرید آنها وجود داشته است بر مبنای ریال و سایر موارد بر مبنای دلار آورده شده است. لازم به ذکر است کلیه آمار و قیمت‌های ارائه شده در این بخش مربوط به سال ۱۳۹۰ می باشد.

جدول (۶-۱) قیمت طرح‌های افزایش راندمان برای نیروگاه بندرعباس [۲۱]

ردیف	شرح	مبلغ (هزار دلار)	مبلغ (میلیون ریال)
۱	کنترل دقیق هوای اضافی	۳۷۶	-
۲	تعویض مشعل‌ها با مشعل‌های مدرن	-	۱۳۳۴۰
۳	تدوین برنامه شستشو و رسوب‌گیری بهینه کوره	-	۱۲۰۰
۴	تعویض به موقع آب‌بندهای ژانگستروم	-	۸۱۰۰
۵	تعویض پره‌های توربین بندرعباس (LP)	-	۸۴۰۰
۶	تعویض پره‌های توربین بندرعباس (HP)	-	۱۶۶۰۰
۷	استفاده از پره‌هایی با تکنولوژی جدید در توربین بندرعباس (LP)	۵۹۴۵	-
۸	استفاده از پره‌هایی با تکنولوژی جدید در توربین بندرعباس (HP)	۲۹۷۰	-
۹	استفاده از آب‌بندهای پیشرفته	۲۱۰	-
۱۰	نگهداری بهینه کندانسور	-	۸۰۰
۱۱	تعویض هیترهای آب تغذیه	-	۴۱۰۰۰
۱۲	بهینه‌سازی هیترهای آب تغذیه	۴۰۰۰	-

جدول (۷-۱) قیمت طرح‌های افزایش راندمان برای نیروگاه رامین [۲۱]

ردیف	شرح	مبلغ (هزار دلار)	مبلغ (میلیون ریال)
۱	کنترل دقیق هوای اضافی	۳۷۶/۲۵	-
۲	تعویض پره‌های توربین رامین (IP)	-	۱۵۰۰۰
۳	استفاده از تکنولوژی جدید در توربین رامین (طرح شرکت روسی)	۱۳۸۶۰	-
۴	مدرن‌سازی اجزای برج خنک‌کن	-	۱۱۲۹۴
۵	تعویض هیترهای آب تغذیه	-	۴۳۵۰۰
۶	بهینه‌سازی هیترهای آب تغذیه	۴۳۰۰	-
۷	کاهش زمان خروج هیترهای آب تغذیه HP	۴۳۰۰	-

همانطور که در قسمت قبل گفته شد ارزیابی اقتصادی طرحها بر اساس شاخص‌های گوناگونی امکان پذیر است و بدین منظور رویه محاسبه چهار شاخص اقتصادی تفاضل قیمت تمام شده ($\Delta LC = LC_b - LC_a$)، ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازگشت سرمایه داخلی (IRR) و ارزش یکنواخت سالیانه (AE) شاخصهای اقتصادی تشریح گردید که LC_a و LC_b به ترتیب قیمت تمام شده طرح قبل و بعد از اجرای طرح افزایش راندمان می‌باشد و همچنین پارامترهای ورودی موردنیاز شاخص‌های مذکور بیان گردید.

با توجه به اینکه هدف از این مطالعه بررسی گزینه‌های مختلف افزایش راندمان می‌باشد و از آنجا که هر یک گزینه مذکور دارای هزینه‌های اولیه متفاوتی هستند، بنابراین شاخص‌های NPV و AE بدین منظور شاخص‌های مناسبی نیستند چونکه در حالت مقایسه اقتصادی چند طرح با این شاخص‌ها بهتر است که طرح‌ها دارای هزینه اولیه یکسان باشند و در غیر این صورت ممکن است نتیجه خروجی از این شاخص‌ها گمراه کننده باشد. اما شاخص‌های مذکور برای سنجش و ارزیابی اقتصادی هر یک از طرح‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدین ترتیب که اگر طرحی دارای NPV و AE مثبت باشد طرح اقتصادی است و می‌تواند با سایر طرح‌های بر اساس شاخص‌های دیگر مورد مقایسه قرار گیرد و اگر شاخص‌های پیش گفته منفی باشند از مقایسه با سایر طرح‌ها حذف می‌گردد بدین دلیل که این طرح به تنهایی اقتصادی نیست.

شاخص اقتصادی IRR برای ارزیابی اقتصادی طرح‌ها با هزینه اولیه متفاوت شاخص مناسبی است اما این شاخص ممکن است برای بعضی از طرح‌ها تعریف نشده باشد بدین دلیل که فرایند مالی^۱ طرح مذکور در طول عمرش کلاً منفی یا مثبت است. لذا بهترین شاخص برای مقایسه طرح‌ها شاخص تفاضل قیمت تمام شده (ΔLC) می‌باشد که برای همه طرح‌ها تعریف شده است و همچنین برای طرح‌های دارای هزینه اولیه متفاوت دارای کاربرد است.

در نهایت ارزیابی اقتصادی بر اساس چهار شاخص پیش گفته شده بدین ترتیب صورت می‌گیرد که ابتدا طرح‌هایی که دارای NPV و AE مثبت باشند انتخاب می‌شوند و این طرح‌ها بر اساس شاخص تفاضل قیمت تمام شده (ΔLC) از بزرگ به کوچک مرتب می‌شوند و این مرتب‌سازی اولویت و ارجحیت اقتصادی طرح‌ها را بیان می‌کند.

¹ Cash Flow

۱-۴-۳- بررسی اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه بندرعباس

دوازده طرح به منظور افزایش راندمان واحد یک نیروگاه بندرعباس از لحاظ فنی تأیید شده‌اند و در این قسمت این طرح‌ها از لحاظ اقتصادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. مقایسه پارامترهای اقتصادی در دو حالت (با در نظر گرفتن هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌ها و بدون آن) انجام می‌شود تا تأثیر هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های انتشار یافته نیز برای تصمیم‌گیرندگان روش‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها مشخص گردد. بنابراین اطلاعات خروجی که شامل ΔLC ، AE، IRR و NPV می‌باشد برای دو حالت (با در نظر گرفتن هزینه آلاینده‌ها و بدون آن) گزارش می‌شوند. قابل ذکر است که شاخص IRR به صورت درصد، شاخص ΔLC به صورت ریال بر کیلووات ساعت و شاخص‌های NPV و AE بر حسب میلیون ریال بیان می‌شوند و همچنین مقدار نرخ تنزیل ریالی و ارزی به ترتیب ۵ و ۲ درصد لحاظ شده است. اکنون به بررسی نتایج خروجی گزینه‌های منتخب بر اساس الگوی ارائه شده در فصل قبل برای هرواحد یک نیروگاه بندر عباس پرداخته می‌شود.

جدول (۸-۱) ارزیابی اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان واحد یک نیروگاه بندرعباس را با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی نشان می‌دهد. همانطور که در جدول پیش گفته مشاهده می‌شود مقدار NPV و AE طرح‌های "سیکل-هیتر مدرن"، "توربین بخار-سیل"، "توربین بخار-LP"، "سیکل-هیتر"، "توربین بخار-HP"، "توربین بخار-LP مدرن" و "توربین بخار-HP مدرن" منفی هستند، بنابراین اجرای این طرح‌ها اقتصادی نیست و بنابراین این طرح‌ها از لیست مقایسه اقتصادی با سایر طرح‌ها حذف می‌شوند، اما مابقی طرح‌های واحد مذکور در حالت مد نظر قرار دادن هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌ها، اقتصادی و به صرفه هستند و این طرح‌ها بر اساس ΔLC به صورت نزولی مرتب شدند. طرح‌های "بویلر-مشعل"، "بویلر-هوای اضافی" و "سیستم خنک‌کن" به ترتیب اقتصادی‌ترین طرح‌ها هستند. طرح "بویلر-مشعل" به دلیل اینکه بعد از اجرا مقدار آلاینده‌های تولیدی از انواع CO و Nox را صفر می‌کند و همچنین بعد از اجرای طرح "بویلر-هوای اضافی" مقدار تولید CO صفر می‌شود اقتصادی‌ترین طرح‌ها در حالت مد نظر قرار دادن عوامل زیست محیطی هستند. اما طرح "سیستم خنک‌کن" مقدار راندمان و ظرفیت را با هزینه کمی نسبت به سایر طرح‌ها افزایش می‌دهد.

جدول (۸-۱) معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه بندرعباس با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]

نام طرح	AE	ΔLC	IRR	NPV
بویلر-مشعل	40,205	54,9	تعریف نشده	501,046
بویلر-هوای اضافی	36,090	50,2	تعریف نشده	449,755

نام طرح	AE	ΔLC	IRR	NPV
سیستم خنک کن	9,032	19,5	تعریف نشده	112,559
بویلر - ژانگستروم	5,722	17,1	تعریف نشده	93,696
سیکل - هیتر	-19,662	15,7	تعریف نشده	-245,028
سیکل - هیتر مدرن	-49,839	15,1	تعریف نشده	-621,107
توربین بخار - LP مدرن	-28,875	14,4	تعریف نشده	-359,843
توربین بخار - سیل	-11,741	13,3	تعریف نشده	-214,333
توربین بخار - LP	-19,328	12,2	تعریف نشده	-240,872
بویلر - کوره	165	8,9	تعریف نشده	2,697
توربین بخار - HP	-11,412	8,9	تعریف نشده	-142,220
توربین بخار - HP مدرن	-34,740	7,5	تعریف نشده	-432,942

جدول (۹-۱) ارزیابی اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان واحد یک نیروگاه بندرعباس را بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی نشان می‌دهد. همانطور که در جدول پیش گفته مشاهده می‌شود مقدار NPV و AE طرح "بویلر- مشعل" منفی است، بنابراین اجرای این طرح‌ها اقتصادی نیست و بنابراین این طرح‌ها از لیست مقایسه اقتصادی با سایر طرح‌ها حذف می‌شوند، اما مابقی طرح‌های واحد مذکور در حالت لحاظ نکردن هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌ها، اقتصادی و به صرفه هستند، بنابراین طرح‌های اقتصادی بر اساس ΔLC به صورت نزولی مرتب در جدول مذکور مرتب شده‌اند. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود طرح‌های "سیستم خنک کن" و "بویلر- ژانگستروم" و "سیکل-هیتر" به ترتیب اقتصادی‌ترین طرح‌ها هستند. هر سه طرح مذکور به دلیل اینکه مقدار راندمان و ظرفیت واحد موجود را با هزینه کمی نسبت به سایر طرح‌ها افزایش می‌دهد، اقتصادی‌ترین طرح شناخته شده‌اند. اما نکته دیگری که در جدول مشهود است موقعیت اقتصادی طرح‌های "بویلر- هوا"، "بویلر- مشعل" است که به دلیل لحاظ نکردن هزینه‌های مرتبط با عوامل زیست محیطی جذابیت اقتصادی شان کم شده است و موقعیت طرح "بویلر- هوای اضافی" و "بویلر- مشعل" از لحاظ اقتصادی در جدول (۳-۲) به ترتیب رتبه هشتم و نهم را در بین دوازده طرح کاندیدا دارا هستند.

جدول (۹-۱) معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه بندرعباس بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]

نام طرح	AE	ΔLC	IRR	NPV
سیستم خنک کن	9,045	19,5	تعریف نشده	112,723
بویلر - ژانگستروم	5,722	17,1	تعریف نشده	93,696
سیکل - هیتر	3,926	15,7	16	48,921
سیکل - هیتر مدرن	8,044	15,1	25	100,250
توربین بخار - LP مدرن	6,678	14,4	16	83,217
توربین بخار - سیل	3,931	13,3	تعریف نشده	71,762
توربین بخار - LP	3,725	12,2	38	46,420
بویلر - هوا	1,965	11,4	69	24,489
بویلر - کوره	179	8,9	تعریف نشده	2,942
بویلر - مشعل	-185	8,9	3	-2,304
توربین بخار - HP	317	8,9	7,3	3,959
توربین بخار - HP مدرن	222	7,5	6	2,764

۱-۴-۴- بررسی اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه رامین

هفت طرح به منظور افزایش راندمان واحد یک نیروگاه رامین اهواز از لحاظ فنی تأیید شده‌اند و در این قسمت طرح‌های مذکور از لحاظ اقتصادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. جدول (۱-۱۰) ارزیابی اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان واحد یک نیروگاه رامین اهواز را با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی نشان می‌دهد. همانطور که در جدول پیش گفته مشاهده می‌شود مقدار NPV و AE طرح‌های "سیکل - هیتر مدرن" و "سیکل - هیتر" منفی است، بنابراین اجرای این طرح‌ها با این شرایط به صرفه نیست و بنابراین این طرح‌ها از لیست مقایسه اقتصادی با سایر طرح‌ها حذف می‌گردد، اما مابقی طرح‌های مرتبط با این واحد اقتصادی و به صرفه هستند و این طرح‌ها بر اساس ΔLC به صورت نزولی مرتب شده‌اند. طرح‌های "بویلر - هوا"، "توربین بخار - طرح روسی" و "سیکل - خروج هیترها" به ترتیب اقتصادی‌ترین طرح‌ها هستند. طرح "بویلر - هوای اضافی" به دلیل اینکه مقدار CO تولیدی در واحد مذکور را به صفر می‌رساند به عنوان اقتصادی‌ترین طرح در حالت مد نظر قرار دادن عوامل زیست محیطی است. اما طرح "سیکل - خروج هیترها" و "توربین بخار - طرح روسی" مقدار راندمان و ظرفیت را با هزینه کمی نسبت به سایر طرح‌ها افزایش می‌دهند.

جدول (۱-۱۰) معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه رامین با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]

نام طرح	AE	ΔLC	IRR	NPV
بویلر- هوا	43,634	40,9	تعریف نشده	543,779
توربین بخار- طرح روسی	37,776	37,6	33	470,652
سیکل - خروج هیترها	34,270	34,2	145	427,083
توربین بخار- IP	1602	16,9	21	19,958
سیستم خنک کن	5,016	12,6	61	62,513
سیکل - هیتر مدرن	-47,455	8,1	تعریف نشده	-591,400
سیکل - هیتر	-20,884	7,3	تعریف نشده	-260,255

جدول (۱-۱۱) ارزیابی اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان واحد یک نیروگاه رامین اهواز را بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی نشان می‌دهد. همانطور که در جدول پیش گفته مشاهده می‌شود مقدار NPV و AE همه طرح‌ها مثبت است، بنابراین اجرای طرح‌هایی که دارای NPV و AE مثبت هستند، به تنهایی در این حالت اقتصادی است، از آنجا که همه طرح‌ها بر اساس ΔLC به صورت نزولی در جدول مرتب شده‌اند، طرح‌های "توربین بخار- طرح روسی"، "سیکل - خروج هیترها" و "توربین بخار- IP" به ترتیب اقتصادی‌ترین طرح‌ها هستند. هر سه طرح مذکور به دلیل اینکه مقدار راندمان و ظرفیت واحد موجود را با هزینه کمی نسبت به سایر طرح‌ها افزایش می‌دهد، اقتصادی‌ترین طرح شناخته شده‌اند. اما نکته دیگری که در جدول مشهود است موقعیت اقتصادی طرح‌های "بویلر- هوای اضافی" است که به دلیل در نظر نگرفتن عوامل زیست محیطی جذابیت اقتصادی شان کم شده است و از لحاظ اقتصادی در رتبه پنجم بین طرح‌های کاندیدا قرار گرفته است.

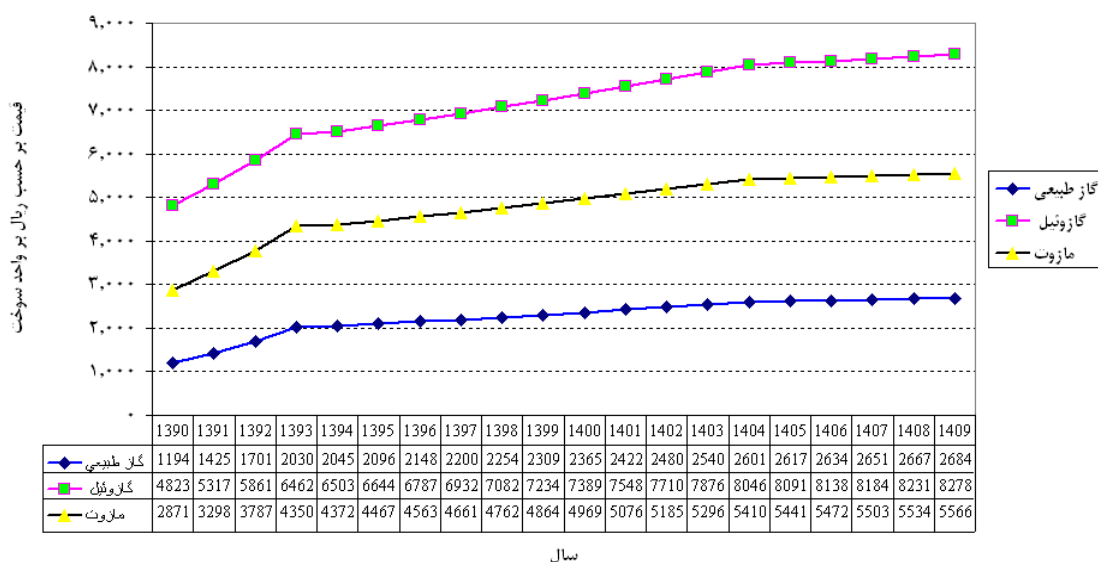
جدول (۱-۱۱) گزارش معیارهای اقتصادی برای واحد یک نیروگاه رامین بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی [۲۱]

نام طرح	AE	ΔLC	IRR	NPV
توربین بخار - طرح روسی	40,515	37,6	33	504,911
سیکل - خروج هیترها	34,925	34,2	145	435,240
توربین بخار- IP	13,150	16,9	123	163,874
سیستم خنک کن	5,201	12,6	61	64,819
بویلر- هوا	2,799	10,9	98	34,887
سیکل - هیتر مدرن	9,711	8,1	27	121,021
سیکل - هیتر	2,434	7,3	12	30,333

۱-۴-۵- تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی در واحد یک نیروگاه بندرعباس

در این بخش تغییرات شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی در واحد یک نیروگاه بندرعباس تشریح می‌گردد. قابل ذکر است که تغییرات شاخص AE نسبت به تغییرات قیمت سوخت با تغییرات NPV به تغییرات قیمت سوخت یکسان است لذا از تحلیل حساسیت AE صرف نظر می‌گردد و همچنین با توجه به اینکه شاخص IRR در بعضی نقاط تعریف نشده می‌باشد، از تحلیل حساسیت این شاخص هم نسبت به قیمت سوخت صرف نظر می‌گردد. با توجه به اینکه تغییرات شاخص‌های اقتصادی در دو حالت با و بدون لحاظ کردن هزینه آلاینده‌ها نسبت به تغییرات سوخت در یک راستا هستند، از تحلیل حساسیت شاخص‌های مذکور در حالت لحاظ کردن هزینه آلاینده‌ها صرف نظر می‌شود.

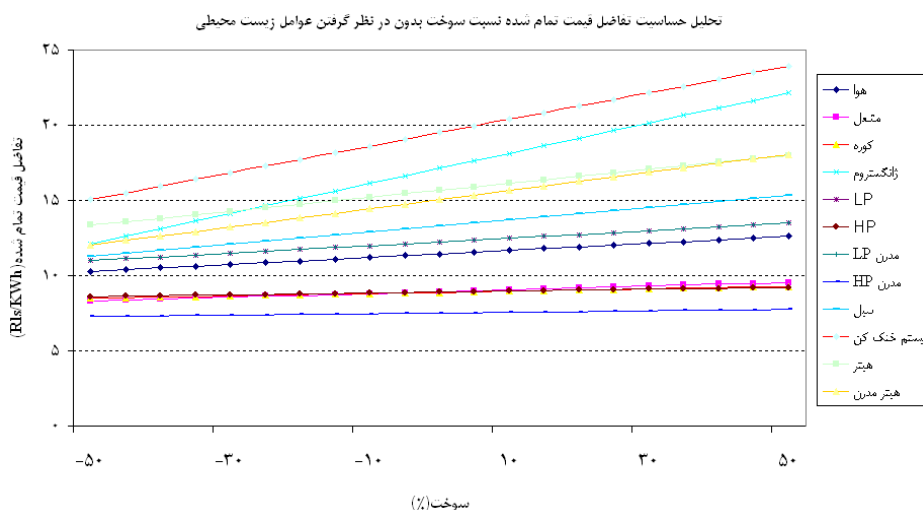
قیمت سوخت‌ها در طول سال‌های آتی به این ترتیب مشخص شده‌اند که تا آخر برنامه پنجم قیمت گازوئیل و مازوت به ۹۰ درصد قیمت فوب خلیج فارس و قیمت گاز به ۶۵ درصد قیمت جهانی برسد و از آن سال به بعد همین نسبت‌ها حفظ گردد. برای برآورد قیمت سوخت‌ها در سال‌های آتی از Outlook Energy استفاده شده است. نرخ تبدیل دلار ۱۲۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. مقدار قیمت سوخت‌های پیش گفته در طول سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۵ در شکل (۷-۱) نشان داده شده است.



شکل (۷-۱) قیمت سوخت‌های مصرفی نیروگاه‌ها از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۵ [۲۱]

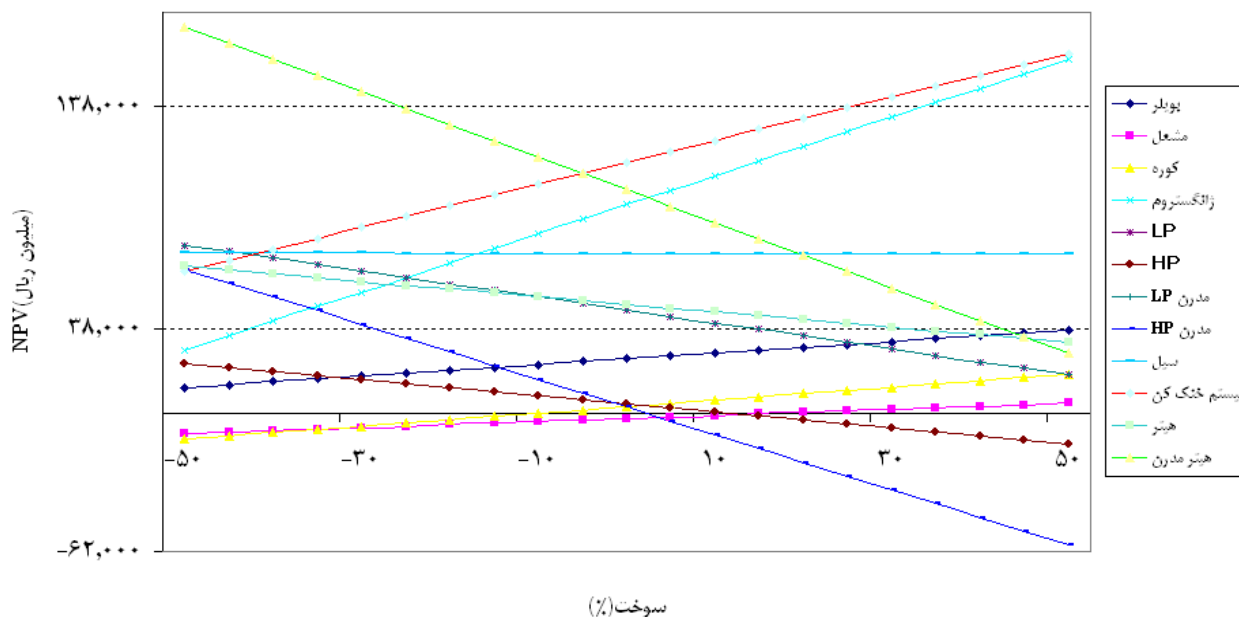
تحلیل حساسیت تفاضل قیمت تمام شده نسبت به قیمت سوخت واحد یک نیروگاه بندرعباس بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۸-۱) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در حالت کلی روند

تفاضل قیمت تمام شده به ازای افزایش قیمت سوخت مصرفی صعودی است، اما این مهم در طرح‌های "سیستم خنک کن"، "ژانگستروم"، "LP مدرن" و "سیل" بیشتر از مابقی طرح‌ها پیداست که دلیل این امر این است که طرح‌های پیش گفته بیشترین افزایش را در راندمان واحد مذکور می‌دهند.



شکل (۸-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۰]

تحلیل حساسیت ارزش فعلی خالص نسبت به قیمت سوخت واحد یک نیروگاه بندرعباس بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۹-۱) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روند طرح‌های "سیستم خنک کن"، "ژانگستروم" با افزایش قیمت سوخت صعودی است که دلیل این امر این است که طرح‌های مذکور بیشتر افزایش را در راندمان واحد مربوطه انجام داده‌اند. همچنین روند نمودار طرح‌های "HP مدرن"، "هیتر مدرن"، "LP مدرن" و "هیتر" با افزایش قیمت سوخت مصرفی نزولی است که این مهم به این دلیل است که طرح‌های پیش گفته علاوه بر افزایش راندمان، توان تولیدی را هم افزایش می‌دهند که این باعث می‌شود در کل مقدار مصرف سوخت بعد از اجرای طرح نسبت به قبل از اجرای آن افزایش یابد.

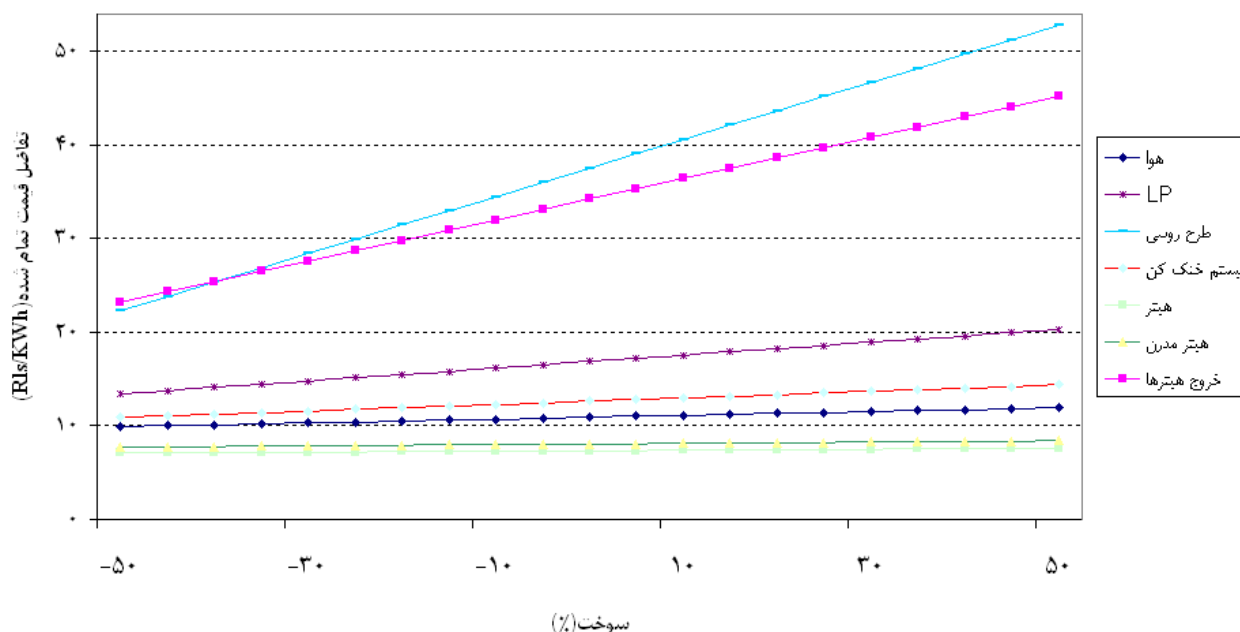


شکل (۹-۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱]

۱-۴-۶- تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی در واحد یک نیروگاه رامین اهواز

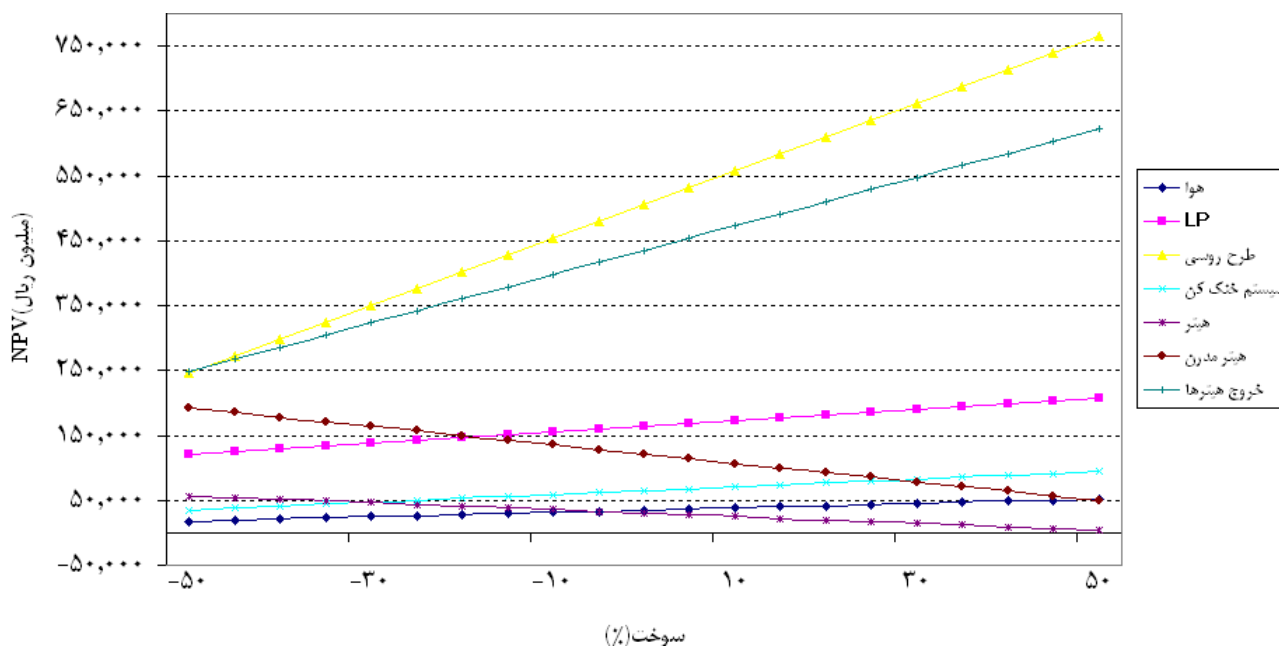
در این بخش تغییرات شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی در واحد یک نیروگاه رامین تشریح می‌گردد.

تحلیل حساسیت تفاضل قیمت تمام شده نسبت به قیمت سوخت واحد یک نیروگاه رامین بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۱۰-۱) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در حالت کلی روند تفاضل قیمت تمام شده به ازای افزایش قیمت سوخت مصرفی صعودی است، اما این مهم در طرح‌های "خروج هیترها"، "طرح روسی"، "LP" بیشتر از مابقی طرح‌ها مشهود است که دلیل این امر این است که طرح‌های پیش گفته بیشترین افزایش را در راندمان واحد مذکور می‌دهند.



شکل (۱-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه رامین [۲۱]

تحلیل حساسیت ارزش فعلی خالص نسبت به قیمت سوخت واحد یک نیروگاه رامین بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۱-۱) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روند نمودار طرح‌های "خروج هیترها"، "طرح روسی" با افزایش قیمت سوخت صعودی است که دلیل این امر این است که طرح‌های مذکور بیشتر افزایش را در راندمان واحد مربوطه انجام داده‌اند. همچنین روند نمودار طرح‌های "هیتر مدرن" و "هیتر" با افزایش قیمت سوخت مصرفی نزولی است که این مهم به این دلیل است که طرح‌های پیش گفته علاوه بر افزایش راندمان، توان تولیدی را هم افزایش می‌دهند که این باعث می‌شود در کل مقدار مصرف سوخت بعد از اجرای طرح نسبت به قبل از اجرای آن افزایش یابد.

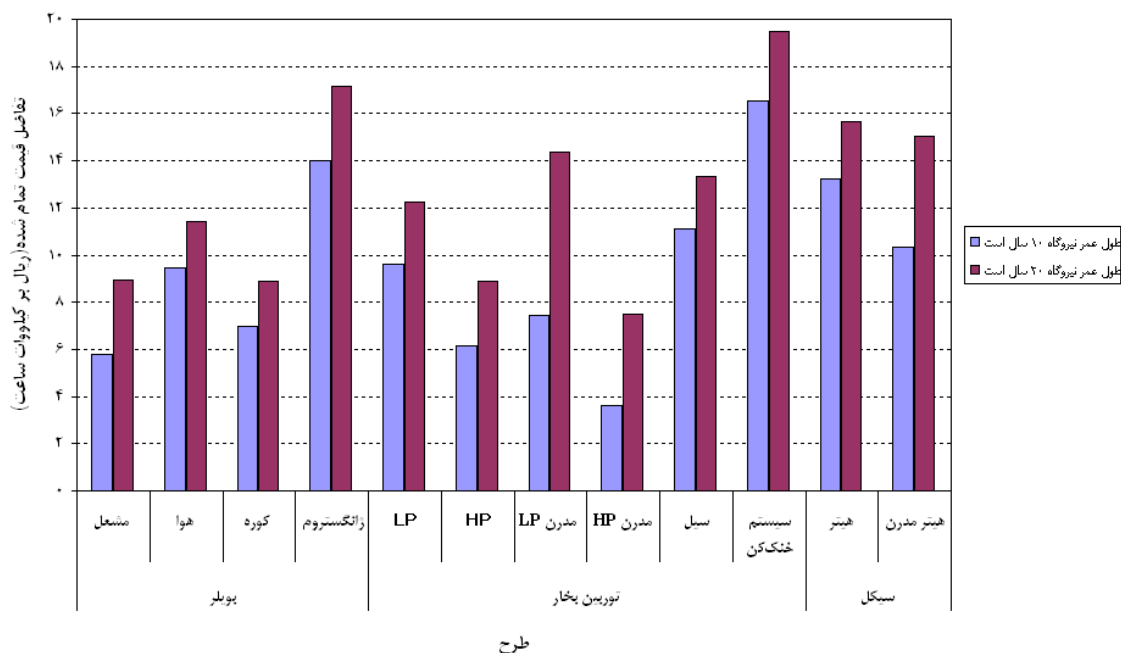


شکل (۱-۱۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به قیمت سوخت مصرفی واحد یک نیروگاه رامین [۲۱]

۱-۴-۷- تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به طول عمر واحد

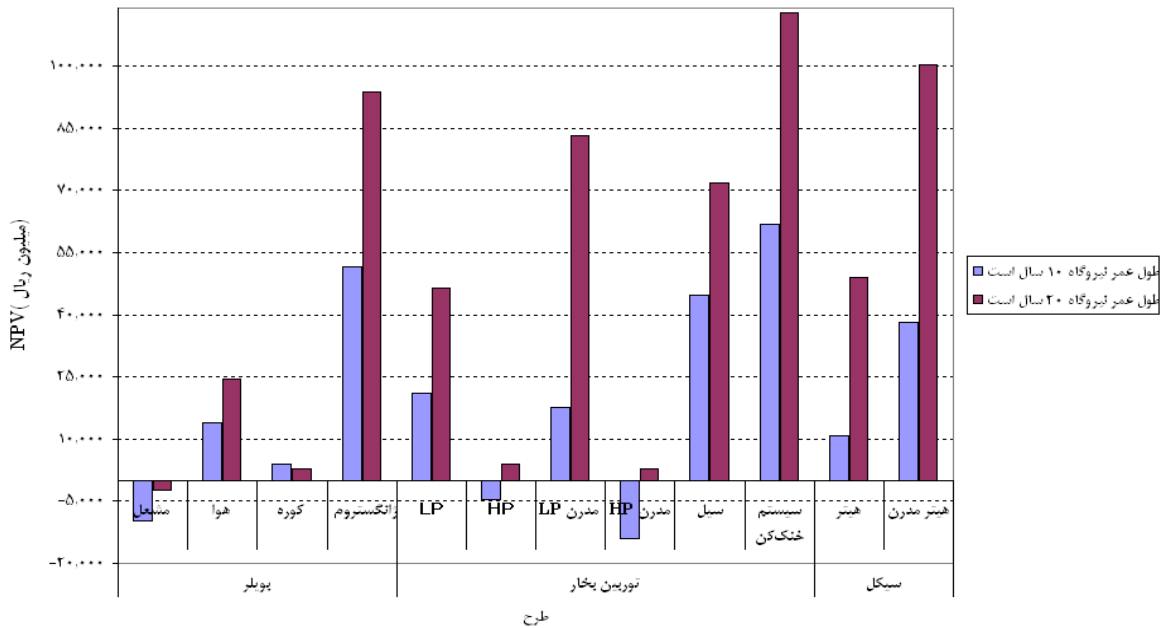
در این بخش تغییرات شاخص‌های اقتصادی ΔLC و NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس و واحد یک رامین تشریح می‌گردد. بدین منظور طول عمر نیروگاه در دو سناریو ۱۰ و ۲۰ سال مورد بررسی قرار گرفته است و قابل ذکر است که طرح‌هایی که طول عمر کمتر از طول عمر نیروگاه دارند قابل تکرار فرض شده است به عنوان مثال اگر طول عمر نیروگاه ۱۰ سال و طول عمر طرح ۲ سال فرض شده باشد در این صورت طرح ۵ بار به فاصله ۲ سال از هم با مقدار سرمایه گذاری مشخص تکرار می‌شود. با توجه به اینکه تغییرات شاخص‌های اقتصادی در دو حالت با و بدون لحاظ کردن هزینه آلاینده‌ها نسبت به تغییرات سوخت در یک راستا هستند، از تحلیل حساسیت شاخص‌های مذکور در حالت لحاظ کردن هزینه آلاینده‌ها صرف نظر می‌شود.

تحلیل حساسیت تفاضل قیمت تمام شده نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در کلیه طرح‌ها تفاضل قیمت تمام شده به ازای طول عمر ۲۰ سال بیشتر از حالت ۱۰ سال است.



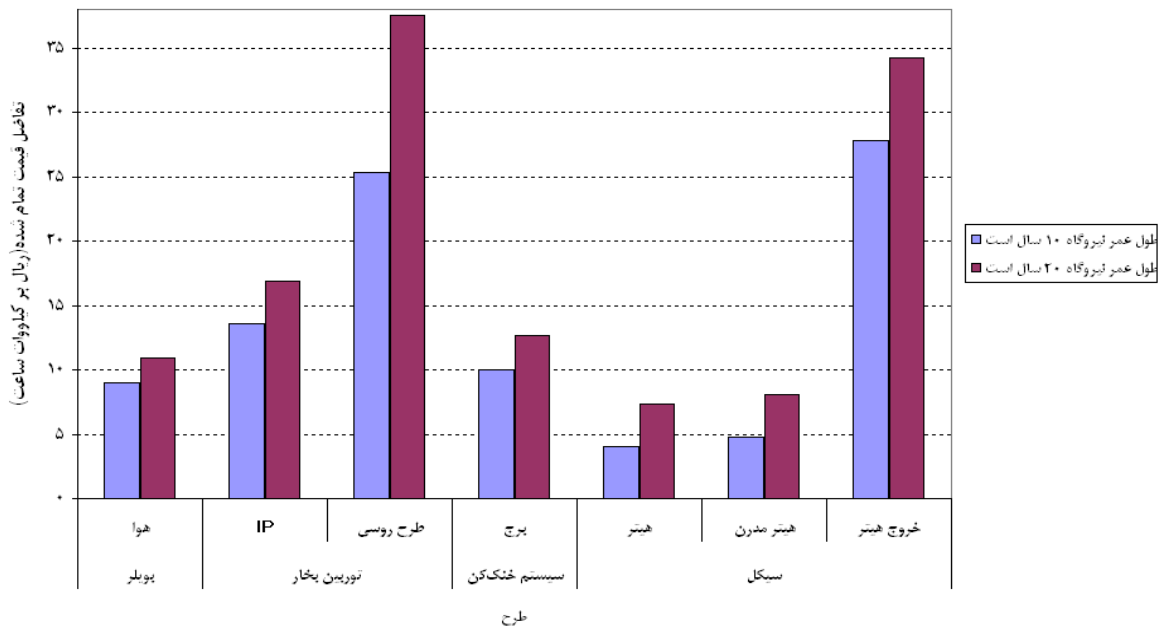
شکل (۱-۱۲) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱]

تحلیل حساسیت NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۱-۱۳) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود مقدار NPV در همه طرح‌ها به ازای طول عمر ۲۰ سال بیشتر از حالت ۱۰ سال است. در سه طرح "بویلر-مشعل"، "توربین بخار-HP" و "توربین بخار-HP مدرن" مقدار شاخص NPV برای سناریوی طول عمر ۱۰ سال منفی است که برای دو طرح "توربین بخار-HP" و "توربین بخار-HP مدرن" مقدار شاخص مذکور در سناریوی طول عمر ۲۰ سال مثبت می‌شود بنابراین با لحاظ کردن طول عمر برابر ۲۰ سال طرح‌های مذکور از حالت غیر اقتصادی به اقتصادی تبدیل می‌شوند. اما طرح "بویلر-مشعل" همچنان غیر اقتصادی باقی می‌ماند.



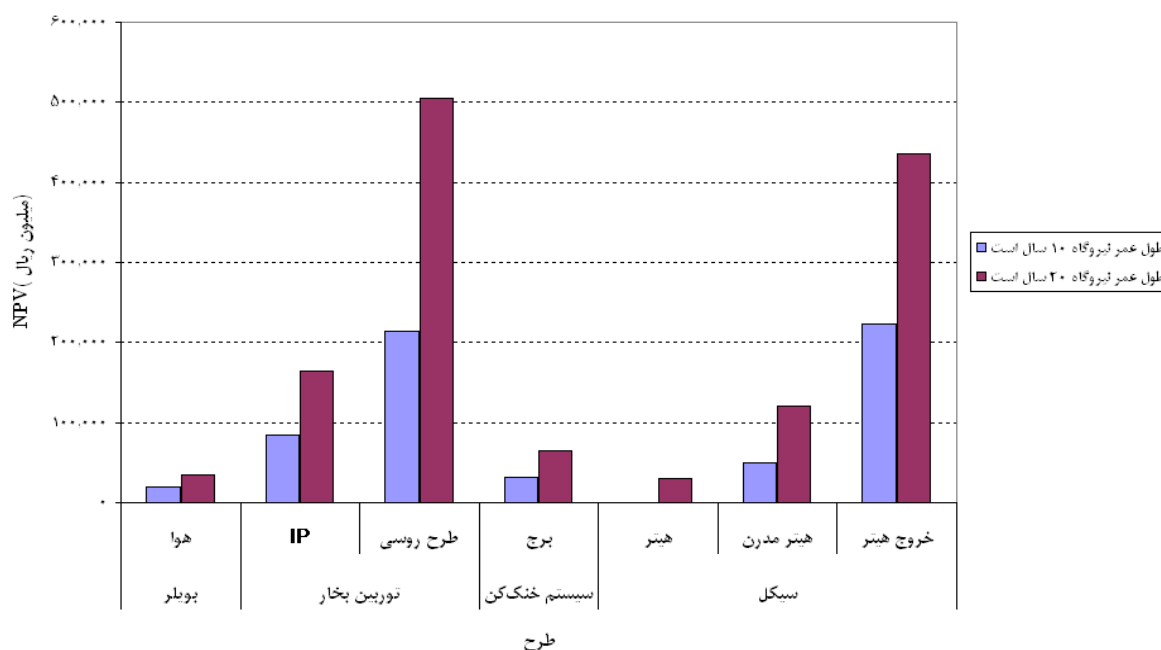
شکل (۱۳-۱) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱]

تحلیل حساسیت تفاضل قیمت تمام شده نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه رامین بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۱۴-۱) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در کلیه طرح‌ها تفاضل قیمت تمام شده به ازای طول عمر ۲۰ سال بیشتر از حالت ۱۰ سال است.



شکل (۱۴-۱) تحلیل حساسیت شاخص ΔLC نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه رامین [۲۱]

تحلیل حساسیت NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه رامین بدون در نظر گرفتن هزینه‌های آلاینده‌های انتشار یافته در شکل (۱-۱۵) نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشاهده می‌شود مقدار NPV در همه طرح‌ها به ازای طول عمر ۲۰ سال بیشتر از حالت ۱۰ سال است.



شکل (۱-۱۵) تحلیل حساسیت شاخص NPV نسبت به طول عمر واحد یک نیروگاه رامین [۲۱]

۱-۴-۸- جمع بندی ارزیابی اقتصادی

در این بخش به تحلیل اقتصادی طرح‌های افزایش راندمان برای دو نیروگاه نمونه کشور (رامین و بندرعباس) پرداخته شده است. همانطور که ذکر گردید، برای نیروگاه بندرعباس ۱۲ طرح و برای نیروگاه رامین ۷ طرح با تمرکز بر روی اجزای اصلی این نیروگاه‌ها (بویلر، توربین بخار، سیستم خنک‌کن و سیکل) به منظور افزایش راندمان واحدها بدست آمد. اگرچه تمامی طرح‌های مذکور از نظر فنی به میزان قابل توجهی راندمان را افزایش می‌دهند، لیکن بررسی آنها از دیدگاه اقتصادی نیز حائز اهمیت است.

در نیروگاه بندرعباس طرح‌های مذکور از دیدگاه اقتصادی اولویت‌بندی گردیدند. بدین منظور طرح‌هایی با NPV مثبت که در عین حال دارای حداقل $\Delta L C$ برابر با ۱۰ ریال می‌باشند مورد انتخاب قرار گرفتند. بر این اساس هشت طرح دارای اولویت تشخیص داده شدند که به ترتیب عبارتند از:

- ۱- نگهداری بهینه کندانسور نیروگاه
 - ۲- تعویض بسکت‌ها و استفاده از آب‌بندهای پیشرفته در ژانگستروم
 - ۳- مدرن‌سازی آب‌بندهای توربین بخار
 - ۴- طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی هیترهای HP مدرن
 - ۵- تعویض هیترهای HP با نمونه مشابه
 - ۶- تعویض پره‌های دو ردیف آخر توربین LP
 - ۷- استفاده از پره‌های پیشرفته LP
 - ۸- نصب و راه‌اندازی سیستم کنترل هوای احتراق در بویلر
- در تحلیل‌های اقتصادی صورت گرفته، از شاخص‌های متفاوتی برای بررسی میزان اقتصادی بودن طرح‌ها استفاده گردیده است. شاخص‌هایی همچون IRR، NPV، AE و ΔLC برای اینکار مورد استفاده قرار گرفتند. اگرچه برای اولویت‌بندی (به دلایلی که در بخش ۱-۳ به آنها اشاره گردید) از شاخص ΔLC استفاده شده است، لیکن از سایر شاخص‌ها در حذف برخی طرح‌ها استفاده شده است.
- در نیروگاه رامین نیز ۴ طرح از بین ۷ طرح انتخاب شدند که عبارتند از:
- ۱- اصلاح طراحی هیترها به منظور کاهش خروج آنها
 - ۲- طرح ارتقای توربین بخار (ارائه شده توسط شرکت روسی)
 - ۳- تعویض پره‌های توربین IP
 - ۴- ارتقای برج خنک‌کن نیروگاه
- در ادامه برای تمامی طرح‌هایی که از نظر فنی انتخاب شده بودند (۱۹ راهکار) آنالیز حساسیت قیمت سوخت صورت پذیرفت. به عبارت دیگر، میزان اقتصادی بودن طرح‌های افزایش راندمان برای نیروگاه‌های رامین و بندرعباس در شرایطی که قیمت سوخت (گاز طبیعی و مازوت) بالاتر یا پایینتر از مقادیر در نظر گرفته شده بیاید، مورد بررسی قرار گرفته است. در آنالیز حساسیت دو شاخص NPV و ΔLC مورد استفاده بوده‌اند.

در جداول (۱۲-۱) و (۱۳-۱) میزان افزایش راندمان و کاهش قیمت تمام شده برای طرح‌هایی که از نظر اقتصادی حائز شرایط لازم گردیده‌اند ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود طرح‌های افزایش راندمان برای این طرح‌های منتخب تاثیر قابل توجهی در افزایش راندمان و کاهش قیمت تمام شده برق تولیدی این نیروگاه‌ها دارد.

جدول (۱۲-۱) - جمع‌بندی راهکارهای بهبود راندمان حائز اولویت اقتصادی برای واحد یک نیروگاه بندرعباس [۲۱]

ردیف	راهکار افزایش راندمان	افزایش راندمان (%)	سرمایه گذاری اولیه (میلیون ریال)	$\Delta L C$ (Rls/Kwh)
بویلر				
۱	تعویض به موقع آب‌بندهای ژانگستروم	۰/۵	۸۱۰۰	۱۹/۵
۲	کنترل دقیق هوای اضافی	۰/۱۱	۵۲۵۳	۱۱/۴
توربین بخار				
۳	استفاده از آب‌بندهای پیشرفته	۰/۱۶-۰/۲۲	۲۹۴۰	۱۳/۳
۴	تعویض پره‌های توربین (ردیف آخر LP)	۰/۱۲	۸۴۰۰	۱۲/۲
۵	پره‌های توربین پیشرفته (تمام طبقات LP)	۰/۳۳-۰/۵	۷۲۸۸۰	۱۴/۴
سیستم خنک‌کن				
۶	نگهداری بهینه کندانسور	۰/۴۳	۸۰۰	۱۹/۵
سیکل				
۷	بهینه‌سازی هیترهای آب تغذیه فشار قوی	۰/۲۹	۵۰۰۰۰	۱۵/۱
۸	تعویض هیترهای آب تغذیه فشار قوی	۰/۲۲	۴۱۰۰۰	۱۵/۷

جدول (۱۳-۱) - جمع‌بندی راهکارهای بهبود راندمان حائز اولویت اقتصادی برای واحد یک نیروگاه رامین [۲۱]

ردیف	راهکار افزایش راندمان	افزایش راندمان (%)	سرمایه گذاری اولیه (میلیون ریال)	$\Delta L C$ (Rls/Kwh)
توربین بخار				
۱	استفاده از تکنولوژی جدید در توربین رامین (طرح شرکت روسی)	۲-۳/۲	۱۹۴۰۰۰	۳۷/۶
۲	تعویض پره‌های توربین رامین (IP)	۰/۵۶	۱۵۰۰۰	۱۶/۹
سیستم خنک‌کن				
۳	مدرن‌سازی اجزای برج خنک‌کن	۰/۲۸	۱۱۲۹۴	۱۲/۶
سیکل				
۴	کاهش زمان خروج هیترهای آب تغذیه HP	۱/۸	۵۳۷۰۰	۳۴/۲

فصل دوم

جمع بندی و نتیجه گیری

در این گزارش کلیه اسناد بالا دستی افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور مطابق جدول (۱-۲) مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که ملاحظه می شود این موضوع مورد تاکید و توجه بالای کلیه مراجع قانونی کشور از جمله مجلس شورای اسلامی، دولت و وزارت نیرو می باشد و ضروری است یک سند راهبردی و نقشه راه جهت تحقق اهداف تعیین شده تهیه گردد.

جدول (۱-۲) خلاصه قوانین و اسناد بالا دستی مرتبط با افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور

ردیف	سند	توضیحات
۱	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	حداقل ۱ درصد افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور در هر سال
۲	نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های حرارتی کشور	دستیابی به راندمان ۴۱ درصد تا پایان برنامه پنجم توسعه کشور
۳	قانون برنامه پنجم توسعه کشور و آئین نامه های اجرایی آن	نرخ پایه خرید برق نیروگاه‌ها بر مبنای راندمان ۵۰ درصد
۴	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	۲۰ درصد افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌های با راندمان برق و حرارت کمتر از ۳۰ درصد و ۲۰ درصد کاهش قیمت سوخت نیروگاه‌های با راندمان برق و حرارت بالاتر از ۷۰ درصد نسبت به قیمت های سوخت تعیین شده در قانون هدفمند کردن یارانه ها
۵	استاندارد ملی معیار بازده خالص نیروگاه‌های حرارتی	حداقل راندمان مجاز نیروگاه‌های موجود ۲۵ درصد و حداقل راندمان مجاز نیروگاه‌های جدید ۵۰ درصد
۶	قانون بودجه سال ۹۲ و ۹۳ کشور	مجوز انعقاد قرارداد بیع متقابل جهت اجرای طرح‌های افزایش راندمان تا سقف ۱۲۰ هزار میلیارد ریال به وزارت نیرو
۷	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو	ارتقای راندمان نیروگاه‌های برق جزو استراتژی های سطح اول وزارت نیرو می باشد.

باتوجه به اسناد فوق، سطح تحلیل، افق زمانی و سطح مطالعه سند به شرح ذیل تعیین گردید:

- **سطح تحلیل:** در سطح وزارت نیرو
- **افق زمانی سند:** ده ساله (افق ۱۴۰۴)
- **سطح مطالعه سند:** نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی موجود

در این فصل همچنین براساس مطالعات صورت گرفته در زمینه اجرای طرحهای افزایش راندمان در کشورهای مختلف، فناوری های اصلی افزایش راندمان برای نیروگاههای گازی، بخاری و سیکل ترکیبی شناسایی و مشخصه‌های تکنولوژیکی آنها و نیز تأثیر آنها در افزایش راندمان واحدها ارائه گردیده است. بدیهی است انتخاب فناوری‌های کلیدی و اولویت‌دار در مراحل بعدی پروژه براساس شاخص‌های فنی و اقتصادی صورت خواهد گرفت.

بررسی‌های اولیه اقتصادی صورت گرفته در این فصل نشان می‌دهد که اجرای طرحهای افزایش راندمان از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار می‌باشد. به صورتیکه براساس برآوردهای صورت گرفته، در صورت افزایش ۱ درصد راندمان نیروگاههای کشور در سال ۹۲، حدود ۲۰۰ میلیون دلار در هزینه‌های سوخت مصرفی نیروگاهها صرفه‌جویی خواهد گرفت. همچنین کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی نیروگاهها ناشی از افزایش راندمان، باعث کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی خروجی آنها به همان میزان خواهد گردید.

مراجع :

- [۱] گزارش " کمیته افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های کشور "، CECVA01/T3، پژوهشگاه نیرو، خردادماه ۱۳۹۰.
- [۲] گزارش "بررسی روند تغییرات و ارزیابی تکنولوژی‌های روز نیروگاه‌های فسیلی، برق آبی و هسته‌ای و قابلیت‌ها و محدودیت های کشور در زمینه بومی‌سازی و انتقال تکنولوژی آنها در سه فضای همکاری بین‌المللی"، COPVA03/T2، پژوهشگاه نیرو، اسفندماه ۱۳۸۹.
- [۳] گزارش "جمع‌آوری اطلاعات و بررسی اولیه علل افت راندمان نیروگاه‌های بخاری و روشهای بکارگرفته شده جهت برطرف کردن آنها در داخل و خارج از کشور"، POPPN 11/T1، پژوهشگاه نیرو، دی‌ماه ۱۳۸۹.
- [۴] گزارش "بررسی تأثیر سیستم‌های اصلی و جانبی توربین گاز بر روی راندمان توربین گازی در نیروگاه آبادان"، COPBO04/N، پژوهشگاه نیرو، اسفندماه ۱۳۸۹.
- [5] Technology Brief, Energy Technology System Analysis Program, IEA/ETSAP, 2010.
- [6] Eisenhauer J., Scheer R., "Opportunities to Improve the Efficiency of Existing Coal-Fired Power Plants", National Energy Technology Laboratory (NETL), Illinois, 2009.
- [7] Technical Review, "Introducing the Machine Upgrade , MGT-70, to the Market", MAPANA Turbine Engineering & Manufacturing Co.(TUGA), 2014.
- [8] Ulm W., "The situation in steam turbine construction and current development trends", steam turbine trends, Siemens, 2003.
- [9] Couchman R.S., K.E. Robbins, "Philosophy and Technology Programs", GE steam Turbine Design.
- [10] Dreier D.R., "Upgradeable Opportunities for steam Turbine" GE power Generation
- [11] Lesiuk J.F., "Steam turbine uprates", GE power systems.
- [12] Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation, World Energy Council 2008.
- [13] Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2005.
- [14] Tony Oliver, Clean fossil-fuelled power generation, J. Energy Policy 36 (2008) 4310–4316.

[15] World energy, technology and climate policy outlook 2030, www.europa.eu.int.

[16] EN19 Efficiency of Conventional Thermal Electricity Production, European Environment Agency, 2013.

[17] Raja A. K., Power plant engineering, New Age International (P) Limited, 2006.

[۱۸] گزارش "بررسی فنی و اقتصادی و انتخاب فناوری‌های مناسب جهت توسعه ظرفیت‌های تولید برق"، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۰.

[۱۹] محمدمهدی اسکونژاد، "اقتصاد مهندسی ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر .

[20] Expansion Planning for Electrical Generating Systems. A Guidebook, IAEA, 1984.

[۲۱] گزارش "بررسی فنی و اقتصادی راهکارهای عملی قابل اجرا و اولویت بندی آنها جهت پیاده سازی در یک واحد نیروگاه‌های رامین و بندر عباس"، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۰.

فهرست مطالب

فصل اول هوشمندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی.....	۱
۱-۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی.....	۱
۱-۱-۱- بهینه‌سازی بهره‌برداری نیروگاه‌های گازی.....	۱
۱-۱-۲- بهینه‌سازی اجزای توربین‌های گازی.....	۲
۱-۱-۳- فناوری‌های مرتبط با بهینه‌سازی فرآیند نیروگاه‌های گازی.....	۲۳
۱-۱-۴- جمع‌بندی و دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی.....	۲۳
۲-۱- آینده پژوهی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی.....	۲۵
۱-۲-۱- بکارگیری فناوری نانو در توربین‌های گازی.....	۲۵
۲-۲-۱- فناوری Oxyfuel با سیکل برایتون.....	۲۸
فصل دوم هوشمندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار.....	۳۱
۱-۲- شناسایی حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار.....	۳۱
۱-۱-۲- بررسی علل افت راندمان و فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار.....	۳۱
۱-۱-۲-۱- علل افت راندمان ناشی از سیستم‌های خنک‌کن.....	۹۰
۱-۱-۲-۲- دسته‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار.....	۱۰۵
۱-۱-۲-۳- جمع‌بندی و دسته‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار.....	۱۰۹
۲-۲- آینده پژوهی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار.....	۱۱۰
۱-۲-۲- فناوری توربین‌های بخار دما بالا (700°C).....	۱۱۱
۲-۲-۲- فناوری Oxyfuel با سیکل بخار (رانکین).....	۱۱۲
۳-۲-۲- بکارگیری فناوری نانو در نیروگاه‌های بخار.....	۱۱۵
فصل سوم هوشمندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی.....	۱۱۶
۱-۳- شناسایی و دسته‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی.....	۱۱۶

- ۳-۲-۱۱۸..... فناوری های نوین افزایش راندمان نیروگاههای سیکل ترکیبی
- ۳-۲-۱۱۸..... فناوری نیروگاههای سیکل ترکیبی تک محوره - سه فشاره با ری هیت
- ۳-۲-۱۲۰..... فناوری نیروگاههای سیکل ترکیبی برپایه گازی سازی سوخت های مایع سنگین و جامد (IGCC)
- ۳-۲-۱۲۱..... فناوری Oxyfuel با سیکل ترکیبی
- ۱۲۲..... فصل چهارم جمع بندی و نتیجه گیری
- ۱۲۴..... مراجع :

فهرست شکلها

- شکل (۱-۱) نمای سه بعدی و بخشهای اصلی توربین گاز V94.2 ۳
- شکل (۲-۱) راهنمای افقی در ورودی کمپرسور ۴
- شکل (۳-۱) پره های Si3D ۶
- شکل (۴-۱) محل قرار گیری پره های Si3D در توربین ۶
- شکل (۵-۱) روند بهبود توربین های گازی V94.2 [۲۲] ۷
- شکل (۶-۱) طرح شماتیک توربین گاز GE9171E ۱۱
- شکل (۷-۱) انسداد سوراخهای تنظیم سیستم هوای خنک کاری برای کاهش مصرف هوای خنک کاری [۲۴] ۲۴
- [..... ۱۵
- شکل (۸-۱) دسته بندی کلی فناوری های افزایش راندمان نیروگاه های گازی ۲۴
- شکل (۹-۱) کاربرد های فناوری نانو در تبدیل انرژی [۲۵] ۲۷
- شکل (۱۰-۱) - مقایسه تغییرات افت فشار در فیلترهای معمولی و با الیاف نانو در طول مدت بهره برداری [۲۶] ۲۶
- [..... ۲۸
- شکل (۱۱-۱) طرح مفهومی Oxyfuel با سیکل برایتون [۲۷] ۲۹
- شکل (۱-۲) مقایسه راندمان های مختلف ۳۳
- شکل (۲-۲) تغییرات نرخ حرارتی نیروگاه ها نسبت به زمان [۲۵] ۳۴
- شکل (۳-۲) تغییرات نرخ حرارتی نیروگاه ها نسبت به زمان [۲۵] ۳۶
- شکل (۴-۲) طرح شماتیک یک گرمکن آب تغذیه بسته ۳۸
- شکل (۵-۲) میزان صرفه جویی توان با بکارگیری پمپ دورمتغیر [۳۱] ۴۰
- شکل (۶-۲) حجم کنترل جهت تعیین بازدهی بویلر ۴۵
- شکل (۷-۲) افت های مختلف بویلر برحسب درصد اکسیژن اضافه احتراق [۳۷] ۴۷
- شکل (۸-۲) افت های مختلف بویلر برحسب درصد بارگذاری بویلر [۳۷] ۴۸

- شکل (۹-۲) راندمان بویلر به ازای دماهای مختلف گاز خروجی برای مقادیر مختلف هوای اضافی [۳۷]..... ۴۹
- شکل (۱۰-۲) مقایسه میزان غلظت ذرات جامد در محلول و تخلیه آن با زمان [۴۱]..... ۵۱
- شکل (۱۱-۲) نمای شماتیک یک دودهدزای صوتی [۴۵]..... ۵۶
- شکل (۱۲-۲) نمایی شماتیک از یک ژانگستروم نیروگاهی..... ۵۷
- شکل (۱۳-۲) مسیر نشستی های یک گرمکن هوا [۵۰]..... ۵۸
- شکل (۱۴-۲) افتادگی روتور و بدنه گرمکن هوا بر اختلاف انبساط حرارتی ناشی از اختلاف دما در دو سمت سرد و گرم [۵۰]..... ۵۸
- شکل (۱۵-۲) مسیرهای مختلف نشستی از یک پیش گرمکن هوا [۵۰]..... ۵۹
- شکل (۱۶-۲ الف) نمودار مشخصه فن با دور متغیر ب) نمودار مشخصه فن با دور ثابت [۶۰]..... ۶۳
- شکل (۱۷-۲) طرح اجمالی اکونومایزر چگالشی..... ۶۶
- شکل (۱۸-۲) تغییرات راندمان بویلر در برابر نسبت اتم‌های هیدروژن به کربن برای (الف) متان ب) سوخت مایع شماره ۲ [۳۵]..... ۶۸
- شکل (۱۹-۲) میزان سهم هر جز توربین در افت بازده [۱۰]..... ۷۱
- شکل (۲۰-۲) میزان برگشت‌ناپذیری اجزا مختلف با استفاده از تکنولوژی‌های جدید و قدیمی [۱۱]..... ۷۲
- شکل (۲۱-۲) کانتور تعداد طبقات، میزان عکس‌العملی بودن پره‌ها و بازدهی [۱۱]..... ۷۳
- شکل (۲۲-۲) جریان‌های ثانویه [۱۰]..... ۷۳
- شکل (۲۳-۲) طراحی گردابه آزاد و پیشرفته [۱۰]..... ۷۴
- شکل (۲۴-۲) طراحی پیشرفته برای مراحل فشار بالا [۱۰]..... ۷۵
- شکل (۲۵-۲) طراحی پیشرفته برای مراحل فشار متوسط [۱۰]..... ۷۶
- شکل (۲۶-۲) طراحی پیشرفته برای پره ثابت مراحل فشار پایین [۱۰]..... ۷۶
- شکل (۲۷-۲) بازده دو نوع پره که نشان دهنده بازدهی بالاتر پره‌های جدید میباشد [۶۴]..... ۷۷
- شکل (۲۸-۲) طراحی طبقه‌ی فشار پایین [۱۰]..... ۷۸
- شکل (۲۹-۲) پخش قدیمی و مدرن جریان در پره [۱۰]..... ۷۹

- شکل (۳۰-۲) طراحی‌های مدرن در پره [۶۵] ۷۹
- شکل (۳۱-۲) پره‌های طراحی شده با تکنولوژی‌های جدید [۶۵] ۸۰
- شکل (۳۲-۲) طراحی پره‌ها به صورت نازل‌های همگرا و آگرا [۶۵] ۸۱
- شکل (۳۳-۲) میزان کاهش افت با افزایش طول پره [۶۵] ۸۲
- شکل (۳۴-۲) هود بعد از توربین با خروجی به سمت پایین [۶۵] ۸۲
- شکل (۳۵-۲) شبکه بکار رفته جهت شبیه‌سازی هود [۶۵] ۸۳
- شکل (۳۶-۲) هود محوری [۶۵] ۸۴
- شکل (۳۷-۲) پوشش‌های سایش پذیر باعث کاهش لقی میگردند [۶۴] ۸۵
- شکل (۳۸-۲) شکل راست اثر سایش با پوشش و شکل چپ اثر سایش سخت [۶۴] ۸۵
- شکل (۳۹-۲) استفاده از فنر کوپلی در نشتبندها [۶۴] ۸۶
- شکل (۴۰-۲) نمونه‌های از نشتبند بُرسی [۶۴] ۸۷
- شکل (۴۱-۲) جریان شبیه‌سازی شده در شیر [۶۵] ۸۸
- شکل (۴۲-۲) پره‌های ساییده با طراحی قدیمی ۸۹
- شکل (۴۳-۲) پره‌های ثابت جدید بعد از سه و نیم سال کار ۸۹
- شکل (۴۳-۲) پره‌های متحرک جدید بعد از سه و نیم سال کار ۹۰
- شکل (۴۴-۲) سیستم خنک‌کن خشک مستقیم ۹۳
- شکل (۴۵-۲) سیستم خنک‌کن خشک غیرمستقیم با مکش طبیعی (هلر) ۹۴
- شکل (۴۶-۲) ارتباط گروه‌های مختلف کاری در یک نیروگاه [۸۳] ۱۰۱
- شکل (۴۷-۲) دسته بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار ۱۱۰
- شکل (۴۸-۲) روند تغییرات تکنولوژی توربین‌های بخار زیر بحرانی و فوق بحرانی [۹۴] ۱۱۱
- شکل (۴۹-۲) طرح شماتیک فناوری احتراق اکسیژن-سوخت در نیروگاه‌های بخار زغال سوز ۱۱۲
- شکل (۱-۳) دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۱۱۸
- شکل (۲-۳) روند تغییرات فناوری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی مربوط به شرکت GE بر حسب راندمان و دمای ورودی

توربین [۹۳]..... ۱۱۹

شکل (۳-۳) طرح کلی فناوری نیروگاه‌های IGCC شرکت MHI [۹۴] ۱۲۰

شکل (۱-۴) درخت فناوری های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور ۱۲۳

فهرست جداول

- جدول (۱-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی - بهینه سازی بهره برداری ۲
- جدول (۲-۱) طرح‌های ارتقای واحدهای گازی ۷94.2 اجرا شده و در دست توسعه توسط شرکت مپنا [۷]..... ۹
- جدول (۳-۱) روند تغییرات در مدل‌های توربین گاز فریم GE-F9 [۲۴]..... ۱۰
- جدول (۴-۱) مقایسه موارد استفاده شده از بسته‌های ارتقا برای انواع مختلف توربین‌های گازی GE [۲۴] ۱۲
- جدول (۵-۱) تغییرات لازم بر روی تجهیزات توربین برای بالا بردن دمای احتراق [۲۴]..... ۱۳
- جدول (۶-۱) تأثیر اجرای هر یک از گزینه ها بر توان خروجی واحد [۲۴]..... ۱۶
- جدول (۷-۱) تأثیر اجرای هر یک از گزینه ها بر هیت ریت واحد [۲۴]..... ۱۷
- جدول (۸-۱) نیازمندی‌های فنی جهت افزایش دما به ۲۰۵۵ فارنهایت [۲۴]..... ۱۸
- جدول (۹-۱) مشخصات فنی بسته های ارتقای واحدهای گازی GE-F9 پیشنهادی شرکت GE [۲۴]..... ۲۰
- جدول (۱۰-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز- بخش سیستم هوای ورودی..... ۲۱
- جدول (۱۱-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز- بخش کمپرسور ۲۱
- جدول (۱۲-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز- بخش محفظه احتراق..... ۲۲
- جدول (۱۳-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز- بخش توربین..... ۲۲
- جدول (۱۴-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز- سیستم های جانبی ۲۲
- جدول (۱۵-۱) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز- بهینه سازی فرآیند ۲۳
- جدول (۱-۲) میزان نشتی به ازای قطر حفره در فشارهای مختلف [۳۴]..... ۴۳
- جدول (۲-۲) نرخ انتقال حرارت از لوله‌های بدون عایق [۳۴]..... ۴۳
- جدول (۳-۲) بازیابی حرارت از زیرکش بویلر [۴۰]..... ۵۲
- جدول (۴-۲) مشخصات دمایی گرمکن هوای نیروگاه [۵۵]..... ۶۲
- جدول (۵-۲) پتانسیل افزایش راندمان با جایگزینی و اصلاح پره‌های یک توربین بخار [۶۸]..... ۷۷
- جدول (۶-۲) میزان افزایش بازده به دلیل تعویض پره‌ها [۶۵]..... ۸۰

- جدول (۷-۲) خلاصه ای از بکارگیری فناوریهای مختلف در راستای بهبود سیستم کنترل احتراق [۸۹]..... ۱۰۴
- جدول (۸-۲) مشخصه های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاههای بخار - بهینه سازی بهره برداری ۱۰۵
- جدول (۹-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- بخش بویلر ۱۰۷
- جدول (۱۰-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- بخش توربین ۱۰۷
- جدول (۱۱-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- بخش کندانسور ۱۰۷
- جدول (۱۲-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- بخش برج خنک کن ۱۰۸
- جدول (۱۳-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- بخش سیکل حرارتی ۱۰۸
- جدول (۱۴-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- سیستم های جانبی ۱۰۸
- جدول (۱۵-۲) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاه بخار- بهینه سازی فرآیند [۹۲، ۹۳ و ۹۴] ۱۰۹
- جدول (۱۶-۲) مقایسه روشهای مختلف بازتوانی نیروگاههای بخار [۹۲]..... ۱۰۹
- جدول (۱-۳) مشخصه های فناوری های افزایش راندمان نیروگاههای سیکل ترکیبی- بهینه سازی بهره‌برداری ۱۱۷
- جدول (۲-۳) مقایسه راندمان انواع فناوری‌های نیروگاههای سیکل ترکیبی موجود و آینده [۲]..... ۱۱۹
- جدول (۳-۳) مقایسه راندمان و هزینه انواع فناوری نیروگاههای IGCC با سایر فناوری ها تا سال ۲۰۳۰ [۹۵].. ۱۲۱

های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی فصل اول هوشمندی فناوری

در این فصل ابتدا حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی کشور بررسی و ارائه خواهد گردید. سپس دسته بندی، اجزا و زیرسیستم‌های فناوری های افزایش راندمان این نیروگاهها مشخص خواهد شد و درخت فناوری‌های مربوطه ارائه می گردد. در بخش دوم این فصل نیز نتایج مطالعات آینده‌پژوهشی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی ارائه می‌شود.

۱-۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی

به طور کلی روشهای افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

- بهینه سازی بهره برداری واحدها

- بهینه سازی اجزای داخلی

- بهینه سازی فرآیند

در این فصل انواع فناوری‌های مرتبط باهریک از حوزه‌های فوق ارائه و مشخصه‌های فنی آنها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است که مشخصات اقتصادی فناوری‌ها به صورت جداگانه و در مرحله سوم پروژه ارائه خواهد گردید.

۱-۱-۱- بهینه‌سازی بهره‌برداری نیروگاه‌های گازی

در جدول (۱-۱) فناوری های مرتبط با بهینه سازی بهره برداری نیروگاه‌های گازی به همراه مشخصه های فنی آنها براساس نتایج مراجع [۱] و [۴] ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود فناوری های پایش عملکرد آنالاین راندمان و شستشوی آنالاین پره های کمپرسور تاثیر بالایی بر روی راندمان واحد دارند. روشهای تنظیم بهینه بار بین واحدهای نیروگاه، تعویض به موقع فیلتر های هوا و تنظیم بهینه پره های ورودی کمپرسور نیز علیرغم تاثیر متوسط آنها بر روی راندمان، بدلیل هزینه های اجرایی محدود، از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار می باشند. مشخصه های اقتصادی طرحهای مذکور در مرحله سوم مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول (۱-۱) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی - بهینه‌سازی بهره‌برداری

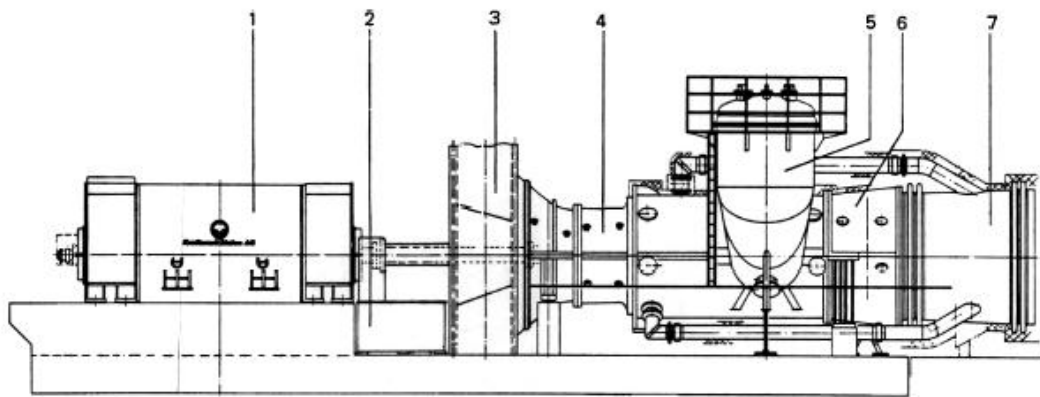
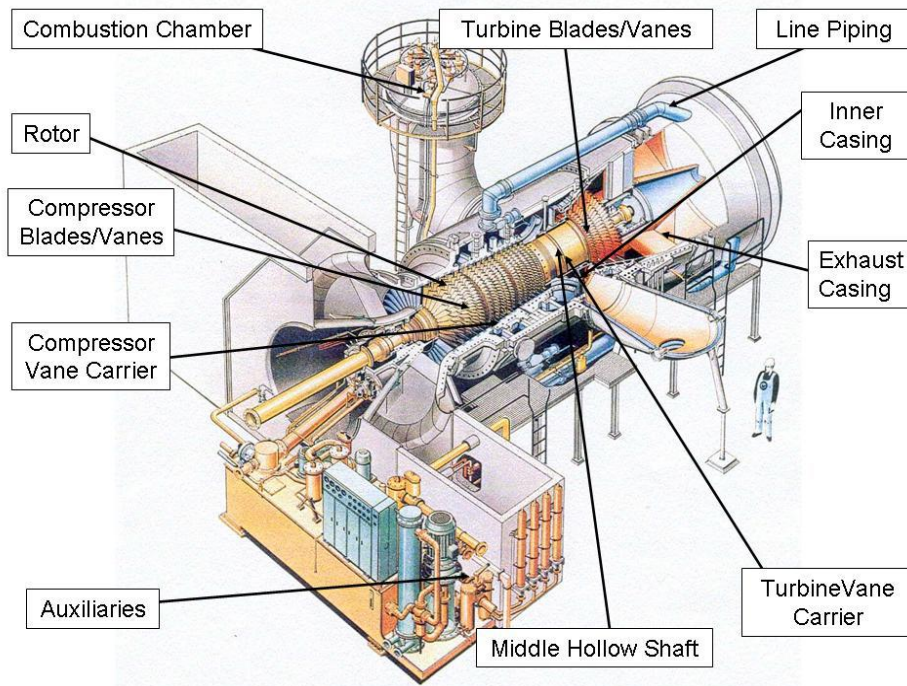
ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سیستم پایش عملکرد آنلاین واحد	رشد	متوسط	بلوغ	بالا	متوسط
۲	تنظیم بهینه بار بین واحدها	بلوغ	متوسط	بلوغ	متوسط	متوسط
۳	تعویض به موقع فیلترهای هوا	بلوغ	ساده	بلوغ	متوسط	بالا
۴	سیستم شستشوی آنلاین پره‌های کمپرسور	رشد	متوسط	بلوغ	بالا	پائین
۵	سیستم تنظیم بهینه پره‌های ورودی کمپرسور	رشد	متوسط	بلوغ	متوسط	متوسط
۶	سیستم پایش محفظه احتراق	رشد	پیچیده	رشد	پائین	پائین

۱-۱-۲- بهینه‌سازی اجزای توربین‌های گازی

ارتقای عملکرد توربین‌های گاز از ابتدای طراحی و ساخت همواره مد نظر سازندگان بوده است، به طوری که تغییرات مشخص و نسبتاً جزئی در اجزایی همچون پره‌های روتور، نازل، نشت بند و اجزای سیستم احتراق به منظور افزایش راندمان صورت می‌گیرد تا توربین‌گاز در بازار رقابتی باقی بماند. همچنین این فعالیت‌ها به نوعی سرمایه‌گذاری سودآوری برای شرکت‌های سازنده محسوب می‌شود که سوددهی بالایی در مدت کم و بسته به نوع برنامه‌ریزی صورت گرفته خواهند داشت. در این بخش طرح‌های ارتقای توربین‌های گازی V94.2 و GE-F9 که بطور گسترده در کشور مورد استفاده قرار گرفته‌اند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱-۲-۱- طرح‌های ارتقای توربین‌های گازی V94.2

پیشرفت تکنولوژی مواد، پوششها، روشهای خنک کاری و افزایش نسبت فشار کمپرسور در دهه اخیر منجر به بهبود بازده توربین‌های گازی از حدود ۳۲٪ به بیش از ۳۹٪ شده است [۲۲]. شکل (۱-۱) نمای سه بعدی و شماتیک بخشهای اصلی توربین‌گاز V94.2 را نشان می‌دهد.



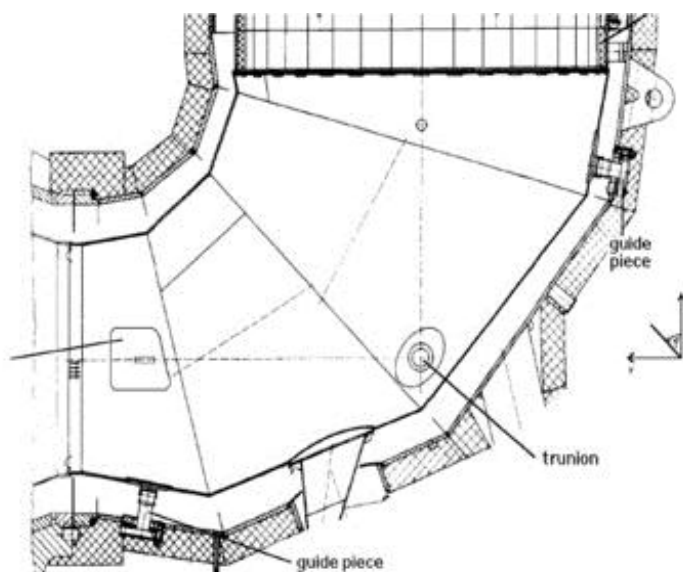
شکل (۱-۱) نمای سه بعدی و بخشهای اصلی توربین گاز V94.2

روشهای بهینه سازی توربین گازی بر اساس پیشنهادات شرکت زیمنس به چهار گروه اصلی به شرح ذیل قابل دسته بندی

است [۲۲].

روش اول - افزایش دمای ورودی به توربین (TT1+) از 1060°C به 1075°C

افزایش دمای ورودی به توربین در مسیر گاز داغ امکان پذیر می‌باشد، که شامل بهبود اختلاط با افزودن راهنمای افقی مطابق شکل (۲-۱)، بهبود پوسته داخلی و استفاده از روکش آلومینیومی در داخل و روکش محافظتی اکسیدی و روکش حصاری حرارتی (TBC) در خارج از پره های توربین می باشد.



شکل (۲-۱) راهنمای افقی در ورودی کمپرسور

روش دوم - افزایش دبی جرمی کمپرسور (CMF+)

افزایش دبی ورودی به توربین با بکارگیری روش جدید کنترل ایرفویلها (CDAs)^۱، برای چهار ردیف تیغه در ورودی کمپرسور (شامل تیغه های راهنمای ورودی) امکان پذیر می باشد. در این روش پروفیل سرعت روی پره شماره ۲ و در ورودی تیغه راهنما یکنواخت و با سرعتهای محوری بالا می باشد. این بهینه سازی سبب کاهش جدایش جریان و در نهایت سبب افزایش تقریبی ۳/۵٪ خروجی و افزایش ۱٪ بازده هنگام کار توربین گاز به تنهایی و افزایش ۲/۸٪ خروجی در شرایط سیکل ترکیبی می شود [۲۲].

¹ Controlled diffusion-type airfoils

روش سوم - تراکم تر (WetC)

یکی از روش‌های افزایش توان خروجی و بازده در توربین گازی V94.2 خنک کاری هوای مکش کمپرسور با تزریق مقدار زیادی از آب اتمیزه شده توسط نازل می باشد. این تکنولوژی از سال ۲۰۰۳ در توربین گازی V94.2 مورد استفاده قرار می گیرد [۲۲].

در تراکم تر آب اتمیزه شده از یک نازل به هوای مکش کمپرسور تزریق می شود. بخشی از آب تزریقی در هوای مکش تبخیر و بقیه آب بصورت مایع (قطرات با قطر تقریبی $20 \mu\text{m}$) وارد کمپرسور می شود. این امر سبب ایجاد سرمایش داخلی^۱ می گردد. آب تزریقی در مراحل کمپرسور تبخیر می شود. انرژی لازم برای تبخیر از جریان هوای متراکم گرفته می شود. در نتیجه هوای فشرده خنک می شود. این روش خنک کاری همراه با افزایش دبی جریان ورودی به کمپرسور سبب افزایش چشمگیر خروجی و بازده توربین گاز می گردد [۲۳].

روش تراکم تر سبب افزایش ۵٪ بازده و ۲۰٪ خروجی توربین گاز در شرایط سیکل باز می شود. قبل از کاربرد تراکم تر توربین گاز با روش افزایش توان PAG^۲ یعنی تزریق آب در محفظه احتراق کار می کرد در این روش PAG، NOx به حدود ppm ۹ و دمای خروجی 1040°C می رسید. با استفاده از سیستم تراکم تر بدون روش PAG بازده ۶٪ افزایش می یابد این در حالی است که در روش قدیمی PAG بازده ۵٪ کاهش می یابد [۲۳].

روش چهارم - پره های پیشرفته توربین (Si3D)

از سال ۲۰۰۵ چهار ردیف پره های توربین با استفاده از آخرین متدهای 3D CFD طراحی و برای مراحل ۱ و ۲ توربین (چهار ردیف اول) بکار می روند این نوع پره ها دارای ویژگیهای زیر می باشند [۲۲]:

الف) بهینه شدن شکل پره های چهار ردیف اول توربین از نظر آیرودینامیکی

ب) بهینه شدن خنک کاری پره های چهار ردیف اول با کاهش افتهای پارازیتیک

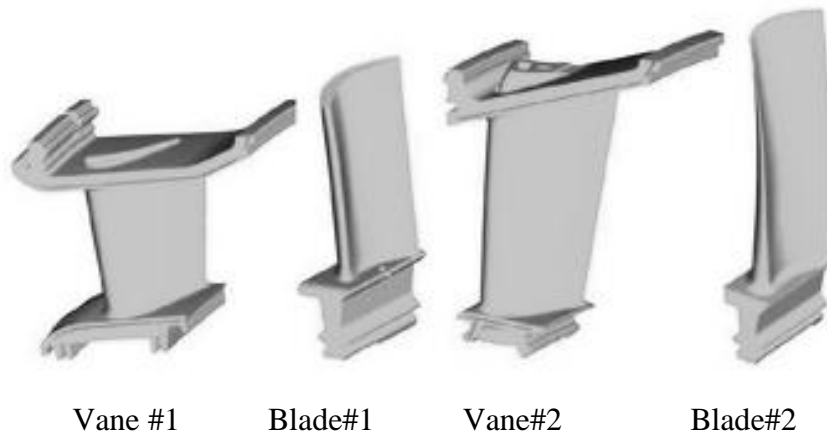
ج) پوششهای پیشرفته از جنس Sicoat، MCrAlY، TBC و پوششهای داخلی از جنس آلومینیوم

د) مواد پیشرفته با پایه نیکل

¹ Intercooling

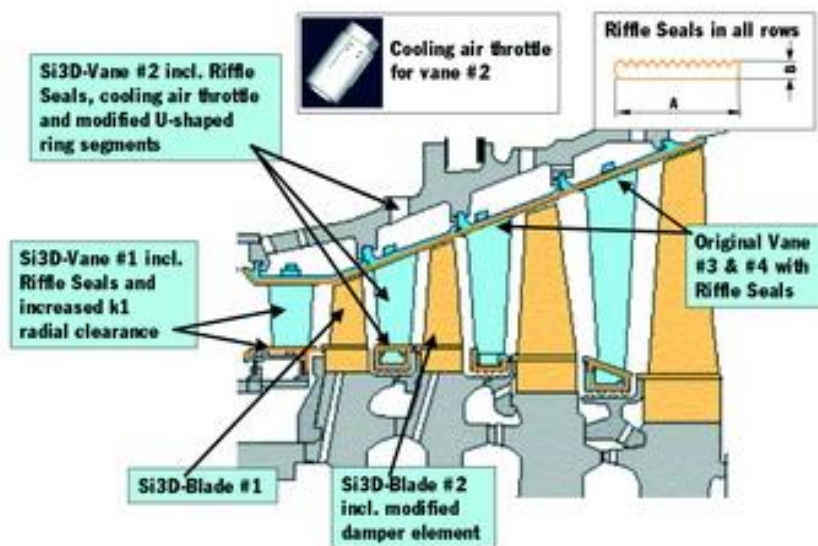
² Power augmentation

استفاده از این نوع پره‌های Si3D سبب افزایش بازده و توان خروجی توربین گازی و افزایش عمر مراحل ۱ و ۲ پره‌های توربین در ظرفیتهای بالا می‌شود.



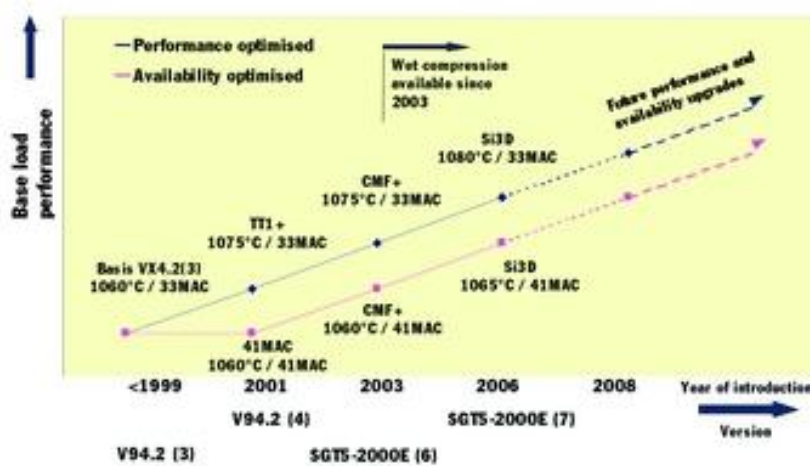
شکل (۳-۱) پره‌های Si3D

شکل (۴-۱) محل قرارگیری پره‌های Si3D را در مراحل ۱ و ۲ توربین نشان می‌دهد.

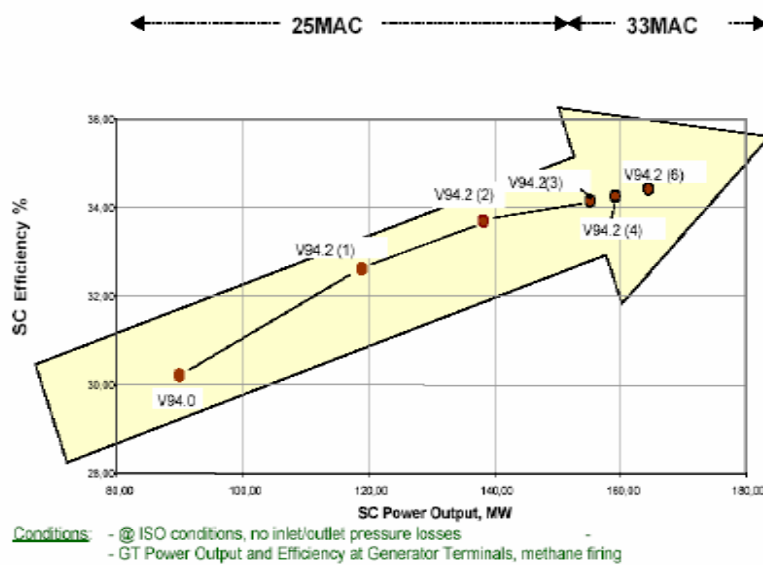


شکل (۴-۱) محل قرارگیری پره‌های Si3D در توربین

شکل (۵-۱) روند بهینه‌سازی توربین‌های گازی V94.2 را از سال ۱۹۹۹ نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)

شکل (۵-۱) روند بهبود توربین‌های گازی V94.2 [۲۲]

روند توسعه توربین‌های گازی V94.2 در شکل (۵-۱) را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد [۲۲] و [۲۳]:

- (1)V94.2: تولید شده از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۵، دمای ورودی توربین در شرایط ISO 930°C تا 1000°C ، فاقد تیغه های راهنمای ورودی قابل تنظیم IGVs^۱، پوسته داغ از جنس فولاد آستنیک، تیغه شماره ۱ و پره شماره ۱ نیز مانند تیغه شماره ۲ خنک می شوند.
- (2)V94.2: تولید شده از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۸۹، دمای ورودی توربین در شرایط ISO 1000°C تا 1050°C ، دارای سیستم IGV، پوسته داغ ساخته شده از مواد با پایه نیکل، پره شماره ۲ نیز خنک می شود، تمام پره های توربین از مواد با پایه نیکل ساخته شده، از پوشش کروم به جای پوشش MCrAlY برای مراحل ۱ و ۲ توربین استفاده شده است. این مدل در نیروگاه سیکل ترکیبی گیلان نصب شده است و ظرفیت آن ۱۴۳٫۸ مگاوات و راندمان آن ۳۲٫۵ درصد می باشد.
- (3)V94.2: تولید شده از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱، دمای ورودی توربین 1060°C ، ظرفیت ۱۵۹ مگاوات و راندمان ۳۴٫۱ درصد
- (4)V94.2(3): V94.2(3) بعلاوه TT1+
- (5)V94.2(3): V94.2(3) بعلاوه CMF+، ظرفیت ۱۶۲ مگاوات و راندمان ۳۴٫۴ درصد
- (6)SGT5-2000E(6)/V94.2(3): V94.2(3) بعلاوه TT1+ بعلاوه CMF+، ظرفیت ۱۶۶ مگاوات و راندمان ۳۴٫۵ درصد
- (7)SGT5-2000E(7)/V94.2(3): V94.2(3) بعلاوه TT1+ بعلاوه CMF+ و Si3D، ظرفیت ۱۶۸ مگاوات و راندمان ۳۴٫۷ درصد
- شرکت مپنا نیز بر مبنای طرحهای ارتقای ارائه شده برای واحدهای V94.2، طرحهای ارتقایی مطابق جدول (۲-۲) برای واحدهای ساخت خود ارائه نموده است. همانطور که ملاحظه میشود مدل Mapna 2+ هم رده مدل V94.2 (6) ساخت شرکت زیمنس می باشد. شرکت مپنا هم اکنون دو طرح ارتقای Mapna 2A و Mapna 2B در دست اقدام دارد که طرح اول در یک واحد نمونه (در عسلویه) اجرا و طرح دوم در دست طراحی می باشد.

¹ Adjustable inlet guid vanes

جدول (۱-۲) طرحهای ارتقای واحدهای گازی V94.2 اجرا شده و در دست توسعه توسط شرکت مپنا [۷]

راندمان در شرایط ایزو (%)	توان تولیدی در شرایط ایزو (MW)	نوع ارتقاء	دمای ورودی توربین (°C)	نام مدل	ردیف
۳۳٫۸	۱۴۳٫۸	طرح اول در ایران (واحدهای گازی نیروگاههای گیلان و نکا)	۱۰۵۰	V94.2-v2	۱
۳۴٫۱	۱۵۹	افزایش دمای ورودی توربین به ۱۰۶۰ °C	۱۰۶۰	V94.2-v3	۲
۳۴٫۴	۱۶۲	افزایش دمای ورودی توربین به ۱۰۷۵ °C و افزایش دبی جرمی کمپرسور با بهینه سازی ایرفویل پره های کمپرسور	۱۰۷۵	V94.2-v5	۳
۳۴٫۵	۱۶۶	اصلاح بعضی از مواد و آلیاژهای بکار رفته جهت افزایش مقاومت در برابر خوردگی و برخی اصلاحات ابعادی به منظور بهبود مقاومت در برابر خستگی حرارتی	۱۰۷۵	Mapna 2+	**۴
۳۴٫۶	۱۷۰	پوشش TBC و پوشش های پیشرفته سیلیکونی بر روی قطعات داغ شامل توربین و محفظه احتراق جهت افزایش عمر قطعات در دمای بالا	۱۰۸۰	Mapna 2A	***۵
۳۶٫۰	۱۸۰	نسل جدید توربین با طراحی ایرفویل جدید سه بعدی و استفاده از پره های تک کریستال	NA	Mapna 2B	***۶

* اجرا شده بر روی ۱۴ واحد

** اجرا شده بر روی یک واحد (عسلویه)

*** در دست توسعه

۱-۱-۲-۲- طرحهای ارتقای توربین گازی GE-F9

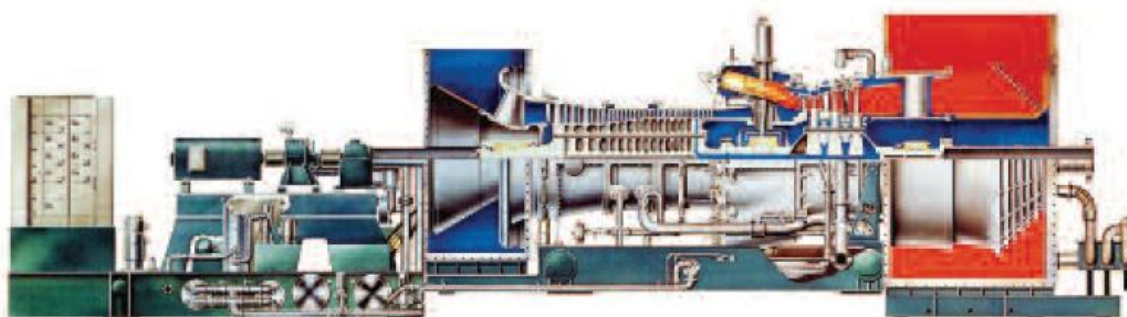
اولین مدل توربین گاز GE-F9 در سال ۱۹۷۵ و بر اساس دستاوردهای حاصل از طراحی توربین گازهای صنعتی موفق سری ۷ (MS7001B) طراحی و ساخته شد و با مدل MS9001B وارد عرصه صنعت گردید. این مدل با وجود اینکه همانند مدل متناظر از سری ۷ در دمای ورودی توربین ۱۸۴۰ فارنهایت (۱۰۰۴ سانتیگراد) کار می‌کند، اما حدود ۴۲ درصد توان بیشتری نسبت به آن تولید می‌کند. همچنین طراحی آن در مقایسه با مدل متناظر از سری ۷، با توجه به طراحی سیستم خنک‌کاری هوایی پره‌های نازل و روتور طبقه اول توربین و بهبود مواد سازنده پره های روتور طبقه دوم، به نوعی دارای طراحی قابل قبول-تری می باشد. با تلاشهای بسیار در ارائه برنامه‌های ارتقاء عملکرد توربین‌گار فریم ۹ مدل B، سرانجام از سال ۱۹۷۸ اولین توربین گاز مدل E فریم ۹ برمبنای تجربیات بدست آمده از توربین گاز مدل E سری ۷ به بازار عرضه شده است، که دارای

دمای ورودی توربین حدود ۱۹۵۵ فارنهایت (۱۰۶۸ سانتیگراد) می‌باشد. پس از آن تا حدود اوایل دهه ۹۰ میلادی این مدل ارتقاء یافت، بطوریکه در آخرین بسته‌ارتقاء ارائه شده به دمای ورودی توربین حدود ۲۰۵۵ فارنهایت (۱۱۲۴ سانتیگراد) رسید و پس از آن مدل EC جایگزین مدل E شد، که در جدول (۳-۱)، روند این تغییرات مشاهده می‌شود. بنابراین در ادامه با مرور اجمالی بسته‌های ارتقای صورت گرفته بر روی این توربین‌گاز، برنامه‌های ارتقای جدیدتر بر مبنای گزارش سال ۲۰۰۸ شرکت GE معرفی خواهد شد.

جدول (۳-۱) روند تغییرات در مدل‌های توربین‌گاز فریم GE-F9 [۲۴]

Model	Ship Dates	ISO Performance* kW	Firing Temp °F/°C	Air Flow 10 ⁶ lbs/hr 10 ⁶ kg/hr	Heat Rate BTU/kWhr kJ/kWh	Exhaust Temp °F/°C
PG9113B	1975-81	86,200	1840/1004	2.736/1.241	10,990/11,592	945/507
PG9141E	1978-81	105,600	1955/1068	3.155/1.431	10,700/11,286	953/512
PG9157E	1981-83	109,300	1985/1085	3.183/1.444	10,700/11,286	968/520
PG9151E	1983-87	112,040	2000/1093	3.214/1.458	10,570/11,149	877/525
PG9161E	1988-91	116,930	2020/1104	3.222/1.461	10,290/10,854	980/527
PG9171E	1991	123,450	2055/1124	3.231/1.466	10,080/10,632	998/537
	2003 - Current	126,100	2055/1124	3.231/1.466	10,100/10,650	1009/543
PG9231EC	1996	165,700	2200/1204	4.044/1.834	9,870/10,411	1,037/558
PG9301F	1993-94	209,740	2300/1260	4.804/2.179	10,080/10,632	1,082/583
PG9311FA	1994	223,760	2350/1288	4.819/2.186	9,630/10,158	1,097/582

اولین مدل توربین‌گاز سری ۹۰۰۱ که شماتیک آن در شکل (۳-۱) نشان داده شده است، در سال ۱۹۷۵ و بر اساس دستاوردهای حاصل از طراحی توربین‌گازهای صنعتی موفق سری ۷۰۰۱ (MS7001B) طراحی و ساخته شد و با مدل MS9001B وارد عرصه صنعت گردید. این مدل با وجود اینکه همانند مدل متناظر از سری ۷۰۰۱ در دمای آتش ۱۸۴۰ فارنهایت (۱۰۰۴ سانتیگراد) کار می‌کند، اما حدود ۴۲ درصد توان بیشتری نسبت به آن تولید می‌کند. همچنین این طراحی در مقایسه با مدل متناظر از سری ۷۰۰۱، با طراحی سیستم خنک‌کاری هوایی پره‌های نازل و روتور طبقه اول توربین و بهبود مواد سازنده پره‌های روتور طبقه دوم، به نوعی دارای طراحی قابل قبول تری می‌باشد.



شکل (۱-۶) طرح شماتیک توربین گاز GE9171E

همچنین از سال ۱۹۷۸ که اولین توربین گاز مدل E سری ۹۰۰۱ بر مبنای تجربیات بدست آمده از توربین گاز مدل E سری ۷۰۰۱ به بازار عرضه شد و دارای دمای آتش حدود ۱۹۵۵ فارنهایت (۱۰۶۸ سانتیگراد) بود. تاکنون این مدل در چند مرحله ارتقا یافته است بطوری که در حاضر دمای آتش آن به حدود ۲۰۵۵ فارنهایت (۱۱۲۴ سانتیگراد) و راندمان به ۳۳٫۸ درصد افزایش یافته است.

در ایران نیز، این واحدها اولین بار در ابتدای دهه ۸۰ وارد شبکه برق کشور شد. بطوریکه اولین واحدهای آن در نیروگاه منتظر قائم و در سال ۱۳۷۱ به بهره‌برداری رسید. در حال حاضر مجموعاً "تعداد ۳۰ واحد از این نوع توربین مجموعاً" به ظرفیت ۳۶۹۰ مگاوات در کشور در حال کار می‌باشد.

همانطور که اشاره شد، تا سال ۲۰۰۰ میلادی سه بسته ارتقاء برای واحدهای GE-F9 ارائه شده است. از این سه بسته، یک بسته برای مدل‌های B قابل استفاده است و دو بسته دیگر برای مدل‌های E ارائه شده است. جدول (۱-۴) اطلاعات مربوط به تعداد استفاده از این بسته‌ها را با تعداد استفاده از بسته‌های ارتقا توربین‌های گازی دیگر مقایسه می‌کند. با استفاده از اطلاعات ارائه شده در این جدول، نتیجه می‌شود تعداد استفاده از این بسته‌ها بسیار کمتر از دیگر بسته‌ها می‌باشد، بطوریکه برای توربین‌های GE-F9 جمعاً ۹ مورد استفاده شده است، در حالیکه برای کل توربین‌های گازی GE موارد استفاده شده ۴۱۱ مورد می‌باشد.

جدول (۴-۱) مقایسه موارد استفاده شده از بسته‌های ارتقا برای انواع مختلف توربین‌های گازی GE [۲۴]

Year	3/2 (A thru G) Adv Tech (FT1A)	3/2J Adv Tech (FT1D)	5/1R Adv Tech (FT3L)	5/1P Adv Tech (FT3M)	5/2 Adv Tech (FT2C)	6/1B 2055F/ 1123C (FT4L)	7/1 B to E (FT5X)	7/1E 2020F/ 1104C (FT5C)	7/1E 2035F/ 1112C (FT5Y)	7/1E 2055F/ 1123C (FT5Q)	9/1 B to E (FT6X)	9/1E 2055F/ 1124C (FT6Y)	Total # Upgrades Shipped
1984	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	6
85	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	10
86	6	-	-	4	-	-	-	2	-	-	-	-	12
87	3	-	3	12	1	-	-	-	-	-	-	-	19
88	5	-	4	9	4	-	1	-	-	-	-	-	23
89	3	-	2	5	2	-	-	-	-	-	-	-	12
90	4	-	5	24	27	-	1	-	-	-	-	-	61
91	2	-	6	12	12	-	1	3	-	-	1	-	37
92	3	8	1	19	1	-	2	-	-	-	1	-	35
93	2	-	-	13	4	-	2	4	-	-	1	1	27
94	1	1	-	7	-	-	3	4	5	-	1	-	22
95	-	2	-	4	-	-	4	2	8	-	-	1	21
96	4	-	1	8	2	1	-	-	15	-	1	-	28
97	4	3	1	2	10	4	1	-	11	1	-	1	37
98	-	2	-	2	2	-	1	1	5	1	-	-	21
99	1	2	1	11	2	2	5	-	15	2	-	1	40
Total	38	18	33	139	67	7	21	16	59	4	5	4	411

پس از یک جستجوی جامع در اینترنت، چند مورد خاص از سوابق اجرای پروژه‌های ارتقاء واحدهای GE-F9 سری E یافت شد که در ذیل به اختصار به آنها اشاره می‌شود.

شرکت آلومینیوم‌سازی DUBAL که نیاز آن به الکتریسیته تقریباً ۱۹۰۰ مگاوات ساعت است یک نیروگاه بزرگ سیکل ترکیبی را با ظرفیت ۲۳۵۰ مگاوات در درامی محیطی ۳۰ درجه سلسیوس تاسیس کرده است. این نیروگاه در ابتدای تاسیس خود دارای ۱۳ توربین گاز بوده است و در حال حاضر دارای ۲۳ واحد توربین گاز (۸ واحد 5 Frame، ۵ واحد 9B Frame، یک واحد 13DM، ۶ واحد 9E Frame، ۳ واحد 13E2) و ۷ واحد توربین بخار می‌باشد.

این شرکت واحدهای 9E خود را ارتقاء داده که به موجب آن توان خروجی ۵٫۵ درصد افزایش یافته و راندمان واحد ۳٫۹ بهبود یافته است. همچنین به میزان 5 mscfd در مصرف سوخت صرفه جویی شده و تولید گاز دی‌اکسید کربن ۹۳۷۷۷ تن در سال کاهش پیدا کرده است.

شرکت GE در سال ۲۰۱۱ طی یک قرارداد به ارزش ۱۴ میلیون دلار، ۴ واحد توربین گاز مدل 9E در نیروگاه KAPCO در استان پنجاب پاکستان را از لحظات قطعات و تجهیزات بروز کرد. این توربین‌ها ۲۲ سال است که در حال سرویس‌دهی می‌باشند. با انجام این پروژه راندمان کلی نیروگاه حدود ۰٫۴۴ درصد افزایش یافته و همچنین توان خروجی هر کدام از توربین‌ها ۳ مگاوات (جمعا برای کل نیروگاه ۱۲ مگاوات) افزایش پیدا کرده است. این میزان افزایش برای تامین برق ۸۰۰ هزار خانه کافی

است. صرفه‌جویی سوخت ناشی از ارتقاء توربین‌ها، یک درآمد اضافه به میزان ۱,۵ میلیون دلار در سال برای هر توربین در بر دارد. این به این معنی است که پس از حدود ۲,۵ سال بازگشت سرمایه رخ خواهد داد. بسته ارتقاء شامل پیشرفته‌ترین نشتبندها و اجزاء مسیر گاز شامل نازل‌ها و باکت‌ها می‌باشد.

هر یک از ارتقاءهای تکنولوژیک برای واحدهای سری B و یا سری E اولیه قابل انجام است. چند نمونه از ارتقاءهای قابل انجام برای سری E در جدول (۵-۱) نشان داده شده است. هر یک از ارتقاءهای ارائه شده در صورت انجام مزایایی دارد ولی اثر چشمگیر ناشی از انجام ارتقاء زمانی صورت می‌گیرد که درجه حرارت احتراق قابل افزایش باشد. بطور کلی افزایش درجه حرارت احتراق نیازمند یک سری تغییرات در تجهیزات است. بنابراین چندین مجموعه متفاوت برای ارائه به بهره‌بردار این واحدها طراحی شده است که در جدول (۵-۱) نمایش داده می‌شود.

جدول (۵-۱) تغییرات لازم بر روی تجهیزات توربین برای بالا بردن دمای احتراق [۲۴]

Component	MS9001 B/E Uprate Options				MS9001E to	MS9001E to
	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	2020°F	2055°F
Firing Temperature	1840°F	1905°F	1965°F	2020°F	2020°F	2055°F
Increase in Output	6.4%	12.6%	18.2%	24.1%	6.4%-10.4%	5.1%-15.5%
S1B 9E GTD111 E/A BLE	X	X	X	X	X	X
S1N 9E 2 Vane Chordal Hinge	X	X	X	X		X
GTD450 Reduced Camber IGV (86 degrees)	X	X	X	X	X	X
S2N 9E GTD222 Reduced Cooling		X	X	X		X
S2B 9E GTD111 Air Cooled		X**	X	X		X
S3N IN738			X	X		X
Stg. 1 Shroud 1 Piece		X	X	X		X
Stg. 1 Shroud 2 Piece						X
Stg. 3 Shroud (for 9E Bucket Shroud)			X	X		
GE Exhaust Frame and Blowers				X	X	X
Slot-cooled Liners w/TBC		X	X	X		X
Extensor Combustion Upgrade		X	X	X	X	X
Stage 1/2 Wheel Spacer			X	X		X
Nimonic™ Transition Pieces		X	X	X	X	X
Inner Barrel Bore Plugs	X	X	X	X	X	X
Stage 2 Honeycomb Shrouds***		X	X	X		X
Stage 3 Honeycomb Shrouds***			X	X		X
High Pressure Packing Brush Seal***	X	X	X	X	X	X
#2 Bearing Brush Seal***	X	X	X	X	X	X

* Need to have existing liners coated with TBC. This cost is not included in the package price.

** Non air-cooled buckets

*** Optional - not required for Uprate

در حال حاضر ۴ بسته برای ارتقاء واحدهای سری B و ۲ پکیج برای واحدهای سری E ارائه شده است که در ادامه بسته‌های ارتقای سری E مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای سری E دو بسته کلی ارائه شده است که هر مجموعه دارای اجزاء جداگانه است و هر کدام از اجزاء بطور اختصاصی قابل اجرا است ولی برای رسیدن به نتایج ذکر شده در عملکرد و راندمان واحد باید مجموعه کامل مورد اجرا قرار گیرد. اجزاء ارائه شده در مجموعه‌ها به طور جزئی به شرح زیر است:

- پره ردیف ۱: این پره در حال حاضر از GTD-111 ساخته شده و دارای پوشش IN Plus می‌باشد. دارای لبه کند است و با جریان هوای مغشوش^۱ خنک می‌شود (کد FT6J)
- نازل ردیف ۱: هر قطعه از این ردیف نازل دارای دو شیپوره^۲ به نحوی است که تنش حرارتی را کاهش می‌دهد و در برابر ترک نیز آسیب‌پذیری کمتری دارد. دارای مفصل بهبود یافته، آب‌بند دیواره بهبود یافته و سیستم خنک‌کاری هوای بهتر است (کد FS2J)
- شروود ردیف ۱: شروود ردیف ۱ می‌بایست با نازل ردیف ۲ هماهنگ شود.
- پره ردیف ۲: پره ردیف ۲ در حال حاضر با هوا خنک می‌شود و از جنس GTD-111 با روکش IN-Plus ساخته شده و دارای شروود نوک کنگره‌دار است. در گزینه ۲، سوراخهای خنک‌کاری این پره مسدود می‌شود (کد FS2F).
- نازل ردیف ۲: این نازل که با هوا خنک می‌شود از GTD-222 ساخته شده و با آلومیناید پوشش داده می‌شود (کد FS1P).
- پره ردیف ۳: جنس و طراحی این پره‌ها بهبود یافته است (کد FS2K).
- نازل ردیف ۳: طول قطاع این نازلها افزایش پیدا کرده و از جنس GTD-222+ ساخته می‌شود (کد FS1R).
- شروود ردیف ۳: شروود جدید ردیف ۳ باید با پره ردیف ۳ جدید هماهنگ شود.
- شیپوره ورودی^۳ GTD-450: انحنای این قطعه برای امکان گذر بیشتر جریان هوا کمتر شده است (کد FT6B).
- سیستم احتراق: با توجه به امکان استفاده از پوشش عایق حرارتی TBC نیاز به خط دهنده‌های شکاف‌دار خنک‌شونده^۴، قطعه واسط از جنس Nimonic 263 TM، محفظه‌های احتراق جدید، پوسته‌های هادی جریان جدید^۵ و لوله

1 Turbulated

2 Vane

3 Intel Guide Vanes

4 Slot Cooled Liners

5 Flow Sleeves

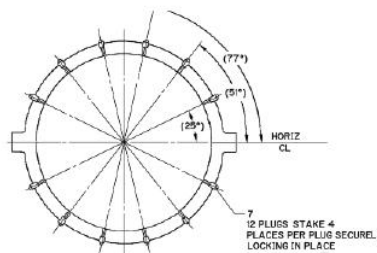
های شعله ضربدری^۱ مورد نیاز هستند. با سیستم احتراق جدید و امکان خنک کاری موثرتر امکان رسیدن به دمای احتراق بالاتر ممکن شد.

- کیت پوشش یکپارچه: این کیت پوشش اجزاء اتاق احتراق را کاهش می‌دهد و باعث افزایش مدت دوره‌های بازرسی آن می‌شود. این مورد با کاهش حرکت نسبی آنها و استفاده از پوشش یکپارچه‌تر اجزا انجام می‌شود (کد FS2D).
- بهبود ساختار آگزوز و استفاده از فن آگزوز: خنک کاری سازه آگزوز با استفاده از ۲ عدد بادزن ۱۰۰ اسب بخاری صورت می‌گیرد (کد FS2D).
- مسدود کردن سوراخهای استوان داخلی: سوراخهای تنظیم سیستم هوای خنک کاری را می‌توان برای کاهش مصرف هوای خنک کاری در داخل استوانه داخلی مسدود نمود که در شکل (۷-۱) نمایش داده شده است.

CDC boreplugs

Inner Barrel Bore Plugs

The inner barrel/compressor discharge casing includes a number of machined holes, which allow for tuning of the amount of compressor discharge flow to the first forward wheel space. The number of open/plugged holes varies depending on the configuration of the unit. Field testing has confirmed that all of these holes may be plugged without significantly impacting first forward wheelspace temperature.



The reduction in flow results in a performance improvement (+0.4% output and -0.2% heat rate).

+0.4% : Output
-0.20% : Heat Rate

شکل (۷-۱) انسداد سوراخهای تنظیم سیستم هوای خنک کاری برای کاهش مصرف هوای خنک کاری [۲۴]

بسته اول ارتقاء: افزایش دمای احتراق MS9001E به ۲۰۲۰ °F (FT6C)

این بسته برای واحدهایی که دارای دمای احتراق کمتر از ۲۰۲۰ °F طراحی شده است و اقداماتی که در این راستا مورد نیاز است، در جدول ۶ ارائه شده است. جهت اجرای طرح پیش‌گفته، بررسی وضعیت فعلی واحد برای سنجش اقدامات مورد نیاز لازم است. بهبود عملکرد در این ارتقا ناشی از افزایش دمای احتراق و بهبود اجزاست. با این ارتقا بین ۶/۴٪ تا ۱۰/۴٪ به

¹ Crossfire Tubes

خروجی واحد اضافه شده و میزان هیت‌ریت نیز بین ۱/۲٪ تا ۱/۶٪ کاهش پیدا می‌کند (بسته به شرایط اولیه واحد اگر دمای احتراق ۱۹۵۵°F بوده میزان خروجی ۱۰/۴٪، اگر ۱۹۸۵°F بوده و میزان خروجی ۷/۸٪ و اگر ۲۰۰۰°F بوده میزان خروجی ۶/۴٪ افزایش پیدا می‌کند). جداول (۱-۶) و (۱-۷) نتایج حاصل از هر یک از گزینه‌های قابل انجام را در این خصوص نشان می‌دهد.

جدول (۱-۶) تأثیر اجرای هر یک از گزینه‌ها بر توان خروجی واحد [۲۴]

	MS9001B-E Uprates				MS9001E - 2020°F				MS9001E - 2055°F			
	I	II	III	IV	1955	1985	2000	1955	1985	2000	2020	2055
Original TI, (°F)	1840	1840	1840	1840	1955	1985	2000	1955	1985	2000	2020	2055
Original TI, (°F)	1840	1905	1965	2020	2020	2020	2020	2055	2055	2055	2055	2055
	Increase in Output											
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Increase in Firing Temperature and Controls Modification	-	6.7	12.8	18.2	6.5	4.0	2.7	9.5	7.0	5.7	3.5	0.5
Bore Plugs	0.33	0.33	0.33	0.33	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
C450 IGVs (84 degrees)	4.3	4.3	4.3	4.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	-	-
Additional 2° - IGV	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Rotated S3B	-	-	0.6	0.6	-	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3	-
GTD-222 S2N	-	-1.0	-1.0	-1.0	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Haynes HR-120 One Piece Stage 1 Shroud	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
Exhaust Frame Blowers	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Air Cooled S2B	-	-	1.65	1.65	-	-	-	-	-	-	-	-
S2B Shrouds with Honeycomb Seals	-	0.35	0.35	0.35	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
S3 Shrouds with Honeycomb Seals	-	-	0.15	0.15	-	-	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
HPP Brush Seals	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
No. 2 Bearing Brush Seals	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Total Effect on Output	6.4	12.8	18.2	24.1	10.4	7.8	6.4	15.5	12.9	11.5	7.6	5.1

جدول (۷-۱) تأثیر اجرای هر یک از گزینه‌ها بر هیت ریت واحد [۲۴]

	MS9001B-E Uprates				MS9001E – 2020°F			MS9001E – 2055°F				
	I	II	III	IV	1955	1985	2000	1955	1985	2000	2020	2055
Original TF (°F)	1840	1840	1840	1840	1955	1985	2000	1955	1985	2000	2020	2055
Original TIF (°F)	1840	1905	1965	2020	2020	2020	2020	2055	2055	2055	2055	2055
	Decrease in Heat Rate											
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Increase in Firing Temperature and Controls Modification	-	-1.1	-2.0	-2.6	-0.6	-0.27	-0.15	-0.77	-0.54	-0.42	-0.27	-
S1N Chordal Hinge	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-	-	-	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25
Bore Plugs	0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
G450 IGVs (84 degrees)	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-	-
Additional 2° - IGV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Rotated S3B-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	0.28	0.28	0.28	0.28	-
GTD-222 S2N	-	-0.4	-0.4	-0.4	-	-	-	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Haynes HR-120 One Piece Stage 1 Shroud	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4
Exhaust Frame Blowers	-	-	-	-0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Air Cooled S2B	-	-	1.1	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-
S2B Shrouds with Honeycomb Seals	-	-0.35	-0.35	-0.35	-	-	-	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35
S3 Shrouds with Honeycomb Seals	-	-	-0.15	-0.15	-	-	-	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
HPP Brush Seals	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	v	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
No. 2 Bearing Brush Seals	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Total Effect on Heat Rate	-3.3	-4.3	-4.8	-5.5	-1.6	-1.3	-1.2	-3.2	-3.0	-2.9	-2.4	-2.2

نکته قابل توجه بررسی وضعیت ژنراتور برای امکان این افزایش است.

بطور کلی توسعه طراحی در ارتباط با اجزا و واحدهای MS9001E شامل این موارد است:

- پره‌های ردیف ۱ از جنس GTD-111 (کد FT6J)
- قطاع بلند نازل ردیف ۳ از جنس GTD-222+ (کد FS1R)
- افزایش جریان هوا با GTD-450 Intel Guide Vanes
- لاینرهای دارای شکاف خنک کاری با پوشش TBC در اتاق احتراق
- قطعه واسط Nimonic 263 TM
- کیت پوشش اجزاء یکپارچه در اتاق احتراق (کد FR1W)
- مسدود نمودن سوراخهای هوا کاری استوانه داخلی
- خنک کاری سازه آگزوز با فن 100hp (کد FS2D)

بسته دوم ارتقاء: افزایش دمای احتراق واحدهای MS9001E به ۲۰۵۵°F (FT6Y)

این بسته برای واحدهای سری MS 9001 E با دمای احتراق پایین‌تر از ۲۰۵۵°F طراحی شده است و از اجزاء با تکنولوژی روز جهت امکان احتراق در دمای ۲۰۵۵°F استفاده می‌کند که بالاترین دمای احتراق این سری واحدهاست. فواید انجام این ارتقا شامل افزایش خروجی واحد بین ۱/۵٪ تا ۵/۱۵٪ بسته به شرایط فعلی واحد و کاهش ۲/۲٪ تا ۳٪ در هیت‌ریت می‌گردد. (شامل گزینه‌های انتخابی از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌گردد).

گزینه‌های سخت‌افزار مورد نیاز در این بسته براساس شرایط موجود هر واحد متفاوت است و با مطالعه اختصاصی هر واحد اجزاء مورد نیاز جهت تغییر و ارتقا شناسایی می‌گردند. مقادیر دقیق افزایش خروجی و کاهش هیت‌ریت در هر واحد از جداول (۱-۷) و (۱-۸) استخراج می‌گردد.

مجدداً این نکته یادآور می‌شود که وضعیت ژنراتور جهت امکان انجام این ارتقا باید بررسی شود. در جدول (۱-۸) نیازمندی‌های ارتقا به دمای احتراق ۲۰۵۵°F لیست شده است:

جدول (۱-۸) نیازمندی‌های فنی جهت افزایش دما به ۲۰۵۵ فارنهایت [۲۴]

MS9001E 2055°F Uprate Requirements

• GTD-111 Equiaxed BLE Stage 1 Bucket	FT6J
• 2 Vane Chordal Hinge Stage 1 Nozzle	FS2J
• GTD-111 Air-Cooled Stage 2 Buckets	FS2F
• GTD-222 Reduced Cooling Stage 2 Nozzle	FS1P
• IN-738 Stage 3 Bucket	FS2K
• GTD-222 Stage 3 Nozzle	FS1R
• HR-120™ Improved Stage 1 Shroud Blocks	FS2Y
• GTD-450 Reduced Camber IGVs	FT6B
• Nimonic-263™ Transition Pieces, TBC Coating	FR1U
• Thick Slot-Cooled Liners with TBC	FR1U
• Exhaust Isotherm Temp Limit Upgrade, Exhaust Frame Upgrade/100 HP Blowers	FS1W/FS2D
• Inner Barrel Bore Plugs	FS2S

Most requirements are part of normal maintenance plans.
Improve performance with uprate parts in place of normal spares.

این نیازمندیها به قرار زیر است:

- پره ردیف ۱: ساخته شده از GTD-111 با ۱۱ سوراخ خنک کاری اغتشاشی و پوشش GT-33In Plus
- پره ردیف ۲: ساخته شده از GTD-111 با ۶ سوراخ خنک کاری و نوک شرود کنگره‌ای و دندانه برنده
- پره ردیف ۳: ساخته شده از IN-738TM با شرود کنگره‌ای در هم قفل شونده و دندانه برنده
- نازل ردیف ۱: از جنس FSX-414 و خنک کاری مناسب‌تر با مفصل قوسی و آب‌بندی لبه دار در قطعه داخلی
- نازل ردیف ۲: از جنس GTD-222+ و بدون نیاز به هوای خنک کن
- نازل ردیف ۳: از جنس GTD-222+ و با طول قطاع اضافه شده
- شرود ردیف ۱: طراحی یکپارچه از جنس HR-120 و آب‌بند لبه دار
- بهبود هوای خنک کاری شرود ردیف ۳: استفاده از هوای خروجی ردیف ۵ کمپرسور و تزریق بین شرود ردیف ۳ و

پوسته توربین

- سیستم احتراق: آخرین طرح اتاق احتراق GE طرح "Canted" نام دارد که در آن پیچهای پوسته اتاق احتراق مستقیم به پوشش احتراق وارد می‌شود بدون نیاز به پوسته خارجی احتراق (Cans) که در دمای احتراق کمتر از 2055°F این ترکیب با قطعه رابط Nimonic 263TM و لایزهای ضخیم شکاف دار (هوا خنک شونده) که هر دو دارای TBC هستند، استفاده می‌شود. ولی در این ارتقا اتاق احتراق "Canned" جایگزین اتاق احتراق "Canted" می‌گردد.
- دمنده سازه آگزوز: از دو دمنده گریز از مرکز با قدرت 100hp جهت خنک کاری سازه آگزوز استفاده می‌شود.
- انسداد سوراخهای استوانه داخلی: در استوانه داخلی مجموعه پرفشار می‌توان سوراخهای خنک کاری را به منظور کاهش مصرف هوای خنک کن مسدود نمود.

با توجه به مطالب ارائه شده، مشخصات فنی بسته ارتقای واحدهای GE-F9 به همراه میزان تأثیر بر افزایش توان و راندمان

واحد در جدول (۹-۱) ارائه شده است.

جدول (۹-۱) مشخصات فنی بسته های ارتقای واحدهای گازی GE-F9 پیشنهادی شرکت GE [۲۴]

ردیف	تجهیز	نوع ارتقاء	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان (%)	تأثیر احتمالی بر افزایش توان (%)
۱	سیل بندی سمت فشار بالای کمپرسور	استفاده از سیل برسی بجای لایبرنتی	۰,۵	۱,۰
۲	سیل بندی سمت فشار پائین کمپرسور	استفاده از سیل برسی بجای لایبرنتی	۰,۲	۰,۳
۳	پره ثابت ردیف دوم	استفاده از بلوک لایبرنتی دارای طرح سیل برسی	۰,۵	۰,۹
۴	پره متحرک ردیف دوم	پره دارای طرح دندانه دار (Cutter teeth)	۰,۳۵	۰,۳۵
۵	شروود سگمنت ردیف دوم	استفاده از شروود سگمنت دارای طرح لانه زنبوری		
۶	پره متحرک ردیف سوم	پره دارای طرح دندانه دار (Cutter teeth)	۰,۱۵	۰,۱۵
۷	شروود سگمنت ردیف سوم	استفاده از شروود سگمنت دارای طرح لانه زنبوری		
۸	پره ثابت ردیف سوم	آیرفویل پیشرفته سه بعدی	۱,۰	۱,۰
۹	پره متحرک ردیف سوم	آیرفویل پیشرفته سه بعدی		
۱۰	شروود سگمنت ردیف سوم	استفاده از شروود سگمنت دارای طرح لانه زنبوری		
		جمع	۲,۷	۳,۷

یکی دیگر از فناوری‌های افزایش توان و راندمان نیروگاه‌های گازی، بکارگیری سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور و استفاده از سیستم‌های فیلتراسیون پیشرفته هوای ورودی توربین گاز می‌باشد.

براساس تجارب پروژه‌های اجرا شده در داخل کشور [۱] و نیز اطلاعات ارائه شده در بخش (۱-۱-۱)، مشخصه‌های فناوری های افزایش راندمان توربین گاز در بخش سیستم هوای ورودی در جدول (۱۰-۱) خلاصه شده است. همچنین مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان برای سایر اجزای توربین گاز شامل کمپرسور، محفظه احتراق، توربین و سیستم‌های جانبی در جداول (۱۱-۱) تا (۱۴-۱) براساس اطلاعات ارائه شده در بخش (۱-۱-۱) ارائه شده است، همانطور که ملاحظه می‌شود فناوری‌های خنک‌کاری هوای ورودی، بکارگیری پره‌های پیشرفته با طراحی سه بعدی در کمپرسور و توربین، افزایش دمای ورودی توربین پتانسیل بالایی در افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی دارند.

جدول (۱-۱۰) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان توربین‌گاز - بخش سیستم‌های هوای ورودی

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش مدیا	بلوغ	ساده	بلوغ	متوسط	بالا
۲	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش فاگ	رشد	پیچیده	رشد	بالا	متوسط
۳	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش تبریدی	رشد	متوسط	بلوغ	بالا	متوسط
۴	سیستم‌های سرمایه‌ی مبتنی بر ذخیره سازی سرما	رشد	متوسط	بلوغ	بالا	متوسط
۵	سیستم فیلتراسیون پیشرفته هوای ورودی	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

جدول (۱-۱۱) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان توربین‌گاز - بخش کمپرسور

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	پره‌های پیشرفته با طراحی سه بعدی	رشد	پیچیده	رشد	بالا	متوسط
۲	سیل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	رشد	متوسط	پائین

جدول (۱-۱۲) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز - بخش محفظه احتراق

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تاثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	پوشش دما بالای محفظه احتراق (جهت افزایش دمای ورودی توربین)	رشد	متوسط	رشد	بالا	متوسط
۲	تزریق بخار به داخل محفظه احتراق	رشد	متوسط	رشد	پائین	پائین
۳	عایق‌های پیشرفته	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط
۴	مشعل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	بلوغ	پائین	پائین

جدول (۱-۱۳) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز - بخش توربین

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تاثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	پره‌های پیشرفته با طراحی سه بعدی	رشد	پیچیده	رشد	بالا	متوسط
۲	افزایش دمای ورودی توربین	رشد	متوسط	رشد	بالا	متوسط
۳	سیل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	رشد	متوسط	پائین
۴	خنک‌کاری پیشرفته پره‌های توربین	رشد	پیچیده	رشد	پائین	پائین
۵	عایق‌های پیشرفته	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

جدول (۱-۱۴) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز - سیستم‌های جانبی

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تاثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سیستم خنک‌کاری پیشرفته روغن روانکاری توربین-ژنراتور	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط
۲	سیستم خنک‌کاری پیشرفته ژنراتور	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

۱-۱-۳- فناوری‌های مرتبط با بهینه‌سازی فرآیند نیروگاه‌های گازی

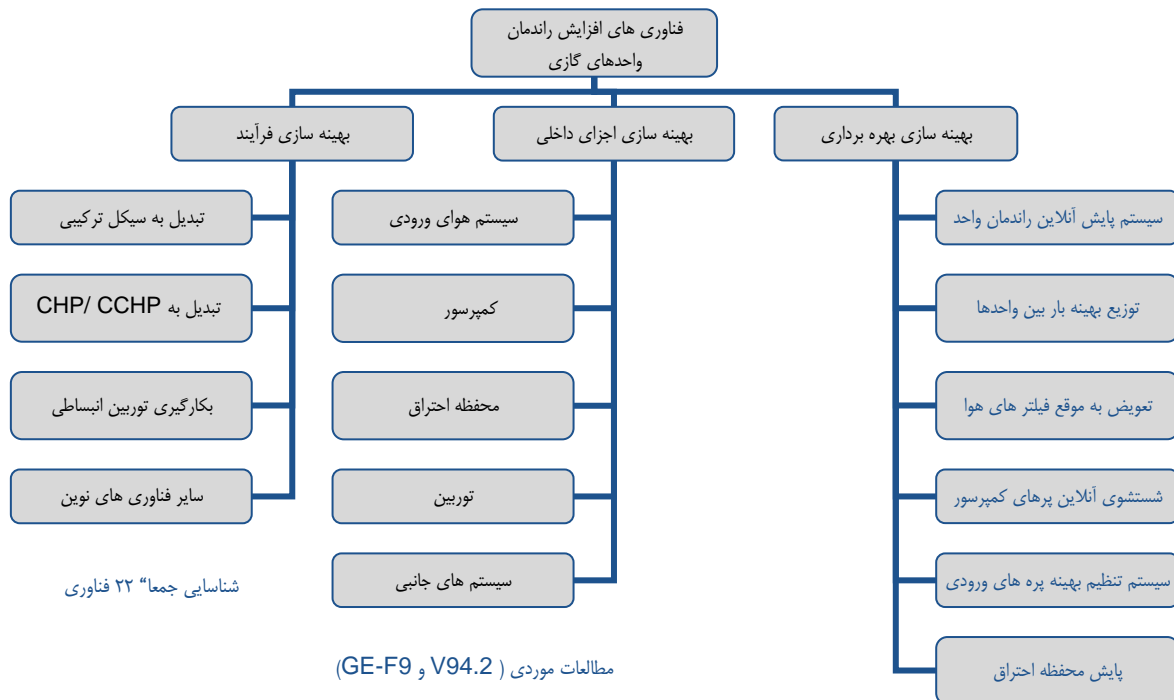
فناوری‌های اصلی افزایش راندمان توربین‌های گازی در بخش بهینه‌سازی فرآیند مطابق جدول (۱-۱۵) به سه دسته تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی و CCHP و نیز بکارگیری توربین‌های انبساطی قابل تقسیم‌بندی می‌باشند که تأثیر بالایی نیز در افزایش راندمان این واحدها دارند [۱].

جدول (۱-۱۵) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان توربین‌گاز - بهینه‌سازی فرآیند

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	تبدیل به سیکل ترکیبی	بلوغ	متوسط	رشد	بالا	بالا
۲	سیستم تولید همزمان برق، حرارت، سرما و آب شیرین (CCHP)	بلوغ	متوسط	رشد	بالا	متوسط
۳	توربین انبساطی	رشد	پیچیده	رشد	بالا	متوسط

۱-۱-۴- جمع‌بندی و دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی

دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی در شکل (۱-۸) نشان داده شده است. همانطور که قبلاً ذکر گردید فناوری‌ها به سه دسته کلی بهینه‌سازی بهره‌برداری، بهینه‌سازی اجزای داخلی و بهینه‌سازی فرآیند قابل تقسیم می‌باشند که مشخصه‌های فنی آنها در جداول (۱-۱۰) تا (۱-۱۶) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود فناوری‌هایی نظیر پایش عملکرد آنلاین واحد، شستشوی آنلاین پره‌های کمپرسور، خنک‌کاری هوای ورودی، بکارگیری پره‌های پیشرفته با طراحی سه بعدی برای توربین و کمپرسور، افزایش دمای ورودی توربین، تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی یا CHP و بکارگیری فناوری توربین‌های انبساطی بر روی خط گاز اصلی ورودی واحدهای تأثیر قابل توجهی (بیش از یک درصد) بر روی راندمان واحدهای گازی دارند. البته لازم بذکر است که میزان تأثیر افزایش راندمان فناوری‌ها یکی از معیاری‌های اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان می‌باشد و سایر معیارهای اصلی در این خصوص از جمله پارامترهای اقتصادی در مرحله سوم پروژه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.



شکل (۸-۱) دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی

۱-۲- آینده پژوهی فناوری های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی

بطور کلی اهداف اصلی از انجام مطالعات آینده پژوهی در تدوین نقشه راه فناوری های افزایش راندمان به شرح ذیل می باشد

:

- بررسی حوزه های فناورانه شناسایی شده با نگاه آینده و تحلیل توسعه این فناوری ها در افق زمانی مطالعه (۱۰ سال آینده) بعنوان سناریو های پیش رو
- بررسی روند ظهور فناوری های جدید و جایگزین در حوزه مطالعه
- بررسی عدم قطعیت های پیش روی توسعه فناوری های شناسایی شده در آینده جهت پایداری تصمیمات و سیاست های پیشنهادی

براساس بررسی های انجام شده در مراجع مختلف، فناوری های نوین زیر جهت افزایش راندمان توربین های گازی مورد استفاده قرار می گیرند [۲۵ و ۲۶] :

- بکارگیری فناوری نانو در ساخت پره های توربین گاز با مواد پیشرفته دما بالا
- ساخت عایق های حرارتی جهت محفظه احتراق و توربین با کارایی بالا بر پایه فناوری نانو
- فناوری Oxyfuel با سیکل برایتون

۱-۲-۱- بکارگیری فناوری نانو در توربین های گازی

در یک دهه گذشته بکارگیری فناوری نانو در بخش های مختلف انرژی توسعه قابل توجهی یافته است به صورتیکه همانطور که در شکل (۱-۹) ملاحظه می شود تحقیقات گسترده ای در این زمینه در بخش های توربین گازی، انتقال حرارت و عایق های حرارتی صورت گرفته و در حال انجام است. از جمله کاربردهای فناوری نانو در توربین های گازی می توان به موارد استفاده از آن به منظور افزایش دمای ورودی توربین (برای مثال پوشش های سرامیکی یا بین فلزی نانو ساختار بر روی پره های توربین) جهت افزایش راندمان اشاره کرد. از دیگر کاربردهای فناوری نانو می توان به افزایش ضریب انتقال حرارت در مبدل های حرارتی مورد استفاده در سیستم های جانبی توربین گاز (مبدل های خنک کن روغن روانکاری و سیستم خنک کن ژنراتور) اشاره کرد.

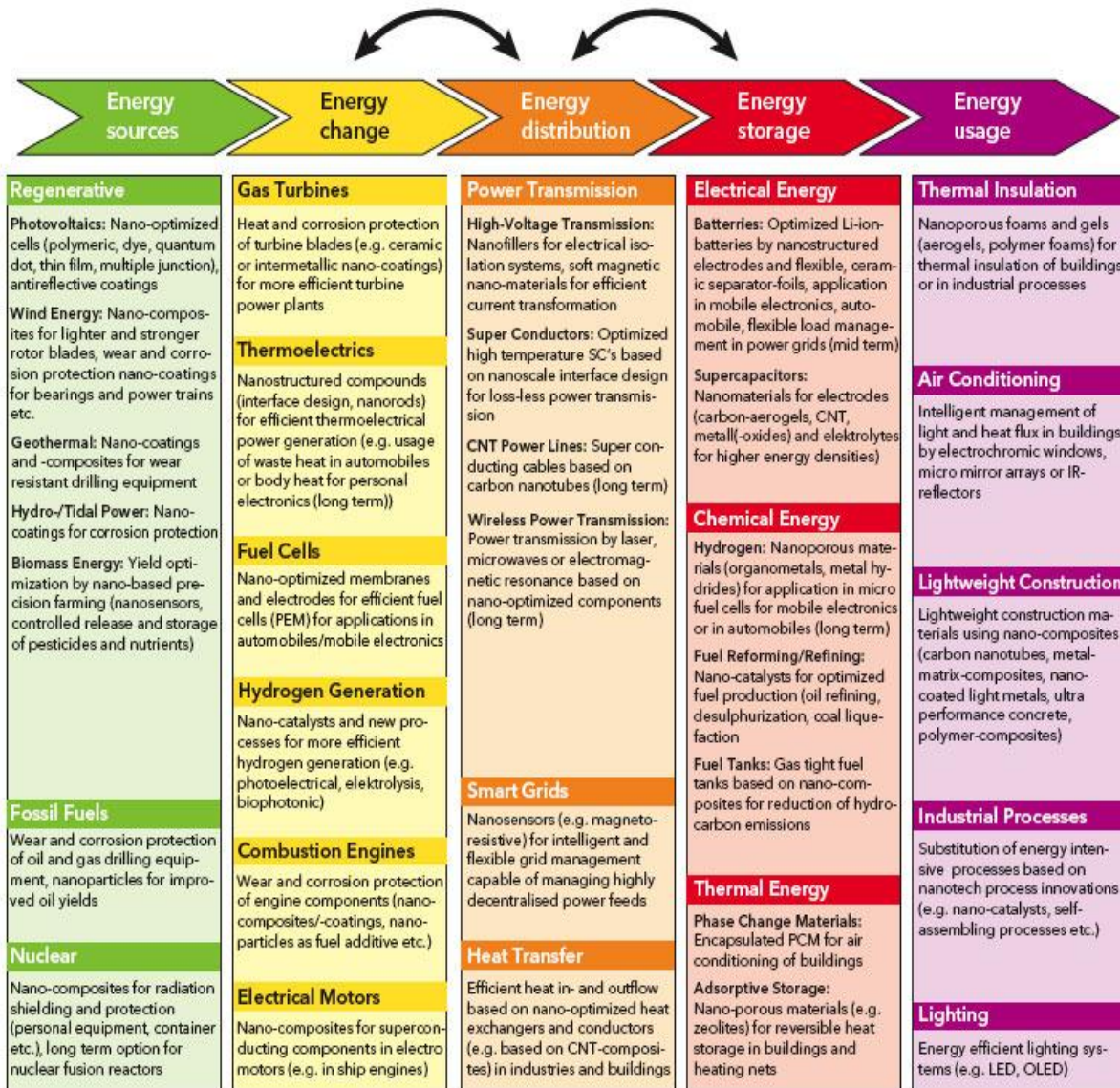
همچنین فناوری نانو می‌تواند در ساخت عایق‌های حرارتی مورد نیاز سطوح خارجی محفظه احتراق و توربین به منظور کاهش اتلافات حرارتی مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است تاکنون فناوری نانو در ساخت فیلترهای هوای ورودی توربین گاز توسط شرکت‌های داخلی سازنده فیلتر نظیر بهران فیلتر مورد استفاده قرار گرفته است [۲۶]. با این فناوری، سطح ایاف بزرگ سلولزی و یا مصنوعی (معمولاً با قطر ۱۰ تا ۳۰ میکرومتر) با لایه‌ای از ایاف بسیار ریز نانو (معمولاً با قطر ۵۰ تا ۴۰۰ نانومتر) پوشانده می‌شود. کاربرد اصلی این فناوری در فیلترهای پالس توربین‌های گازی می‌باشد و دو مزیت اصلی آن عبارتند از:

- ارتقای راندمان فیلتراسیون از طریق کاهش اندازه سوراخها

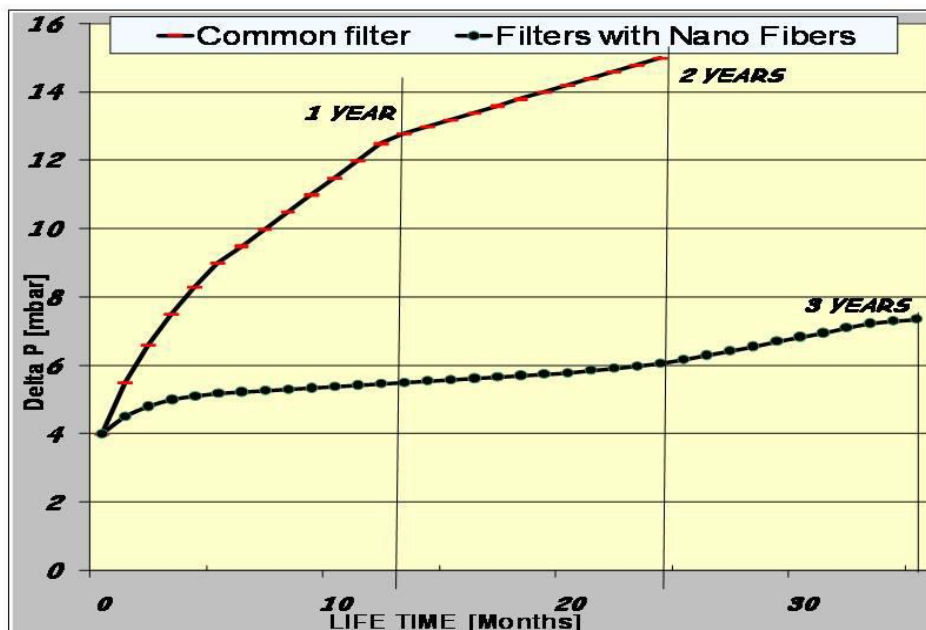
- افزایش عمر فیلترها با بهره‌گیری از فیلتراسیون سطحی

در این فناوری، همه ذرات جداسازی شده در سمت بیرون کاغذ فیلتر باقی می‌مانند و در زمان اعمال پالس بخوبی فیلتر احیا می‌گردد.

براساس ارزیابی صورت گرفته در یک نیروگاه نمونه (مطابق شکل ۱-۱۰)، بکارگیری فیلترهای با ایاف نانو سبب کاهش افت فشار فیلترها در طی دو سال بهره‌برداری از ۱۵ به ۶ mbar شده است که این امر سبب افزایش توان خروجی به میزان ۱/۴ درصد و افزایش راندمان به میزان ۰/۴۵ درصد شده است [۲۶].



شکل (۹-۱) کاربرد های فناوری نانو در تبدیل انرژی [۲۵]

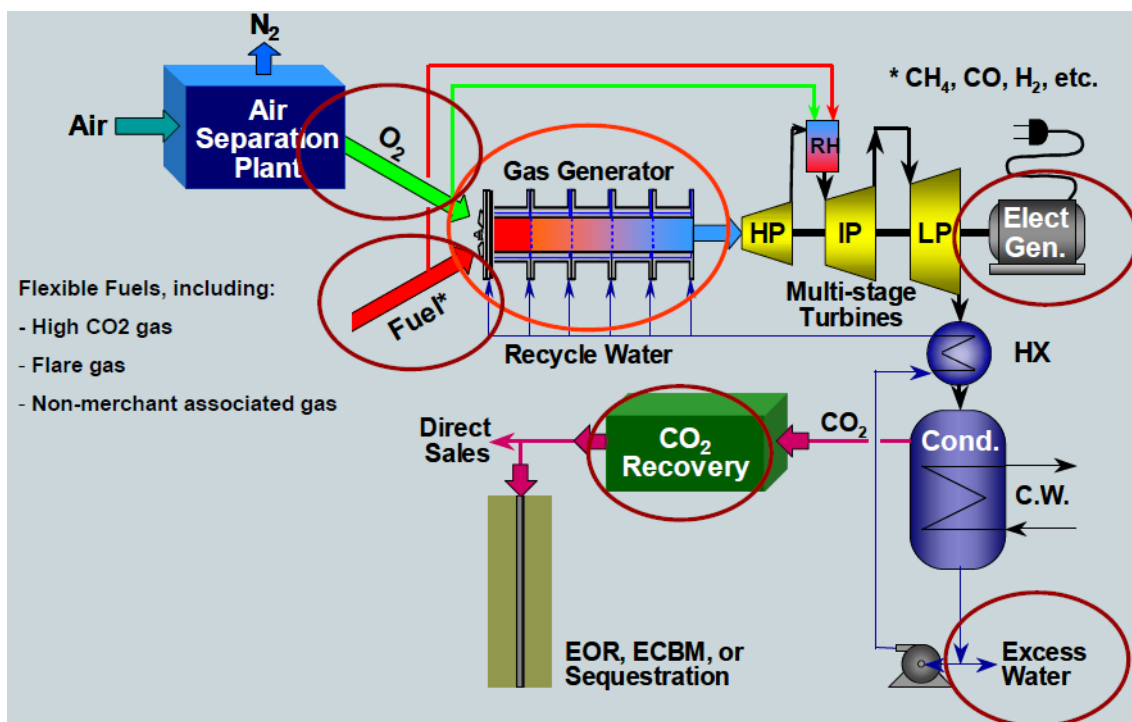


شکل (۱-۱) - مقایسه تغییرات افت فشار در فیلترهای معمولی و با الیاف نانو در طول مدت بهره‌برداری [۲۶]

۱-۲-۲- فناوری Oxyfuel با سیکل برایتون

یکی دیگر از فناوری‌های نوین جهت افزایش راندمان توربین‌های گازی، فناوری احتراق با اکسیژن خالص (Oxyfuel) می‌باشد. در این فناوری مطابق شکل (۱-۱۱) به جای استفاده از هوا از اکسیژن خالص جهت احتراق در محفظه احتراق استفاده می‌شود و این امر سبب می‌شود که با حذف کمپرسور راندمان ناخالص واحد به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد. البته در این حالت مصرف داخلی واحد بدلیل اضافه شدن واحد جداسازی اکسیژن از هوا افزایش می‌یابد و در کل این فناوری سبب کاهش راندمان خالص سیکل توربین گاز می‌گردد [۲۷]. این فناوری از چهار زیرسیستم به شرح ذیل تشکیل شده است:

- فرآیند فشرده‌سازی سوخت
- جداسازی هوا و فشرده‌سازی اکسیژن
- سیکل قدرت
- بازیابی CO₂ و فشرده‌سازی آن



شکل (۱۱-۱) طرح مفهومی Oxyfuel با سیکل برایتون [۲۷]

سیکل قدرت از یک واحد احتراق با اکسیژن، توربین گاز تغییر یافته، توربین بخار و تجهیزات بازیابی حرارت تشکیل شده است. مطابق شکل (۱۱-۱)، سوخت و اکسیژن در فشار ۵۰-۱۰۰ بار به محفظه احتراق وارد می‌شود. دمای احتراق با تزریق آب و بخار تعدیل می‌یابد تا سیال عامل (بخار/CO₂) به توربین فشار بالا برسد. در قسمت اول (اولین قسمت محفظه احتراق) با تزریق آب، دما در محدوده ۶۵۰-۱۷۶۰ درجه سانتیگراد می‌ماند در صورتیکه در قسمت‌های پایین دستی محفظه، با تزریق بخار یا آب برای رسیدن به دمای ورودی مطلوب توربین فشارقوی، دما به ۵۰۰-۶۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. ترکیب سیال عامل، با دمای خروجی محفظه، نوع سوخت و دمای آب و یا بخار تزریقی تعیین می‌شود اما عموماً ۸۰٪ بخار و ۲۰٪ دی‌اکسیدکربن است.

توربین فشار بالا، دارای نسبت فشار ۵ می‌باشد. قسمت اعظم خروجی توربین فشار بالا وارد محفظه احتراق دوم می‌شود که با احتراق سوخت با اکسیژن اضافی، دوباره به دمای ورودی توربین (TIT)^۱ مناسب برای توربین فشار متوسط برسد. اگر نیاز به خنک کاری توربین فشار متوسط باشد مقداری از خروجی توربین فشار قوی بدون بازگرمایش بای پس شده و به عنوان سیال

^۱ Turbine Inlet Temperature

خنک کننده از آن استفاده می شود. خروجی توربین فشار متوسط وارد مبدلی می شود که آب تغذیه یا بخار (بسته به دمای خروجی) را پیش گرم می کند. آب گرم یا بخار (در صورت تولید) برای تعدیل دمای احتراق به محفظه تحویل داده می شود. به دلیل اینکه خروجی توربین فشار متوسط از بخار تشکیل شده است محتوای حرارتی آن به صورت گرمای نهان است. حرارت آن توسط بویلر بازیاب (HRSG)^۱ دوباره استفاده می شود و بخار کم فشاری را برای توربین فشار ضعیف فراهم می کند. فشار بخار فشار پایین طوری انتخاب می شود که از پایین بودن نقطه‌ی جوش آن از نقطه‌ی شبنم سیال (مخلوط بخار آب و دی اکسید کربن) اطمینان حاصل شود. بخار خالص کم فشار تا فشار خلاء توربین فشار ضعیف معمولی منبسط می شود. مایع کندانس شده در بویلر بازیاب به مبدل و گاز غیر قابل کندانس (که اکثراً دی اکسید کربن است) به واحد تصفیه دی اکسید کربن تحویل داده می شود.

یکی دیگر از مزایای این فناوری امکان بازیافت CO₂ و بخار آب خروجی از اگزوز واحد می باشد که سبب افزایش توجیه اقتصادی و زیست محیطی آن می گردد. البته بکارگیری این فناوری در واحدهای موجود توربین گاز مستلزم تغییرات اساسی در بخش توربین و محفظه احتراق بدلیل تغییر دمای احتراق می باشد و لذا علیرغم انجام تحقیقات آزمایشگاهی در این خصوص، احتمال بکارگیری آن برای واحدهای موجود در آینده نزدیک بسیار پائین می باشد [۲۷].

¹ Heat Recovery Steam Generator

فصل دوم هوشمندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاههای بخار

در این فصل ابتدا حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاههای بخاری کشور بررسی و ارائه خواهد گردید. سپس دسته بندی، اجزا و زیرسیستم‌های فناوری‌های افزایش راندمان این نیروگاهها مشخص خواهد شد و درخت فناوری‌های مربوطه ارائه می گردد. در بخش دوم این فصل نیز نتایج مطالعات آینده‌پژوهشی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاههای بخاری ارائه می‌شود.

۲-۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاههای بخار

در این فصل ابتدا علل افت راندمان و فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاههای بخاری مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس مشخصه‌های این فناوری‌ها به تفکیک بخش‌های مختلف نیروگاههای بخار ارائه و نهایتاً دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاههای بخار ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که مشخصات اقتصادی این فناوری‌ها به صورت جداگانه و در مرحله سوم پروژه ارائه خواهد گردید.

۲-۱-۱- بررسی علل افت راندمان و فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاههای بخار

در این بخش عوامل مؤثر در کاهش راندمان نیروگاههای بخار به تفکیک اجزای اصلی آن مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. این چهار جزء اصلی عبارتند از: سیکل، بویلر، توربین و سیستم خنک‌کن. در این بررسی توربین بخار شامل سه جزء توربین فشار قوی (HP)، توربین فشار متوسط (IP) و توربین فشار ضعیف (LP) می‌باشد. سیستم خنک‌کن نیز متشکل از کندانسور و تجهیزات مرتبط با آن که مجموعاً وظیفه تقطیر بخار خروجی از توربین را برعهده دارند می‌شود. بطور کلی سیستم خنک‌کن را می‌توان شامل اجزای ذیل دانست: کندانسور، برج خنک‌کن، پمپ آب خنک‌کن، فن‌های برج مرطوب، خلاء ساز و خلاء نگهدارها. بخش دیگری که می‌بایست به آن پرداخته شود، بویلر است که مجموعه تجهیزاتی که در راستای تولید بخار می‌باشند را شامل می‌شود. بدین منظور سطوح حرارتی، کوره و مشعل‌ها، پمپ آب گردش بویلر، ژانگستروم و فن‌های اجباری و القایی می‌بایست مورد بررسی قرار گیرند. از سوی دیگر منظور از سیکل، بخش باقیمانده نیروگاه است که بطور کلی عبارتند از: هیترهای آب تغذیه، پمپ آب کندانس، پمپ آب تغذیه بویلر، لوله‌کشی‌ها و تجهیزات مرتبط با آن. اگر چه برخی موارد مانند سیستم کنترل در هریک از اجزا قابل بحث است ولی به صورت مجزا نیز به آنها پرداخته شده است.

عملکرد یک واحد نیروگاهی با افزایش عمر آن به تدریج تنزل می‌یابد. از اینرو نمی‌توان انتظار داشت یک نیروگاه همواره با راندمان اولیه خود کار کند. به یک واحد نیروگاهی چندین راندمان نسبت داده می‌شود. راندمان طراحی، عددی است که پیش از ساخت واحد با توجه به شرایط سیکل و برخی از اجزاء محاسبه می‌گردد. این راندمان در عمل محقق نخواهد شد و پس از انتخاب دقیق‌تر تجهیزات و ساخت نیروگاه، راندمان مطابق ساخت^۱ توسط شرکت سازنده ارائه خواهد شد. در راندمان مطابق ساخت مواردی دیده می‌شوند که معمولاً در راندمان طراحی از آنها صرف‌نظر شده بود. برخی از این موارد عبارتند از:

- هواکش هیترهای آب تغذیه

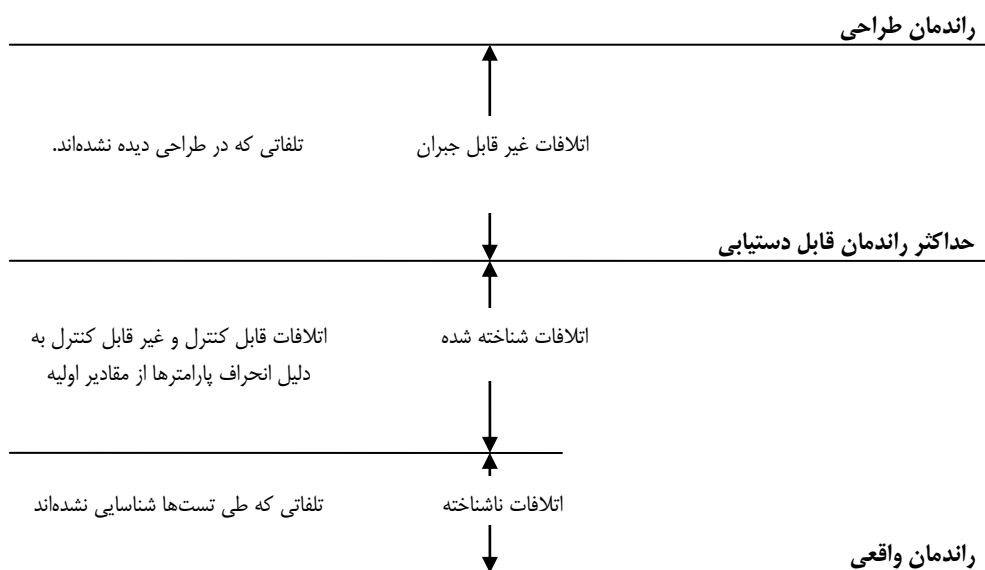
- تله‌های بخار

- بخار مصرفی در تجهیزات کمکی

- بخار مصرفی دوده‌زداها

پس از ساخت واحد، معمولاً شرکت سازنده تست کارایی اولیه‌ای جهت نشان دادن میزان دستیابی به شرایط گارانتی ترتیب می‌دهد. راندمان حاصل از این تست تمامی موارد اختلاف طراحی دقیق و واقعیت را نیز دربر می‌گیرد. به این راندمان حداکثر راندمان قابل دستیابی گفته می‌شود چرا که واحد یکبار در گذشته آنرا تجربه کرده است و با نوسازی آن، در بهترین شرایط می‌توان نهایتاً به این مقدار رسید. در شکل (۱-۲) این مفاهیم به خوبی نشان داده شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌گردد، راندمان واقعی نیروگاهی که در حال حاضر مشغول به فعالیت است با حداکثر راندمان قابل دستیابی تفاوت‌هایی دارد که این تفاوت‌ها را می‌توان به دو دسته تلفات شناخته شده و ناشناخته تقسیم نمود. در مجموع میتوان در شرایط ایده‌آل هر دو دسته افت‌های مذکور را جبران نموده و به حداکثر راندمان قابل دستیابی رسید. ولی بین این راندمان و راندمان طراحی، اتلاف‌هایی وجود دارد که در طراحی سازنده دیده نشده یا به درستی ارزیابی نگردیده است. این اختلاف غیر قابل جبران بوده و می‌بایست به حساب تقریب مهندسی به هنگام طراحی گذاشته شوند.

¹ As Built



شکل (۱-۲) مقایسه راندمان‌های مختلف

بطور کلی افت راندمان واحد نسبت به حداکثر راندمان قابل دستیابی را می‌توان به دو دسته قابل کنترل و غیرقابل کنترل طبقه بندی نمود. افت‌های غیرقابل کنترل نیز به شرایط محیطی (دمای آب خنک‌کن، ...)، احتیاجات شبکه و زوال معمول در نیروگاه بستگی دارند. افت قابل کنترل راندمان عموماً به دلیل رویه‌های نامطلوب بهره‌برداری و تعمیرات حادث می‌شود.

عوامل تأثیرگذار بر راندمان یک نیروگاه حرارتی را می‌توان در چهار دسته کلی جای داد:

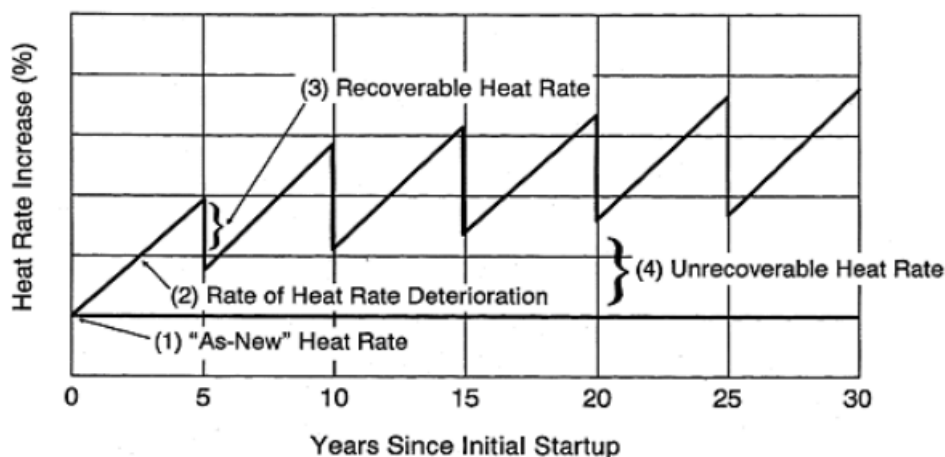
- طراحی واحد
- موقعیت سایت (ارتفاع و دمای محیط)
- شرکت‌های سازنده تجهیزات اصلی
- رویه‌های بهره‌برداری (کار در شرایط غیرنامی، راه‌اندازی و خروج‌های مکرر و غیره)

با توجه به اینکه موقعیت سایت غیر قابل تغییر است، از مطالب فوق‌الذکر این نتیجه دریافت خواهد شد که برای بهبود راندمان یک نیروگاه می‌بایست اصلاحاتی بر روی بهره‌برداری، تجهیزات و طراحی واحد اعمال گردد. از اینرو راهکارهای افزایش راندمان بطور خلاصه عبارتند از:

۱- نوسازی اجزاء^۱:

¹ Refurbishment OR Renewing

منظور از نوسازی، برطرف نمودن مواردی است که باعث می‌شود تجهیزاتی خاص به درستی کار نکرده یا کارایی مناسبی نداشته باشد. در واقع نوسازی را می‌توان تلاشی در جهت نزدیک کردن شرایط واحد و اجزای آن به شرایط اولیه دانست. این فعالیت که طی تعمیرات اساسی به آن توجه ویژه‌ای می‌شود، همواره موجب نزدیکتر شدن راندمان به مقدار تست کارایی اولیه می‌گردد. ولی همواره مقداری اختلاف بین این دو راندمان باقی خواهد ماند. در حقیقت برای بازگرداندن واحد به شرایط اولیه می‌بایست تمامی تجهیزات کاملاً تعویض گردند که این امر مشخصاً از نظر اقتصادی بی‌معنا می‌باشد. در شکل (۲-۲) افزایش نرخ حرارتی با گذشت زمان نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد هر ۵ سال یکبار با اعمال تعمیرات اساسی، نرخ حرارتی کاهش یافته ولی هیچگاه به مقدار اولیه خود نمی‌رسد.



شکل (۲-۲) تغییرات نرخ حرارتی نیروگاه‌ها نسبت به زمان [۲۵]

۲- تعویض اجزاء^۱:

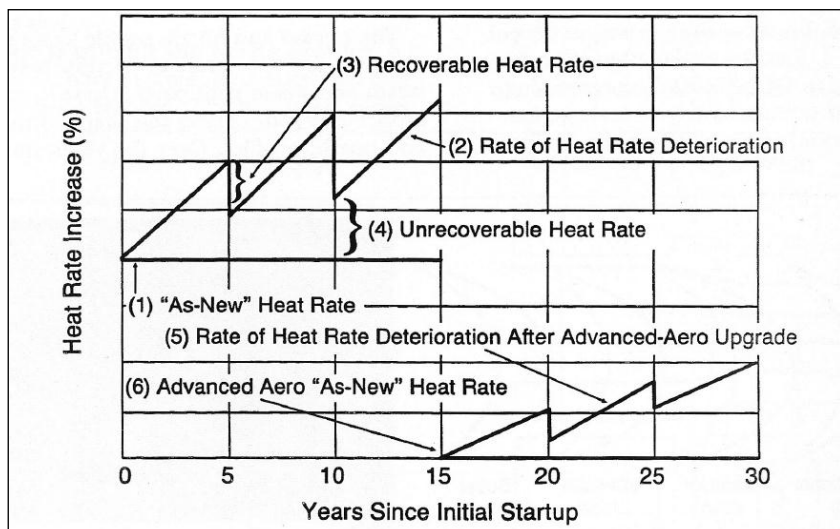
این فعالیت هنگامی صورت می‌گیرد که امکان نوسازی یک تجهیز وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر، در صورتی که نوسازی نتواند جوابگوی تنزل کارایی تجهیزاتی باشد، می‌توان آنرا تعویض نمود. اگرچه این راهکار برای برخی اجزا همانند پره‌های توربین و هیت‌های آب تغذیه مرسوم‌تر است، با اینحال می‌بایست بررسی اقتصادی دقیقی در این زمینه وجود داشته باشد تا تعویض اجزای هزینه‌بر را توجیه نماید.

۳- استفاده از تکنولوژی نوین:

عموماً نیروگاه‌های حرارتی پس از گذشت چند دهه از عمرشان به شرایطی می‌رسند که انحراف عملکرد نسبت به شرایط اولیه کاملاً محسوس خواهد شد. این مطلب را می‌توان در شکل (۲-۲) نیز مشاهده نمود. در چنین شرایطی واحد از نظر

¹ Replacement

راندمان، محدودیت تولید، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی وضعیت نسبتاً نامطلوبی خواهد داشت. با توجه به اینکه طی چند دهه گذشته، تکنولوژی طراحی و ساخت متحول شده یا پیشرفت شگرفی داشته می‌توان به جای نوسازی یا تعویض تجهیزات با موارد مشابه، از تجهیزاتی با طراحی‌های پیشرفته‌تر بهره گرفت. این مطلب در شکل (۲-۳) با مثالی نشان داده شده است. در سال ۱۵ راه‌اندازی این نیروگاه، از پره‌هایی با طراحی پیشرفته در توربین بخار استفاده شده است که اینکار موجب بهبود نرخ حرارتی به پایتتر از میزان زمان راه‌اندازی شده است. به عبارت دیگر، راندمان واحد از حداکثر راندمان قابل دستیابی بیشتر شده است.



شکل (۲-۳) تغییرات نرخ حرارتی نیروگاه‌ها نسبت به زمان [۲۵]

۴- اصلاح ساختاری واحد:

منظور از اصلاح ساختاری واحد، اعمال تغییری اساسی در سیکل می‌باشد. به عنوان نمونه می‌توان به استفاده از حرارت دفع شده در سیستم خنک‌کن به منظور گرمایش یا سرمایش مناطق خاصی^۱ اشاره نمود. نمونه دیگری از اصلاحات ساختاری در یک نیروگاه بخاری، بازتوانی^۲ واحد می‌باشد که در آن با افزودن یک توربین گازی، از حرارت دودکش توربین گازی برای کمک کردن به واحد بخاری استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر نیروگاه بخاری به یک نیروگاه سیکل ترکیبی میل خواهد نمود. اصلاح ساختاری واحد معمولاً راندمان را به مقدار قابل ملاحظه‌ای نسبت به راندمان طراحی بالاتر می‌برد. با اینحال اعمال این روش به دلیل هزینه‌های زیادی که عموماً به همراه دارد، ملاحظات مختلفی غیر از مسأله راندمان نیز مدنظر قرار می‌گیرد.

۵- تغییر رویه تعمیرات و نگهداری:

اصلاح برنامه‌های تعمیرات می‌تواند موجب ارتقای سطح عملکرد واحد گردد. از سوی دیگر، واضح است که اجرا نشدن یک برنامه تعمیراتی که به خوبی طراحی شده است موجب افت کارایی واحد خواهد شد. روش‌های تعمیرات پیش‌گویانه^۳ و پیش‌گیرانه^۴ به عنوان ابزارهایی جهت تصمیم‌گیری مناسب‌تر به هنگام تعمیرات و جلوگیری از اضمحلال تجهیزاتی که بر راندمان اثر زیادی دارند، روش‌های مناسبی جهت بهینه و پویا نمودن برنامه‌های تعمیراتی یک نیروگاه محسوب

^۱ CHP (Combined Heat and Power)

^۲ Repowering

^۳ Predictive

^۴ Preventive

می‌شوند. بهره‌برداری یک نیروگاه نیز می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر راندمان واحد داشته باشد. بکارگیری تجهیزات در بهترین نقاط کارکردشان و رعایت کامل دستورالعمل‌های سازنده از عوامل جلوگیری از افت راندمان می‌باشند. البته راهکارهای جدیدی نیز برای این مقوله طی دهه‌های گذشته ارائه گردیده است. در مجموع تغییر سیستم‌ها یا رویه‌های تعمیرات و نگهداری یک نیروگاه ارتباط نزدیکی به مباحث اندازه‌گیری و کنترل دارد که با پیشرفت این مقوله‌ها طبیعتاً تعمیر و نگهداری مدرنتری در نیروگاه‌ها می‌تواند مطرح گردد.

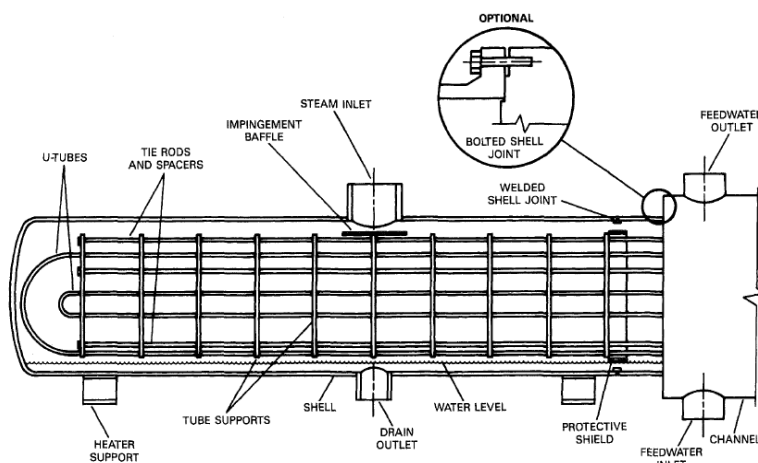
۲-۱-۱-۱-۲ - علل افت راندمان ناشی از سیکل بخار

در یک نیروگاه بخار از نظر ترمودینامیکی به مسیر جریان آب/بخار که توربین، سیستم خنک‌کن و بویلر را شامل می‌شود سیکل (سیکل رانکین) می‌گویند. ولی در اینجا منظور از سیکل تمامی این مسیر به غیر از سه جزء مذکور است. به عبارت دیگر، طرح شماتیک یک نمودار بالانس حرارتی را می‌توان معادل سیکل دانست که در آن به توربین، بویلر و سیستم خنک‌کن بصورت جزئی پرداخته نمی‌شود. در نتیجه بررسی تأثیر سیکل بر راندمان در این قسمت به چند بخش شامل گرمکن‌های آب تغذیه، پمپ تغذیه بویلر، تله‌های بخار و نشتی از سیکل تقسیم شده است که در ادامه به هر یک نگاهی انداخته خواهد شد.

۲-۱-۱-۲-۲ - گرمکن آب تغذیه^۱

گرمکن آب تغذیه مبدلی است که به منظور پیش گرم کردن آب تغذیه بویلر توسط بخار استخراج شده از توربین یا خط اصلی بخار، استفاده می‌شود. گرمکن آب تغذیه به دو صورت گرمکن باز و بسته وجود دارد. در نوع بسته بخار به صورت مستقیم با آب در تماس نمی‌باشد و انتقال حرارت در یک مبدل پوسته لوله انجام می‌گیرد (شکل ۲-۴). به طور کلی انتخاب نوع گرمکن آب تغذیه به عوامل زیادی بستگی دارد، از جمله بهینه‌سازی و اولویت طراح، ملاحظات عملی، هزینه و غیره. به این ترتیب طرح‌های گوناگونی برای سیکل نیروگاه‌ها مشاهده می‌شود.

¹ Feedwater Heater



شکل (۲-۴) طرح شماتیک یک گرمکن آب تغذیه بسته

کارایی گرمکن آب تغذیه برحسب میزان گرمایی که به آب ورودی منتقل می‌کند محاسبه می‌گردد و این میزان از روی TTD^۱ مبدل مشخص می‌گردد. پارامتر TTD در گرمکن‌ها برابر اختلاف دمای اشباع بخار^۲ و دمای خروجی آب تغذیه می‌باشد. به علت اینکه فرض می‌گردد بخار در حالت اشباع وارد گرمکن می‌شود از دمای اشباع برای محاسبه بازدهی گرمکن استفاده می‌گردد. در برخی موارد برای استفاده از حرارت کندانس تشکیل شده در گرمکن، قسمتی به نام درین کولر^۳ در پایین گرمکن آب تغذیه تعبیه می‌کنند. آب تغذیه ابتدا توسط درین کولر کمی گرم می‌شود و سپس وارد قسمت اصلی گرمکن می‌گردد تا از گرمای نهان بخار وارده استفاده کند. میزان انتقال حرارت در قسمت درین کولر از روی TTD درین کولر محاسبه می‌گردد. نکاتی که باید درباره گرمکن آب تغذیه مورد توجه قرار گیرد شامل موارد زیر می‌باشد [۲۸]:

الف) سطح درین در گرمکن آب تغذیه^۴

کنترل مناسب سطح درین در گرمکن آب تغذیه یکی از نکات مهم در راستای افزایش کارایی گرمکن می‌باشد. بدین معنا که اگر میزان کندانس در گرمکن افزایش پیدا کند، از سطح فعال مبدل کاسته شده و بازدهی مبدل پایین می‌آید. همچنین افزایش سطح کندانس باعث افزایش فشار در سمت پوسته می‌شود که افزایش دمای بخار اشباع را به همراه دارد. با افزایش دمای بخار اشباع، TTD نیز افزایش پیدا می‌کند و نهایتاً بازدهی مبدل کاهش می‌یابد. از طرف دیگر اگر سطح کندانس داخل

¹ Terminal Temperature Difference (TTD)

² Saturation temperature

³ Drain cooler

⁴ Feedwater heater drain level

مبدل بیش از اندازه کاهش یابد انتقال حرارت مناسب در درین کولر اتفاق نمی‌افتد. بنابراین شاخص سطح کندانس در مبدل، باید مرتباً پایش گردد تا از بروز مشکلات ذکر شده جلوگیری شود. این امر در گرمکن‌های مدرن توسط سیستم‌های اندازه‌گیر دیجیتالی صورت می‌گیرد [۲۸]. بر این اساس تحقیقی در سال ۱۹۹۸ توسط آقای چنگ و همکارانش در زمینه کنترل سطح درین در گرمکن آب تغذیه صورت گرفت. در این تحقیق از روش بالانس حرارتی برای مدلسازی گرمکن‌های آب تغذیه استفاده شد. بر اساس نتایج ارائه شده پیش‌بینی گردید که با استفاده از کنترل سطح درین گرمکن، نرخ حرارتی سیکل ۰/۱ تا ۰/۳٪ بهبود می‌یابد [۲۹].

(ب) تهویه گرمکن آب تغذیه^۱

یکی از دلایل عمده افزایش TTD در گرمکن آب تغذیه نامناسب بودن تهویه در پوسته مبدل می‌باشد. بخارات وارده به گرمکن ممکن است شامل درصد کمی هوا و گازهای غیر قابل چگالش باشد. اگر این گازها در سمت پوسته تجمع یابند، باعث تشکیل یک حائل بر روی سطوح انتقال حرارتی می‌گردند و از انتقال حرارت مناسب در مبدل جلوگیری می‌کنند. بنابراین تخلیه مداوم گازهای غیر قابل چگالش از گرمکن آب تغذیه یکی از نکات مهمی است که باید به آن توجه شود. افت فشار ناشی از حضور این گازها در گرمکن‌هایی که در فشاری پایین تر از فشار اتمسفر کار می‌کنند قابل توجه می‌باشد. در بیشتر مواقع افزایش ناگهانی TTD گرمکن ناشی از تهویه نامناسب در مبدل است.

آقای سیامک فرهاد و همکارانش در سال ۲۰۰۸ با بکارگیری تکنولوژی پینچ^۲ و با استفاده از آنالیز اکسرژی راهکارهایی جهت کاهش بازگشت ناپذیری در گرمکن‌های آب تغذیه ارائه دادند [۳۰]. تکنولوژی پینچ ابزار ساده و کارایی برای بهینه‌سازی شبکه مبدل‌های حرارتی می‌باشد که می‌توان با بکارگیری آن میزان بازگشت ناپذیری را در مبدل‌ها کاهش داد. آنها مدل خود را برای چهار نیروگاه حرارتی رجایی، همدان، نکاء و توس بکار بردند و میزان بهبود راندمان آن را محاسبه کردند.

طبق نتایج بدست آمده بعد از بهینه سازی گرمکن‌ها با روش ذکر شده میزان درصد کاهش مصرف سوخت در نیروگاه‌های توس، نکاء، رجایی و همدان به ترتیب برابر ۱/۷، ۰/۹، ۰/۷ و ۰/۶٪ می‌گردد. همچنین نتیجه مهم دیگری که در این تحقیق ارائه شد این بود که می‌توان این تکنولوژی را علاوه بر گرمکن‌ها، برای بویلر، توربین و کندانسور نیز بکار برد. با بکارگیری این روش برای کندانسور نیروگاه‌های توس، نکاء، رجایی و همدان، مشخص شد که بار کندانسورها به ترتیب ۲/۷، ۱/۲، ۱/۱ و ۱٪

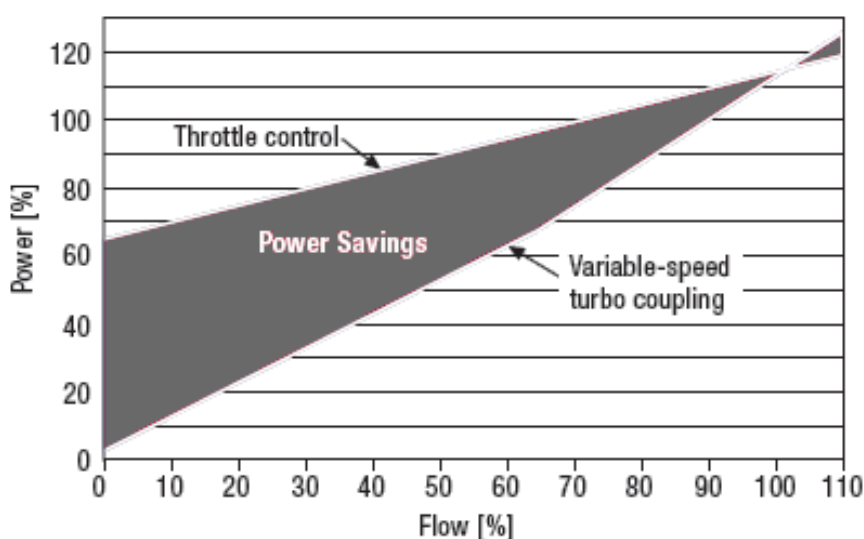
¹ Feedwater heater vent

² Pinch technology

کاهش می‌یابد. بازده بویلر چهار نیروگاه ذکر شده (توس، نکاء، رجایی و همدان) نیز به همان ترتیب ۰/۴۵، ۰/۲۹، ۰/۳۳ و ۰/۳۱٪ افزایش پیدا کرد. در نهایت با بکارگیری روش ارائه شده بازده قانون دوم نیروگاه‌های توس، نکاء، رجایی و همدان به ترتیب ۴/۲، ۲، ۱/۵، ۱/۸٪ افزایش یافت [۳۰].

۲-۱-۱-۳- پمپ تغذیه بویلر ۱

نقطه بهینه عملکرد یک پمپ از روی منحنی مشخصه پمپ تعیین می‌گردد و بر اساس نسبت سرعت‌های مختلف و دبی‌های مختلف بازدهی پمپ تغییر می‌یابد. هنگامی که پمپ در دبی پایین‌تر از نقطه طراحی خود کار کند بازدهی پمپ کاهش پیدا می‌کند. از اینرو یکی از راه‌کارهای افزایش کارایی سیستم پمپاژ به منظور بکارگیری بهینه از پمپ در دبی‌های مختلف، استفاده از پمپ‌هایی با دور متغیر است. این نوع پمپ‌ها دارای قابلیت تنظیم دور پمپ با دبی ورودی می‌باشند. شکل (۲-۵) میزان صرفه‌جویی توان در صورت استفاده از پمپ دور متغیر را نسبت به نوع دور ثابت نشان می‌دهد [۳۱].



شکل (۲-۵) میزان صرفه‌جویی توان با بکارگیری پمپ دور متغیر [۳۱]

یکی از اجزای اصلی بویلر فید پمپ‌های آن می‌باشد که آب تغذیه بویلر را به درام بویلر پمپاژ می‌کنند. امروزه استفاده از فید پمپ‌هایی با دور متغیر برای بویلر باعث افزایش کارایی بویلر در بارهای متغیر می‌گردد. این افزایش کارایی توسط تنظیم دور پمپ متناسب با بار بویلر می‌باشد که باعث کاهش مصرف سوخت و همچنین افزایش بازده کلی بویلر می‌شود. طی تحقیقی که

¹ Boiler Feed Pump (BFP)

در یک نیروگاه در مسکو انجام گردید، نشان داده شد که استفاده از یک بویلر فیدپمپ با دور متغییر باعث کاهش ۷۶۰ تنی مصرف سوخت در سال می‌گردد. اگر ارزش حرارتی سوخت را ۷۰۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم فرض کنیم، در حدود $۲/۵ \times ۱۰^۶$ کیلووات ساعت انرژی در هر سال صرفه‌جویی خواهد شد [۳۲].

همچنین نمونه دیگری از جایگزینی فید پمپ بویلر در نیروگاهی در انگلستان صورت گرفت. نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی Fiddlers Ferry که شامل چهار واحد ۵۰۰ مگاواتی می‌باشد در سال ۱۹۶۰ ساخته شده است و با سوخت زغال سنگ کار می‌کند. تا سال ۱۹۹۰ هر چهار واحد این نیروگاه در بار کامل کار می‌کردند. در این مدت فید پمپهای بویلر این نیروگاه تقریباً بدون توقف مورد استفاده قرار می‌گرفتند. بعد از سال ۱۹۹۰ به دلیل مسائل مرتبط با بورس برق در انگلستان این نیروگاه در بار کامل فعالیت نمی‌کرد و باعث شده بود که فید پمپهای این نیروگاه مرتباً در حالت خاموش یا روشن قرار گیرند. بعد از مدتی فید پمپ بویلر با مشکلاتی مواجه شد. بعد از بررسی‌های انجام شده در سال ۲۰۰۴ فید پمپهای بویلر این نیروگاه با فید پمپهای جدید دور متغییر تعویض شدند که این امر باعث افزایش ۲۵ مگاواتی ظرفیت تولید نیروگاه گردید [۳۳].

۲-۱-۱-۴- تلفات ناشی از توزیع بخار

تلفات ناشی از توزیع بخار بیشتر بر چند نوع خاص می‌باشد از آن جمله می‌توان موارد زیر را نام برد که جلوگیری از این تلفات باعث بهبود راندمان کلی سیستم می‌گردد [۳۴]:

- نشتی بخار^۱
- اتلاف حرارت به دلیل عایقکاری نامناسب
- تلفات ناشی از مایعات کندانس
- تلفات ناشی از بخار فلش

الف) نشتی بخار

بیشتر انرژی حرارتی در یک نیروگاه صرف تولید بخار می‌شود. اگر بتوان تلفات ناشی از نشتی بخار در یک نیروگاه را کم کرد تا حد زیادی بازده کلی افزایش پیدا خواهد نمود. دو عامل مهم که می‌تواند باعث بروز نشتی بخار شود خرابی لوله‌های

¹ Steam leakage

انتقال و خرابی تله بخار می‌باشند. نشتی از لوله‌ها می‌تواند در برخی موارد باعث بروز مشکلاتی گردد. اصولاً مشاهده نشتی از تله بخار سخت‌تر از مشاهده نشتی از لوله‌ها می‌باشد، مخصوصاً اگر سیستم به صورت مدار بسته چگالشی^۱ باشد.

(ب) خرابی لوله‌ها

لوله‌های انتقال بخار در اثر مواردی چون طراحی نامناسب، خوردگی، عوامل خارجی و موارد بسیار دیگر تخریب می‌گردند. از نقطه نظر مدیریت انرژی به دلیل تاثیر مستقیم تخریب لوله‌ها بر روی اتلاف سوخت، برطرف کردن خرابی لوله از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. اصولاً رفع عیب و تعمیرات اساسی لوله‌ها باید زمانی که سیستم خارج از مدار است انجام پذیرد که تکنسین‌ها بتوانند بخوبی به تمام قسمت‌های خط لوله دسترسی داشته باشند. ولی در برخی موارد امکان خارج کردن سیستم از مدار نمی‌باشد که در این صورت این تعمیرات باید درحین کار سیستم صورت پذیرد. اصولاً برطرف کردن نشتی به قیمت کار بستگی دارد که در صورت برآورد قیمت و تاثیر آن قابل اجرا می‌باشد.

جدول (۱-۲) میزان نشتی بخار را به ازای قطر حفره در فشارهای مختلف نشان می‌دهد که از آنالیز سیالات تراکم پذیر بدست آمده و به خوبی با مقادیر اندازه‌گیری شده مطابقت دارد. جدول (۱-۲) نشان می‌دهد که میزان نشتی از لوله‌های انتقال بخار یکی از مهمترین پارامترهای تعیین اتلاف بخار می‌باشد. همچنین روابط دیگری نیز وجود دارد که بخوبی با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها مطابقت دارد. که از جمله این روابط، معادله (۱-۲) می‌باشد.

$$\dot{m}_{Steam} \approx (51.43) A_{orifice} P_{Steam} \quad (1-2)$$

که دبی جرمی بخار (\dot{m}_{Steam}) برحسب پوند بر ساعت، سطح مقطع سوراخ ($A_{orifice}$) برحسب اینچ مربع و فشار بخار (P_{Steam}) برحسب پوند بر مترمربع می‌باشد. در استفاده از فرمول بالا باید دقت شود که این فرمول برای حفره‌های گرد و همگراشونده^۲ صادق است.

¹ Closed condensate system

² Rounded converging orifice

جدول (۲-۱) میزان نشتی به ازای قطر حفره در فشارهای مختلف [۳۴]

Hole diameter (in.)	Leak rate (lb _m /h) at steam temperature of 500°F						
	Steam pressure (psig)						
	50	100	150	200	250	300	350
1/8	23	41	59	77	96	119	134
1/4	91	163	235	308	382	478	536
3/8	206	366	529	693	860	1,075	1,207
1/2	366	651	940	1,232	1,528	1,912	2,145
3/4	822	1,465	2,115	2,773	3,438	4,302	4,826
1.00	1,462	2,605	3,761	4,929	6,112	7,648	8,580
1.25	2,285	4,071	5,876	7,702	9,551	11,949	13,406
1.50	3,290	5,862	8,462	11,091	13,753	17,207	19,305

ج) اتلاف حرارت به دلیل عایقکاری نامناسب لوله‌ها

تلفات ناشی از انتقال حرارت به محیط اطراف در اغلب اوقات درصد کمتری را نسبت به سایر تلفات دارد ولی در برخی موارد این قسمت از تلفات قابل تامل می‌باشد. روش‌هایی مانند عایقکاری لوله‌ها، تجهیزات و خطوط انتقال بخار از جمله راهکارهای کلی به منظور جلوگیری از این تلفات می‌باشند. عوامل موثر در تلفات انتقال حرارتی شامل دمای سیال و محیط، سطح و هندسه سطح انتقال حرارت می‌باشد. جداولی برای تخمین انتقال حرارت از لوله‌های افقی و عمودی در نظر گرفته شده‌اند که به کمک آنها می‌توان میزان انتقال حرارت از لوله‌ها را تعیین نمود.

جدول (۲-۲) نرخ انتقال حرارت از لوله‌های بدون عایق [۳۴]

Nominal pipe diameter (in.)	Heat transfer from uninsulated pipe exposed to 10-mile/h wind and 70°F ambient [Btu/(h linear ft)]					
	Process fluid temperature (°F)					
	200	400	600	800	1,000	1,200
1/2	274	731	1,279	1,963	2,865	4,030
1	354	959	1,712	2,694	3,995	5,708
2	514	1,416	2,591	4,167	6,324	9,247
3	708	1,849	3,425	5,605	8,619	12,728
4	845	2,352	4,132	6,838	10,605	15,776
5	982	2,751	5,126	8,105	12,671	18,938
6	1,107	3,128	5,868	9,726	14,692	22,055
8	1,336	3,824	7,237	12,089	18,973	27,785
10	1,575	4,532	8,642	14,543	22,945	34,498
12	1,792	5,183	9,932	16,826	26,678	40,274
16	2,135	6,210	12,009	20,491	32,705	49,623
20	2,534	7,443	14,509	24,932	40,034	61,039
24	2,934	8,699	17,078	29,315	47,283	72,352

جدول (۲-۲) میزان انتقال حرارت از لوله‌هایی با قطرهای مختلف و دماهای بخار مختلف را نشان می‌دهد. به عنوان مثال تلفات لوله بدون عایقی به طول ۱۰۰ فوت و به قطر ۸ اینچ و حاوی سیال با دمای ۶۰۰ درجه فارنهایت تقریباً ۷۲۳۷۰۰ Btu/h می‌باشد. اگر این انرژی توسط بویلری با راندمان ۸۵٪ و هزینه سوختی معادل ۷/۱۵ \$/۱۰۶ Btu تامین شود آنگاه هزینه سالانه تلف شده برابر با مقدار زیر می‌باشد که میزان قابل توجهی است.

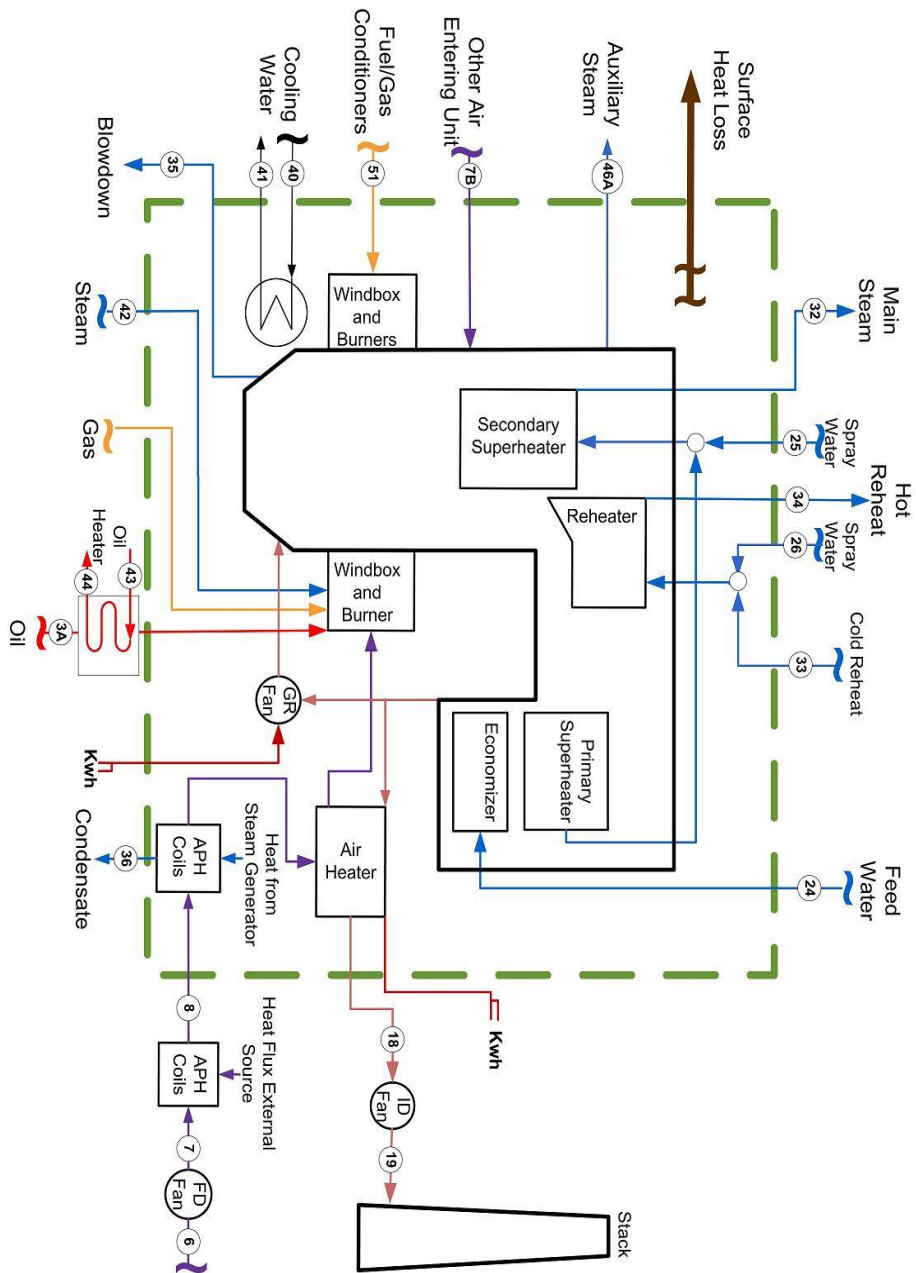
$$Cost_{Uninsulated} = \frac{\dot{Q}_{Loss} \times time \times Fule_{Cost}}{\eta_{Boiler}} = \frac{(723700 \text{ Btu/h}) \times (8760 \text{ h/year}) \times (7.15 \$/10^6 \text{ Btu})}{0.85} \quad (2-2)$$

$$Cost_{Uninsulated} = 53000 \text{ \$/year}$$

۲-۱-۱-۵- علل افت راندمان بویلر نیروگاه بخار

بویلر یکی از اجزای مهم در نیروگاه‌های بخار می‌باشد که نحوه عملکرد آن می‌تواند تاثیر زیادی در راستای افزایش راندمان یک نیروگاه داشته باشد. در بیشتر نیروگاه‌ها با گذشت زمان عملکرد بویلر از حالت طراحی خود فاصله گرفته و کاهش می‌یابد. کاهش بازدهی بویلر ممکن است در اثر کاهش بازدهی احتراق، تشکیل رسوبات، تعمیر و نگهداری نادرست، تخریب اجزای بویلر، کاهش کیفیت سوخت و همچنین کیفیت آب باشد. به همین منظور تحقیقات در زمینه تعیین بازدهی و تعیین عوامل کاهش کارایی بویلر، از اهمیت خاصی برخوردار است.

با مشخص شدن بازده فعلی بویلر می‌توان اختلاف بازدهی بویلر از حالت طراحی را مشخص نمود و اقدامات لازم جهت افزایش راندمان بویلر را انجام داد. عبارت بازدهی بویلر به نوعی همان درصد کل انرژی قابل استحصال از سوخت می‌باشد. زیرا بخشی از حرارت ورودی به حجم کنترل بویلر نمی‌تواند به آب یا بخار انتقال یابد و در نتیجه بازدهی بویلر همیشه کمتر از ۱۰۰٪ است. در هر حال، برخی از اتلافات حرارتی مذکور با عملکرد مناسب و نگهداری خوب قابل کاهش است. حداکثر بازده یک بویلر زمانی اتفاق می‌افتد که احتراق در بویلر کامل باشد و اتلافات حرارتی در حداقل میزان خود قرار داشته باشند. در ادامه مطالب بیشتری درباره نحوه تعیین بازدهی اجزای مختلف نیروگاه و عوامل موثر بر آن ارائه خواهد شد. شکل (۲-۶) حجم کنترل لازم جهت تعیین بازدهی بویلر را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۶) حجم کنترل جهت تعیین بازدهی بویلر

۲-۱-۱-۶- پارامترهای مؤثر بر راندمان بویلر

همانطور که ذکر شد عوامل زیادی بر راندمان کلی یک بویلر تاثیر گذار هستند اما می‌توان این عوامل را به پنج گروه اصلی

دسته بندی نمود. پنج گروه اصلی افت بازدهی بویلر شامل موارد زیر می‌باشند:

۱- حرارتی که توسط گازهای داغ حاصل از احتراق که از دودکش خارج می‌شود. این افت معمولاً به عنوان افت گاز خروجی خشک^۱ شناخته می‌شود. دمای گازهای خروجی و مقدار هوای اضافی^۲ احتراق عواملی هستند که این افت را کاهش و یا افزایش می‌دهند [۳۵].

۲- حرارت نهان^۳ رطوبت موجود در گازهای خروجی^۴ از دودکش: بخار آب از محصولات احتراق می‌باشد که از هیدروژن موجود در سوخت، رطوبت موجود در هوای احتراق و رطوبت موجود در سوخت ورودی ناشی می‌شود. این افت از این واقعیت ناشی می‌شود که بخار آب انرژی حرارتی بیشتری نسبت به آب مایع دارد. حرارت نهان تنها در صورتی قابل بازیابی است که بخار آب قبل از خروج گازهای احتراق از بویلر اجازه میعان داشته باشد. از آنجایی که این امر در بویلرهای فعلی به دلیل مسائل خوردگی و افزایش چگالی دود خروجی دودکش، عملی و امکان‌پذیر نیست، حرارت نهان قابل بازیافت نمی‌باشد [۳۶].

۳- افت حرارتی حاصل از سوخت نسوخته^۵ و محصولات احتراق ناکامل: این دسته شامل مواد جامد قابل احتراق، کربن و یا همه مواد جامد و یا گازی قابل اشتعال دیگر می‌باشند که در گاز خروجی از دودکش وجود دارند. این افت معمولاً به عنوان افت قابل احتراق^۶ یا افت سوخت نسوخته شناخته می‌شود. تنظیم نامناسب تجهیزات احتراقی و یا مقادیر نامناسب هوای اضافی می‌تواند این افت را افزایش دهد [۳۷].

۴- اتلاف حرارت آب زیرکشی^۷ شده از بویلر: همانطور که می‌دانیم مقداری از محلول آب و سایر ذرات معلق آب در ته بویلر جمع می‌شوند که این محلول به دلیل دارا بودن مواد معدنی خورنده^۸ باید مرتباً تخلیه شود و از آنجایی که این محلول در دمای اشباع و در فشار کار بویلر می‌باشد شامل میزان حرارت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. در مواردی که دلیل کیفیت پائین و سختی بالا، این محلول قابل برگشت به سیکل نیست و دور ریخته می‌شود و میزان قابل توجهی حرارت از بویلر دفع می‌گردد. در برخی نیروگاه‌ها با قراردادن یک مبدل در سر راه خروجی این محلول از حرارت آن به منظور پیش گرمایش آب جبرانی ورودی استفاده می‌گردد که در ادامه به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت [۳۷].

¹ Dry Flue Gas Losses

² Excess Air

³ Latent Heat

⁴ Flue Gas Moisture

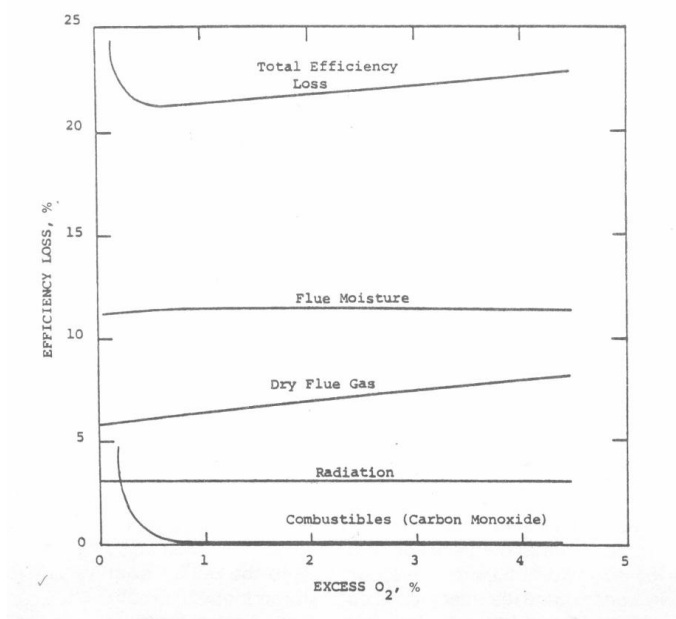
⁵ Unburned Fuel Losses

⁶ Combustible Losses

⁷ Blowdown Water

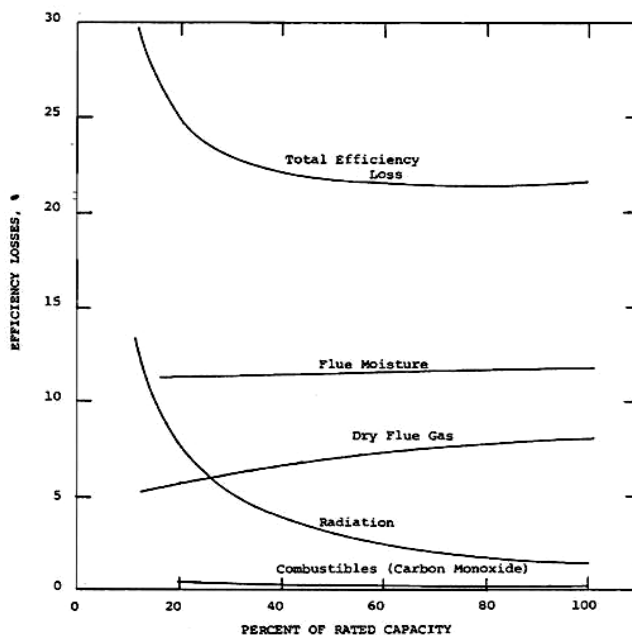
⁸ Corrosive

۵- افت حرارتی از جداره‌های بویلر به دلیل عایقکاری نامناسب، این افت معمولاً به نام افت تشعشعی و جابجایی^۱ معرفی می‌شود و شامل حرارتی است که از طریق تشعشع جداره‌های محفظه بویلر و جابجایی به خارج از بویلر انتقال می‌یابد و توسط هوای محیط اطراف دیواره‌های بویلر جذب می‌گردد. همانطور که در شکل (۲-۷) نشان داده شده است مقدار حرارتی که از طریق تشعشع و یا جابجایی تلف می‌شود، برای نرخهای اشتعال مختلف بویلر نسبتاً ثابت بوده و در نتیجه، در نرخهای اشتعال پائین درصد بیشتری از کل افت حرارت را به خود اختصاص می‌دهد. عایقکاری نامناسب و مواد نسوز معیوب در دیواره‌های بویلر می‌توانند منجر به افزایش این افت در بویلرها گردد [۳۷]. لازم به ذکر است درصد اتلاف حرارت از بدنه بویلرهای بزرگ معمولاً بین ۱ الی ۱/۵ درصد می‌باشد [۳۹].



شکل (۲-۷) افت‌های مختلف بویلر بر حسب درصد اکسیژن اضافه احتراق [۳۷]

¹ Radiation & Convection Losses



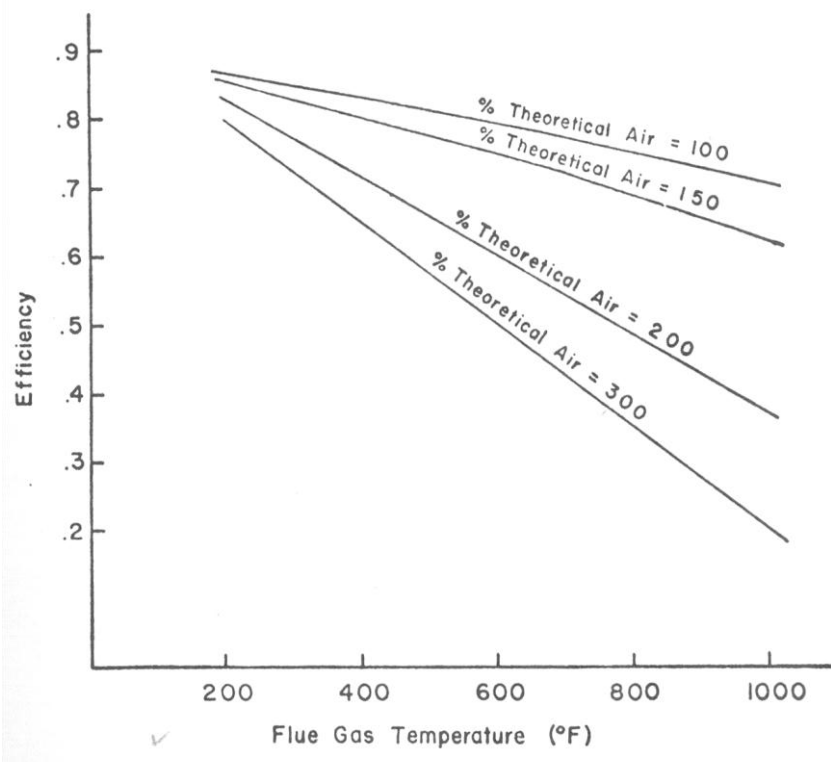
شکل (۸-۲) افت‌های مختلف بویلر برحسب درصد بارگذاری بویلر [۳۷]

در شکل‌های (۷-۲) و (۸-۲) می‌توان چهار عامل مهم اتلافات انرژی در بویلر را مشاهده نمود. مقدار افت ناشی از حرارت نهان بخار آب از بقیه بیشتر است که اصولاً قابل بازیابی نیست. دومین مقدار، حرارتی است که توسط گازهای داغ از دودکش خارج می‌شود و می‌توان با استفاده از تنظیم مقدار هوای اضافی احتراق و کاهش دمای گازهای خروجی دودکش آن را کاهش داد. اگر مقدار هوای اضافی احتراق به مقدار تعیین شده توسط طراح که مقدار بهینه است، رسانده شود، این افت حرارت کاهش پیدا خواهد کرد. این کار که اصطلاحاً مدیریت احتراق^۱ نامیده می‌شود یکی از موضوعات حائز اهمیت در بین محققان و مهندسان می‌باشد [۳۷].

افت‌های حرارتی مربوط به سوخت‌های نسوخته در مقایسه با سایر افت‌ها ناچیز می‌باشد. این امر در شکل‌های (۶-۲) و (۷-۲) نیز مشخص است و مقدار این افت حرارتی را می‌توان با اندازه‌گیری مقدار کربن و سایر سوخت‌های نسوخته در دودکش اندازه‌گیری نمود. شکل (۸-۲) میزان افت بازده بویلر را به ازای مقادیر مختلف درصد هوای اضافی نشان می‌دهد. نکته قابل توجه این است که با افزایش بیش از اندازه میزان هوای اضافی بازده بویلر به صورت چشمگیری کاهش پیدا می‌کند که در اثر افزایش دبی هوا و همچنین افزایش دبی گاز خروجی می‌باشد که باعث افزایش دمای دودکش شده که نتیجه آن کاهش

^۱ Combustion Management

راندمان بویلر می‌باشد [۳۷]. با یک حساب سرانگشتی هر ۱٪ افزایش راندمان بویلر برابر با ۲۲ درجه سانتیگراد کاهش دمایی خروجی از دودکش می‌باشد [۳۳].



شکل (۲-۹) راندمان بویلر به ازای دماهای مختلف گاز خروجی برای مقادیر مختلف هوای اضافی [۳۷]

برای محاسبه راندمان بویلر دو روش وجود دارد. در روش ورودی-خروجی نیاز به اندازه‌گیری دقیق پارامترهای ورودی و خروجی می‌باشد. این پارامترها عبارتند از:

- دبی جرمی آب تغذیه^۱ ورودی به مولد بخار
- دبی جرمی دی سوپرهیتر
- دبی جرمی جریان‌های ثانویه از جمله زیرکش بویلر، بخار کمکی و ...
- اندازه‌گیری دما و فشار در ورودی و خروجی‌های آب تغذیه^۲، سوپرهیتر، ری‌هیتر و ...
- دبی جرمی سوخت

¹ Feed Water
² Reheater

- ارزش حرارتی بالای سوخت

در روش دیگر تعیین راندمان بویلر، محاسبه تلفات از جمله عوامل مهم در تعیین بازده می‌باشد که اغلب به طور صریح قابل محاسبه نمی‌باشند و به نوعی تقریبی بیان می‌شوند. راه‌های مختلفی برای برآورد انرژی اتلافی موجود است و در اغلب اوقات برخی از آنها قابل صرف‌نظر کردن می‌باشند. این تلفات که در ابتدای این بخش تشریح گردیدند از مقدار ۱۰۰٪ کم می‌شوند تا راندمان بویلر بدست آید.

ضمن یادآوری این نکته که دقت اندازه‌گیری برخی از پارامترهای فوق در تعیین راندمان بویلر بسیار حائز اهمیت است، در ادامه این بخش به بررسی برخی اصلاحات ممکن جهت بهبود راندمان بویلر پرداخته می‌شود. ذکر این نکته ضروریست که به منظور افزایش راندمان بویلر، به هر ترتیبی می‌بایست تلفات پنج‌گانه مورد اشاره را کاهش داد. به عبارت دیگر برای کاهش اتلاف خشک دود، ارتقاء ژانگستروم مؤثر خواهد بود.

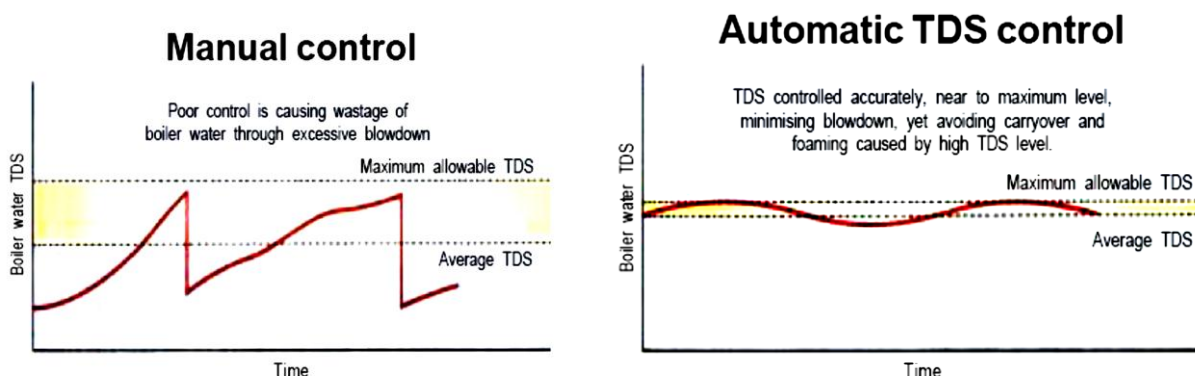
۲-۱-۱-۷- بازایی حرارت از زیرکش بویلر

همیشه آب تغذیه بویلر شامل ناخالصی و ذرات محلول می‌باشد. هنگامی که بویلر به صورت مداوم کار می‌کند این ذرات می‌توانند داخل بویلر تجمع یابند و یا اینکه رسوب کنند. تجمع این ذرات می‌تواند مانع انتقال حرارت مناسب بویلر و کاهش بازدهی بویلر گردد. زیرکش در اصل به منظور کنترل میزان غلظت ذرات نامحلول در آب بویلر بکار می‌رود. میزان حداکثر غلظت با افزایش فشار کار بویلر کاهش می‌یابد. میزان غلظت بستگی به فشار کار بویلر، دمای کار بویلر، نوع بویلر، سیستم‌های خالص سازی بخار در درام بخار، نحوه زیرکش و کنترل سطح آب در درام بویلر دارد.

برای جلوگیری از تجمع ذرات معلق، محلول غلیظ ته‌نشین شده در کف بویلر باید به صورت مداوم تخلیه شود. تخلیه نامناسب زیرکش باعث افزایش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش راندمان بویلر می‌گردد. از آنجایی که زیرکش در دما و بخار بویلر صورت می‌گیرد، با تخلیه آن مقداری از حرارت موجود به بیرون تخلیه می‌شود. روش‌هایی موجود می‌باشند که این حرارت را بازیافت و مورد استفاده قرار می‌دهند [۳۹].

همانطور که اشاره شد تخلیه کم محلول ته‌نشین شده، باعث ایجاد رسوب و کاهش بازده بویلر می‌شود و تخلیه بیش از حد نیز باعث اتلاف حرارت می‌گردد بنابراین مقدار بهینه زیرکش قابل محاسبه می‌باشد. این کار توسط اندازه‌گیری ضریب هدایت

حرارتی^۱ محلول ته‌نشین شده صورت می‌گیرد به این صورت که با افزایش ذرات معلق در محلول ضریب هدایت حرارتی محلول افزایش یافته در این هنگام می‌توان با تخلیه محلول این میزان را کاهش داد. دو روش برای زیرکش موجود می‌باشد ۱- تخلیه دستی ۲- تخلیه اتوماتیک. در تخلیه دستی ابتدا باید میزان غلظت به صورت دستی اندازه‌گیری شود و تخلیه براساس اطلاعات جمع‌آوری شده انجام گیرد ولی در تخلیه اتوماتیک دستگاه به صورت خودکار ضریب هدایت محلول را اندازه‌گیری می‌کند و زمان دقیق تخلیه را مشخص می‌کند. با این کار از اتلاف بیش از حد حرارت و همچنین از تشکیل رسوبات سخت در ته بویلر جلوگیری خواهد شد [۴۱]. شکل (۲-۱۰) نمودار تغییرات غلظت مواد محلول با زمان را نشان می‌دهد همانطور که مشخص است نمودار تخلیه اتوماتیک از روند مناسب‌تری با زمان برخوردار می‌باشد.



شکل (۲-۱۰) مقایسه میزان غلظت ذرات جامد در محلول و تخلیه آن با زمان [۴۱]

یکی از راه‌های کاهش اتلاف حرارت و همچنین افزایش راندمان بویلر بازیابی حرارت از محلول زیرکش بویلر به منظور پیش گرمایش آب جبرانی می‌باشد. این کار بدین صورت انجام می‌گیرد که در سر راه محلول زیرکش شده خروجی مبدلی قرار می‌دهند که محلول بتواند با آب جبرانی ورودی انتقال حرارت داشته باشد. این عمل باعث می‌شود آب جبرانی حرارت کمتری را برای رسیدن به دمای مناسب از آب سیکل جذب کند [۴۲].

جدول (۲-۳) میزان پتانسیل بازیابی حرارتی موجود محلول زیرکش از بویلر را نشان می‌دهد که در فشارهای کاری مختلف درصدهای متفاوتی از آب تغذیه را به خود اختصاص می‌دهند.

¹ Thermal conductivity

جدول (۲-۳) بازیابی حرارت از زیرکش بویلر [۴۰]

Blowdown Rate, % Boiler feedwater	Heat recovered, million Btu per hour (MMBtu/hr)				
	Steam pressure psig				
	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰	۳۰۰
۲	۰/۴۵	۰/۵	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۶۵
۴	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۳	۱/۳
۶	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۲/۰
۸	۱/۷	۲/۰	۲/۲	۲/۶	۲/۷
۱۰	۲/۲	۲/۵	۲/۸	۳/۲	۳/۳
۲۰	۴/۴	۵/۰	۵/۶۵.۶	۶/۴	۶/۶

آب سطح بویلر ممکن است کف کند که این کف باعث ورود آب به داخل بخار خروجی خواهد شد که این اولین نتیجه افزایش غلظت مواد نامحلول در آب است. محلول غلیظ همچنین می‌تواند مانع از انتقال حرارت، گردش بخار یا آب و مانع از تمیزسازی سطوح داخلی بویلر شود. اگر از تجمع سیلیس محلول در آب جلوگیری نشود باعث بوجود آمدن ذرات سیلیسی می‌شود و این ذرات به همراه بخار وارد توربین فشار بالا شده و پس از برخورد با سطح پره توربین باعث خوردگی و از بین رفتن سطح توربین می‌شود.

برای جلوگیری از پدیده کف کردن اغلب از مواد آنتی فوم استفاده می‌گردد. میزان غلظت ذرات محلول در آب را می‌توان با سیستم‌های پیش تصفیه کاهش داد تا از پدیده کف کردن و همچنین رسوب ذرات جلوگیری شود. زیرکش پیوسته در بویلرها یک راه حل عمده برای حل مشکل رسوب می‌باشد. هنگامی که این کار به طور پیوسته انجام شود ذرات فرصت واکنش شیمیایی پیدا نخواهند کرد. ذرات فعال محلول در آب بویلر، شامل موادی نظیر هیدروکسیدها (OH)، کربنات‌ها (CO₃)، بی کربنات‌ها (HCO₃)، فسفات‌ها (PO₄) و سیلیکات‌ها (SIO₂) می‌باشند. در بین این ترکیبات هیدروکسیدها از دیدگاه کنترل واکنش های شیمیایی، از بقیه مهمتر می‌باشند که مستقیماً توسط اندازه‌گیری PH محلول مشخص می‌گردند [۴۳].

همانطور که ذکر شد استفاده از حرارت زیرکش بویلر یکی از راهکارهایی است که در راستای افزایش راندمان بویلر انجام می‌گردد. چند مورد از نکاتی که درباره زیرکش از بویلر قابل توجه است:

- در سیستمی که زیرکش تخلیه مداوم انجام می‌شود می‌توان با اضافه کردن یک بازیاب از حرارت زیرکش استفاده

نمود [۴۲].

- اگر در سیستمی زیرکش تخلیه مداوم انجام نمی‌شود می‌توان با تبدیل آن به زیرکشی مداوم از حرارت موجود در زیرکش استفاده نمود [۴۲].
- کمینه کردن زیرکش در بویلر باعث کاهش اتلاف و همچنین کاهش آب جبرانی و در نتیجه منجر به افزایش راندمان بویلر می‌شود [۴۱].
- میزان بهینه زیرکش بویلر به نوع بویلر، فشار کار بویلر و کیفیت آب جبرانی بستگی دارد و راه‌حل آن استفاده از روش‌های زیرکش اتوماتیک می‌باشد. دستگاه‌های اتوماتیک براساس ضریب هدایت حرارتی و میزان غلظت ذرات جامد و رسوبات در آب زیرکش، عمل می‌کنند و هرگاه که میزان این ذرات افزایش یابد دستگاه سیگنالی به شیر خروجی می‌فرستد و شیرخروجی آب را زیرکش می‌نماید. در دستگاه‌های قدیمی معیاری برای سنجش وجود نداشت و این کار توسط افراد در دوره‌های زمانی معینی انجام می‌گرفت [۴۲].

حرارتی که از زیرکش می‌توان بازیابی نمود قابل محاسبه است. مقدار دبی آب زیرکش بویلر از درصدی (حدود ۰/۵ تا ۲ درصد) از دبی کل آب تغذیه بویلر می‌باشد. این آب با دما و فشار آب اشباعی که در دیگ وجود دارد از آن زیرکش شده و دور ریز می‌شود. مبدل حرارتی بهینه که بتواند از انرژی حرارتی این آب استفاده کند، مبدلی است که بتواند دما و فشار آب را به شرایط محیط برساند. در این صورت، مقدار حرارتی که از آب زیرکش اخذ می‌شود برابر است با:

$$Q_{BD} = \dot{m}_{BD} (H_{in_{BDIn_T}} - H_{out_{BDOut_T}}) \quad (۳-۲)$$

این حرارت صرف گرم کردن آب جبرانی بویلر می‌شود و آنتالپی آنرا طبق رابطه (۴-۲) افزایش می‌دهد:

$$H_{MOut} = Q_{BD} / \dot{m}_M + H_{Min_T} \quad (۴-۲)$$

این آنتالپی افزایش یافته نشانگر افزایش دمای آب جبرانی است که رابطه مستقیمی با کاهش میزان مصرف سوخت دارد

[۴۴].

۲-۱-۱-۸- تشکیل رسوب در بویلر

تمام سوخت‌های تجاری، بجز گاز طبیعی، شامل موادی هستند که باعث رسوب و خوردگی بر روی سطوح داغ بویلرهای بخار می‌شوند. پاک‌سازی رسوبات مستلزم خارج کردن مکرر بویلر از سرویس، جهت آماده‌سازی و بهره‌برداری موثر از آن است. البته همه سوخت‌ها عامل خوردگی نبوده و همه بویلرها نیز آسیب‌پذیر نیستند. با طراحی و نگهداری دقیق، وقوع این مسایل بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت و حتی منتفی خواهد شد.

رسوب‌ها در قسمت‌هایی از بویلر که دمای فلز بالایی دارند، به ویژه در ورودی سطوحی که انتقال حرارت جابجایی دارند، ایجاد می‌شوند. در برخی موارد ایجاد این رسوبات در بویلرها به قدری است که مستلزم خارج کردن بویلر از مدار برای هفته‌ها است. زیرا این رسوبات مانع انتقال حرارت مناسب در بویلر می‌شوند که این امر کاهش کارایی و در برخی موارد تخریب بویلر را به همراه دارند.

رسوب دوده بر روی لوله‌های بویلر باعث به وجود آمدن یک لایه محافظ روی لوله می‌شود که به صورت لایه عایق عمل کرده و مانع انتقال حرارت مناسب با سیال فعال می‌گردد. تقریباً هر ۳ میلیمتر رسوب دوده باعث کاهش تقریباً ۸/۵٪ راندمان بویلر می‌گردد [۴۵].

سوخت‌های سنگین در حدود ۱٪ خاکستر دارند. اجزای اصلی تشکیل دهنده خاکستر، اکسید سیلیس و اکسید آلومینیوم هستند که به آسانی ذوب نمی‌شوند. البته اجزای تشکیل دهنده خاکستر مواد نفتی اکثراً نقطه ذوب پایین دارند و حاوی سدیم و گوگرد هستند. سایر مواد موجود در خاکستر عبارتند از آهن، کلسیم، سدیم و پتاسیم که دو عنصر اخیر نقش عمده‌ای در چسبندگی رسوب به سطوح داغ فلز دارند. ماده‌ای که بصورت معدنی یا غیر معدنی با سوخت یا خاکستر ترکیب می‌شود، گوگرد می‌باشد. گوگرد بیشتر بصورت اکسید گوگرد SO_2 و مقدار کمی (حداکثر ۰.۵٪) به صورت اکسید بسیار فعال SO_3 می‌باشد. از مهمترین نمک‌های تشکیل شده از گوگرد می‌توان به انواع سولفات‌های سدیم و پتاسیم (Na_2SO_4 , K_2SO_4) و پیرو سولفات‌ها ($Na_2S_2O_7$, $K_2S_2O_7$) اشاره کرد [۴۶].

نقطه ذوب این نمک‌ها به قرار زیر است:

- سولفات سدیم ۸۸۰ درجه سانتیگراد
- پیرو سولفات سدیم ۴۱۰ درجه سانتیگراد

- سولفات پتاسیم ۱۰۶۹ درجه سانتیگراد

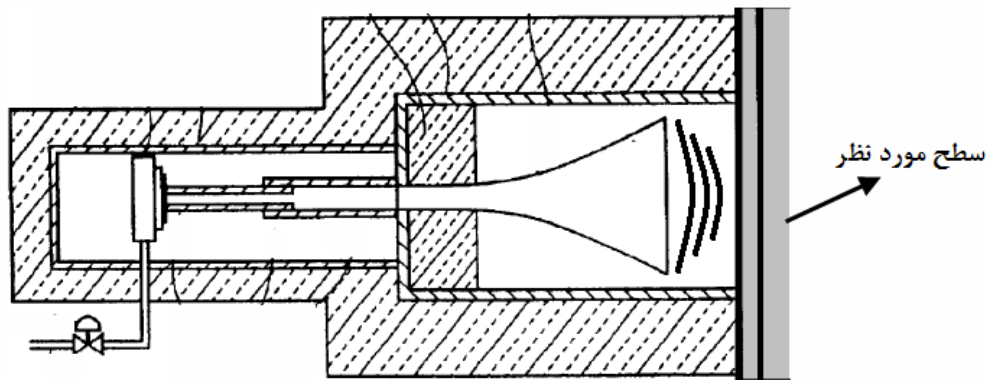
- پیرو سولفات پتاسیم ۳۰۰ درجه سانتیگراد

از نمک‌های فوق پیرو سولفات‌ها از همه مهمتر هستند. زیرا این نمک‌ها در بخش‌هایی از بویلر که دارای دمای بالایی می‌باشد موجب می‌شوند که لایه چسبنده و مذاب تشکیل شده بر سطح فلز، ذرات معلق خاکستر را بر روی خود جذب کنند. با تجمع رسوبات دمای فلز بالا رفته و سایر مواد با نقطه ذوب بالاتر را نیز ذوب می‌کنند. با زیاد شدن ضخامت رسوبات واکنش‌های بیشتری بین اکسید سیلیس، آهن، سدیم و پتاسیم صورت می‌گیرد و تشکیل گدازه مذاب و فشرده‌ای می‌نماید. بنابراین باید از سوخت‌هایی که درصد سدیم و پتاسیم کمتری دارند استفاده نمود [۴۶].

راه‌های مختلفی برای جلوگیری از تشکیل رسوبات در بویلر وجود دارند که اغلب آنها باید در طراحی بویلر لحاظ شوند و برخی دیگر باید در نحوه استفاده از بویلر رعایت گردند. چند نمونه از این روش‌ها عبارتند از:

۱- فاصله گذاری صحیح بین لوله‌ها: در بویلرهای بخار باید از نزدیک قرار دادن بیش از اندازه لوله‌ها کنار هم خودداری شود. همچنین زیاد بودن فاصله‌ها ممکن است باعث پایین آمدن سطوح حرارتی و افزایش غیر معقول حجم بویلر گردد.

۲- استفاده از دوده زداها: جهت زدودن دوده‌ها باید آرایش مناسبی بین دوده زداها در نظر گرفته شود. البته باید توجه کرد که دوده زداها معمولاً تنها توانایی این را دارند که دوده‌های نرم و ترد را بزدایند و قادر به خارج ساختن دوده‌های چسبنده و سخت نیستند. دوده زداهای صوتی دست آورد جدید هستند که گاهی تاثیرات بسزایی دارند [۴۶]. نحوه عملکرد دوده‌زداهای صوتی به این صورت است که امواج صوتی را با فرکانس معینی به سمت قسمتی که قرار است از دوده عاری شود می‌فرستند. شکل (۲-۱۱). در اثر برخورد این امواج با سطوح، سطوح مورد نظر شروع به نوسان کرده و دوده و اجرام اضافی از روی سطح جدا شده و سطح تمیز می‌گردد. ویژگی که این نوع دوده زداها نسبت به سایر انواع دیگر دارند این است که برای جدا کردن رسوبات سخت سطوح مورد نظر ساییده نمی‌شوند [۴۷].



شکل (۲-۱۱) نمای شماتیک یک دوده‌زدای صوتی [۴۵]

۳- اختلاط مناسب سوخت و هوا به نحوی که میزان اکسیژن موجود کنترل گردد و در نتیجه خوردگی در بویلر کنترل شود.

۴- افزودنی‌های شیمیایی: با توجه به اینکه رسوب گذاری حاصل از واکنش‌های شیمیایی منجر به تشکیل نمک‌های با نقطه ذوب پایین می‌گردد، می‌توان توسط مواد شیمیایی، خوردگی را کنترل نمود.

طبیعی است که اگر دمای گازهای حاصل از احتراق کمتر باشد تشکیل رسوب‌های سنگین نیز کمتر است و هرچه کوره بزرگتر باشد دمای گازهای ورودی به ناحیه جابجایی و ناحیه انتقال حرارت جابجایی کمتر است. بنابراین در بویلرهایی که طراحی صحیحی در ساخت آنها در ایجاد فضای لازم وجود داشته باشد مسئله رسوب کمتر از بویلرهای فشرده و کم حجم مشاهده می‌شود [۶۴].

۲-۱-۱-۹- پیش‌گرمکن چرخشی هوا^۱

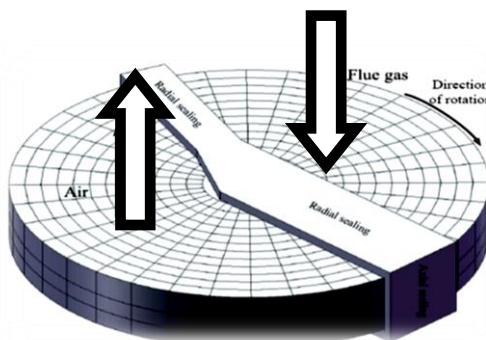
گرمکن چرخشی یا مبدل چرخشی که به آن ژانگستروم^۲ نیز گفته می‌شود امروزه یکی از اجزای مهم در نیروگاه‌های بخار می‌باشد. این قسمت شامل یک مبدل ماتریسی (ذخیره گرمایی) چرخشی است که با موتوری دور ثابت گردانده می‌شود. بخش ذخیره گرمایی شامل یک سری صفحه‌ل‌های فلزی موجدار است که موازی با محور چرخش قرار می‌گیرد. موج‌ل‌ها سبب

¹ Rotary air preheater

² Ljungstrom

می‌لشوند که بین صفحات، فضای کافی جهت عبور گازهای گرم و هوا به موازات محور چرخش ایجاد شود. ژانگستروم دارای سرعتی حدوداً بین ۱ RPM تا ۳ RPM می‌باشد. هر صفحه از ژانگستروم به نوبت توسط گازهای داغ گرم شده و سپس با عبور از کانال هوا، سرد می‌لشود و بدین ترتیب هوای مورد نیاز برای احتراق را گرم می‌کند [۴۸].

با گذشت زمان و رعایت نکردن برخی از اصول، راندمان انتقال حرارتی این نوع مبدل‌ها کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه این کاهش راندمان، انتقال حرارت بین سیال سرد و گرم به درستی صورت نمی‌گیرد. این امر باعث افزایش دمای گاز خروجی از دودکش و همچنین سردتر شدن هوای ورودی به بویلر می‌گردد که به طور مستقیم بر روی بازدهی بویلر و همچنین بازدهی احتراق موثر می‌باشد [۴۹].

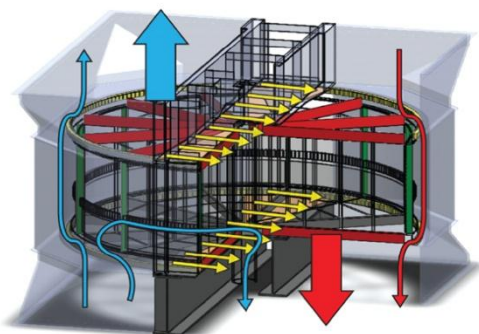


شکل (۲-۱۲) نمایی شماتیک از یک ژانگستروم نیروگاهی

مهمترین مزیت استفاده از پیش گرمکن هوا استفاده از انرژی موجود در محصولات احتراق توسط ارزانه‌ترین جزء موجود در نیروگاه است. از آنجا که تنها ۱۰ F تغییر در دمای گاز خروجی، راندمان بویلر را تا ۰/۲۵٪ تغییر خواهد داد [۵۰] پیش گرمکن هوا در یک واحد بزرگ بسیار مهم و حیاتی تلقی می‌گردد. پیش گرمکن هوا قابلیت کارکرد در شرایط نامناسب دود خروجی از بویلر نیروگاه را دارد و تنها عیب آن، نشستی از سمت هوا به دود است که البته بخشی از این نشستی، جزء غیر قابل اجتناب طراحی این گرمکن‌ها بوده و به عنوان خصیصه‌ای ذاتی محسوب می‌شود. نشستی هوا بیشترین تأثیر را بر کارایی گرمکن هوا دارد. البته پارامترهای دیگری نیز بر کارایی گرمکن هوا مؤثرند از جمله خوردگی و رسوب گرفتگی. این پارامترها موجب افزایش توان مصرفی فن و افزایش افت فشار در مسیر هوا و دود (در پیش گرمکن هوا) می‌گردد که می‌تواند عملکرد فن هوای احتراق را تحت تأثیر قرار داده و محدود کند. در ابتدا لازم است نگاهی گذرا به یک ژانگستروم و انواع نشستی در آن انداخته شود.

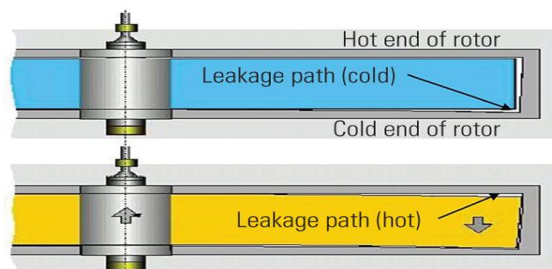
در شکل شماره (۲-۱۲) تصویر شماتیکی از یک پیش گرمکن هوا نشان داده شده است. یک پیش گرمکن هوا، گرمای موجود در دود خروجی از بویلر را توسط صفحات فلزی جذب کرده و به هوای ورودی به بویلر منتقل می‌کند. در معمول‌ترین نوع پیش

گرمکنهای هوا (ژانگستروم) معمولاً بین ۵۰ تا ۶۰ درصد محتوای گرمای موجود در دود خروجی جذب و به هوای ورودی منتقل می‌شود که منجر به بهبود ۱۰٪ در راندمان بویلر نسبت به واحد مشابه بدون پیش گرمکن هوا می‌گردد [۵۰]. همچنین در شکل (۲-۱۳) مسیرهای نشستی مشخص گردیده است. خط آبی سمت چپ نشان‌دهنده نشستی از هوای سرد به هوای گرم است. خط آبی پایین نشان‌دهنده نشستی هوای سرد به دود خروجی از گرمکن هوا است که به دلیل نشستی در سیل‌های محوری اتفاق می‌افتد. خط قرمز سمت راست نشان‌دهنده نشستی از سمت دود داغ به دود سرد است. این بخش با بای‌پس کردن گرمکن هوا در عمل انتقال حرارت به هوا شرکت نمی‌کند. فلش‌های زرد رنگ نشان داده شده در بالا نیز نشانگر نشستی از سیل‌های شعاعی سمت گرم و فلش‌های زرد رنگ پایین نشانگر نشستی از سیل‌های شعاعی سمت سرد می‌باشد.



شکل (۲-۱۳) مسیر نشستی‌های یک گرمکن هوا [۵۰]

از آنجایی که یک تبادل حرارت دوره‌ای^۱ در مبدل اتفاق می‌افتد مسأله آب‌بندی با مشکلاتی روبرو می‌گردد. آب‌بندی ساختار متحرک گرمکن هوا، به دلیل قطر زیاد (بعضاً تا ۱۸ متر) و اختلاف دمای زیاد بین دو سمت سرد و گرم (حدود ۲۲۲ C)، بسیار دشوار است. مشخصه‌های پیش‌گفته موجب اختلاف انبساط حرارتی شعاعی در دو سمت سرد و گرم روتور می‌شود. افتادگی در حدود ۳ اینچ در لبه خارجی یک گرمکن بزرگ در حین کار نسبت به سمت سرد، امری عادی است [۵۰]. شکل (۲-۱۴)

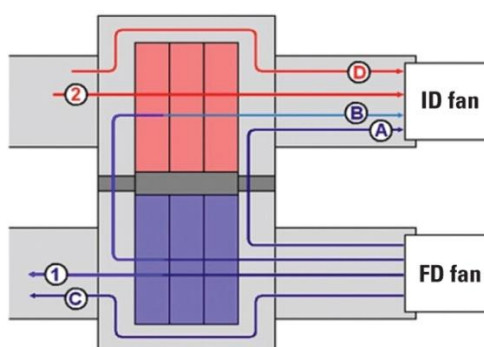


شکل (۲-۱۴) افتادگی روتور و بدنه گرمکن هوا بر اختلاف انبساط حرارتی ناشی از اختلاف دما در دو سمت سرد و گرم [۵۰]

¹ Periodic

این تغییر شکل حرارتی، موجب ایجاد فضای خالی در سیل‌هایی که هوای سرد ورودی را از گازهای خروجی جدا می‌کنند (سیلهای شعاعی) و نیز سیلهای محیطی گرمکن هوا می‌شود. افتادگی گرمکن هوا فاصله بین سیلهای شعاعی و محیطی و سطح مربوطه آنها را تغییر داده و موجب افزایش نشتی دود و هوا می‌گردد.

هر یک از مسیرهای نشتی به نمایش درآمده در شکل (۲-۱۵)، کارکرد بهینه پیش گرمکن هوا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مسیر شماره ۱ مسیر عادی هوا و مسیر شماره ۲ مسیر عادی عبور گازهای داغ از گرمکن هوا را نشان می‌دهد. مسیر A نشان دهنده مسیر دهنده نشتی از هوای ورودی ژانگستروم به دود خروجی از طریق سیل‌های محوری (محیطی) است. مسیر B نشان دهنده مسیر نشتی از هوای پیش گرم شده به دود ورودی به پیش گرمکن می‌باشد. مسیر C هوایی را که از گرمکن بای پس شده و بدون دریافت گرما از دود خروجی، وارد بویلر می‌گردد را نشان می‌دهد. مسیر D نیز دود خروجی از بویلر را نشان می‌دهد که گرمکن هوا را بای پس کرده و بدون اینکه از گرمای آن در گرم کردن هوای ورودی استفاده شود، با دمای بالا از گرمکن خارج می‌گردد.



شکل (۲-۱۵) مسیرهای مختلف نشتی از یک پیش گرمکن هوا [۵۰]

نشتی محیطی و بای پس شدن هوا و دود از گرمکن هوا (مسیرهای C و D) بر انتقال حرارت و نرخ حرارتی بویلر اثرگذار هستند. همچنین بخشی از نشتی مسیر C از محیط روتور خارج شده و با نشتی مسیر A ترکیب می‌شود که موجب افزایش توان مورد نیاز فن خواهد شد.

سیلهای محیطی دور تا دور محیط روتور پیش گرمکن هوا در هر دو سمت سرد و گرم قرار داده شده‌اند. در سمت دود، نشتی سمت سیلهای محیطی ورودی، سطوح انتقال حرارت ورودی را بای پس کرده و از سیلهای محیطی در پایین دست جریان خارج

می شوند. این نشتی منجر به افت انتقال انرژی به المانهای ژانگستروم و افزایش دما و به تبع آن کاهش دانسیته گازهای ورودی به فن القایی می‌گردد.

در سمت هوای گرمکن هوا، نشتی خروجی از اولین ردیف سیلپهای محیطی وارد اطراف گرمکن شده و از آنجا به دو مسیر تقسیم می‌شود که میزان وارد شده به هر مسیر، به اختلاف فشار نقاط خروجی بستگی دارد. بخشی از این نشتی به مسیر مستقیم خود ادامه داده و از ردیف دوم سیلپهای محیطی خارج می‌گردد. بخش دیگر از اطراف روتور از طریق سیلپهای شعاعی وارد جریان دود خروجی می‌شود.

اندازه گیری میزان هوا یا دود بای‌پس شده از طریق سیلپهای محیطی بسیار دشوار بوده و راه ساده‌ای برای اندازه‌گیری این نشتی وجود ندارد. میزان این نشتی، می‌بایست با استفاده از اختلاف فشار دو سمت دود و هوا و اندازه گیری فاصله بین روتور و سیلپهای محیطی (با احتساب میزان افتادگی روتور در اثر اختلاف دمای دو سمت سرد و گرم) انجام گیرد.

نشتی از سیلپهای شعاعی، بیانگر درصد افزایش دبی گازهای خروجی ناشی از نشتی هوای ورودی به جریان گازهای خروجی است (بخش اعظمی از این نشتی، نشتی از سیلپهای شعاعی است اما در واقعیت، این مقدار، شامل نشتی از سیلپهای شعاعی نیز می‌شود). میزان این نشتی در بعضی از مشاهدات تا ۴۰ درصد نیز گزارش شده و نشتی ۲۰ درصد در شرایط عادی کاری یک گرمکن هوا اغلب تا حدی مورد قبول است. تا جایی که اغلب نیروگاه‌هایی که از این نوع مبدل استفاده می‌کنند نشتی حدود ۲۰٪ را اجتناب‌ناپذیر می‌دانند [۵۱]. این میزان نشتی توان مصرفی بیشتری را بر فن‌ها تحمیل می‌کند. علاوه بر این، تغییرات در سوخت و نیز شرایط بهره‌برداری به مرور زمان، موجب می‌شود شرایط کاری فن‌ها از شرایط نامی دور شود. هنگامی که یک فن در بالاتر از ۸۰٪ ظرفیت نامی خود کار می‌کند، منحنی عملکردی فن دارای شیب بالاتری خواهد بود که نشان‌دهنده وابستگی شدیدتر دبی عبوری از فن و توان مصرفی آن است. در نقاط نزدیک ظرفیت نامی، ۱٪ افزایش در دبی حجمی عبوری از فن موجب ۳٪ افزایش در توان مصرفی آن می‌گردد [۵۰].

یکی دیگر از مشکلات کاری در گرمکن‌ل‌های چرخشی، گرفتگی^۱ مجاری عبوری سیال و در نتیجه ایجاد افت فشار در مسیر هوای ورودی به کوره است که سبب می‌ل‌شود توان مصرفی فن اجباری هوا و فن مکشی دود افزایش یافته و همچنین در برخی موارد منجر به خروج اجباری واحد جهت تمیزل‌کاری بسکت‌ل‌ها می‌ل‌شود. گرفتگی مبدل ژانگستروم، معمولاً به دلیل

¹ Plugging

تعداد زیاد دفعات راه‌اندازی واحد، راندمان پایین مشعل‌های تفنگی^۱ مازوت، دوده زدایی^۲ نامناسب و نشستی زیاد از حد گرمکن هوا است. گرفتگی ژانگستروم، به چند طریق راندمان بویلر را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۵۲]:

- گرفتگی در ژانگستروم موجب کاهش انتقال حرارت در آن و به تبع آن افزایش دمای دود خروجی از پیش گرمکن هوا می‌گردد که منجر به کاهش راندمان بویلر و افزایش میزان مصرف سوخت می‌گردد.
- موجب افزایش سرعت گازهای عبوری و در نتیجه افزایش سایش در سطوح انتقال حرارت می‌گردد.
- زمان خروج و نیز دفعات خروج بویلر را جهت تمیزکاری بسکتها افزایش می‌دهد.
- میزان توان مصرفی سیستم‌های کمکی بویلر را افزایش می‌دهد.
- افزایش گرفتگی در ژانگستروم موجب افزایش ارتعاشات در آن می‌شود.

بیشتر مواقع بروز نشستی از پیش گرمکن هوا و گرفتگی مجاری عبوری سیال بیشترین درصد عوامل کاهش راندمان در این نوع مبدل‌ها را تشکیل می‌دهند. شرکت‌های سازنده این نوع مبدل‌ها به طور مدام در پی روش‌هایی هستند که افزایش راندمان این نوع مبدل‌ها را به همراه داشته باشد. از اینرو برای رفع هر کدام از این مشکلات راهکارهای رایجی وجود دارد که در ادامه به چند تجربه عملی در این زمینه اشاره خواهد شد.

در بعضی از نیروگاهها، تنها توان اضافی مصرفی فن به دلیل نشستی از سیل‌های شعاعی به بیش از ۳ مگاوات می‌رسد که موجب افزایش ۵۰ تا ۷۵ Btu/kwh در نرخ حرارتی واحد و کاهش ۰/۵٪ تا ۰/۷۵٪ در راندمان واحد می‌گردد. در یک نیروگاه معمول ۵۰۰ مگاواتی زغالسوز، این میزان کاهش راندمان منجر به افزایش مصرف زغال در حدود ۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ تن در سال می‌گردد [۵۰]. بررسی و مدلسازی انجام شده توسط تئودور اسکپیکو و همکارانش [۵۳ و ۵۴] نشان داد که در بعضی موارد، تنها ۱۰ درصد نشستی از ایر هیتز، وابسته به مسیر نشستی، راندمان حرارتی آن را بین ۹/۸٪ تا ۱۳/۲٪ کاهش می‌دهد که البته با برطرف کردن نشستی قابل جلوگیری است.

نمونه‌های مختلفی از انجام تعمیرات و بهبود بر روی ژانگستروم نیروگاهها و یا تعویض سیل‌ها و جایگزین کردن آن با سیل‌های مدرن انجام شده است. یکی از شرکت‌های فعال در این زمینه، شرکت Howden است. این شرکت پس از بازدید از هر واحد نیروگاه ماترا در مجارستان که با توان ۲۰۰ مگاوات، دارای ۲ پیش گرمکن هوا است که هر یک دارای قطر تقریبی ۹/۵

¹ Oil gun

² Soot blowing

متر هستند، وضعیت ژانگستروم را مورد بررسی قرار داد. پس از بازدیدهای شرکت Howden مشخص شد که میزان قابل توجهی از خرابی که حاصل از سایش بود، در قسمت آب‌بندی شده بین بدنه و مبدل به وجود آمده است که نشان از نشتی قابل توجه هوا از آن قسمت‌ها بود. سپس تصمیم گرفته شد که آب‌بندهای محوری و شعاعی با آب‌بندی‌های دوبل^۱ جایگزین شوند که این کار باعث شد راندمان بویلر ۱/۹٪ افزایش یابد. مشخصات هوای ورودی و خروجی و میزان نشتی هوا قبل و بعد از استفاده از آب‌بندهای جدید در جدول (۲-۴) آورده شده است [۵۵].

جدول (۲-۴) مشخصات دمایی گرمکن هوای نیروگاه [۵۵]

پارامتر	قبل از برطرف کردن نشتی	بعد از برطرف کردن نشتی
نشتی هوا (%)	۲۴٪	۴/۷٪
دمای گاز خروجی (C)	۲۰۵	۱۶۴
دمای هوای خروجی (C)	۲۸۵	۲۸۷
راندمان بویلر (%)	-	+ ۱/۹٪

یک راه ساده و دارای مزیت اقتصادی برای کاهش نشتی در پیش گرمکن هوا، جایگزین کردن سیل‌های قدیمی با سیل‌های جدید تماس کامل^۲ است. این نوع سیل، توانایی کاهش نشتی تا ۵۰٪ را نسبت به سیل‌های قدیمی داراست. در یک نمونه انجام شده در امریکا، جایگزینی سیل‌های قدیمی ژانگستروم یک واحد از یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی با نوع تماس کامل، موجب کاهش ۲۳٪ در آمپر فن القایی و در نتیجه کاهش توان مصرفی آن شده است [۵۰].

در نمونه دیگری، با جایگزینی سیل‌های قدیمی با سیل‌های ساخت شرکت Paragon، آمپر فن القایی از ۵۶۰ آمپر به ۵۲۰ آمپر کاهش پیدا کرد که موجب کاهش توان مصرفی در فن القایی می‌گردد. این کاهش توان مصرفی، معادل کاهش مصرف زغالسنگ تا میزان ۲۵ تن در روز است که نشان‌دهنده افزایش ۲٪ در راندمان خالص واحد می‌باشد. لازم به ذکر است که هزینه تعویض سیل‌های قدیمی، در مقابل سود بدست آمده از اجرای طرح ناچیز است [۵۶]. همچنین در یک نمونه دیگر، در یک نیروگاه در انگلستان، با تعویض سیل‌های قدیمی با سیل‌های مدرن شرکت Howden، نشتی هوا در ژانگستروم از ۱۴٪ به ۷٪ کاهش پیدا کرد و موجب کاهش حدود C ۶ در دمای گازهای خروجی از بویلر گردید. این کاهش دمای گازهای خروجی از بویلر، موجب افزایش راندمان بویلر به میزان ۰/۳٪ گردیده است [۵۷].

¹ Double Sealing

² Full-contact

اغلب نیروگاه‌های پیشرفته که فن‌ها در فشارهای کاری مختلف کار می‌کنند و یا با افت فشارهای متغیر سر و کار دارند اصولاً از فن‌هایی با دور متغیر استفاده می‌کنند که بتوانند فن را شرایط کاری موجود وفق دهند [۶۰].

به عنوان مثال در طراحی فن القایی یک نیروگاه که وظیفه مکش گاز خروجی از کوره به سمت مولد بخار و دودکش را به عهده دارد بیشتر از فن‌هایی با دور متغیر استفاده می‌گردد تا بتوانند میزان گاز ورودی به کوره را بخوبی کنترل کنند و به شرایط احتراق کامل نزدیک گردند. همچنین فن باید فشار مورد نیاز جهت غلبه بر افت فشار حاصل از عبور گاز از روی پیش‌گرمکن را ایجاد نماید و اگر این کار به درستی انجام نگردد اولاً انتقال حرارت در پیش‌گرمکن به خوبی صورت نمی‌پذیرد و ثانیاً گاز با فشار کمتر از حد طراحی به کوره وارد می‌گردد که هر دو این پدیده‌ها باعث کاهش راندمان کلی نیروگاه می‌شود [۶۰].

از سال ۱۹۷۰ برگرداندن مجدد گاز حاصل از احتراق به درون بویلر، به عنوان یکی از راه‌کارهای کاهش میزان NO_x از بویلر شناخته شد. معمولاً گاز خروجی بویلر از بالادست گرمکن هوا، توسط فن‌هایی به سمت ورودی بویلر مکش می‌شود و به همراه هوای احتراق به داخل بویلر تخلیه می‌گردد. این تکنولوژی به FGR^۱ معروف می‌باشد. با استفاده از سیستم FGR، درصدی از گاز داغ خروجی از بویلر مکش شده و به همراه هوای ورودی به بویلر وارد می‌شود.

از آنالیز فرآیند احتراق در بویلر مشخص می‌شود که با افزایش درصد هوای اضافه، میزان CO حاصل از احتراق کاهش می‌یابد ولی از طرف دیگر میزان NO_x ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند. اگر درصد هوای اضافه بیش از اندازه زیاد شود NO_x کاهش می‌یابد ولی این افزایش هوای اضافه باعث کاهش دمای آدیاباتیک شعله می‌گردد که منجر به کاهش بازدهی احتراق می‌شود. بنابراین باید شرایط به گونه‌ای باشد تا هر دو محصول حاصل از احتراق در حداقل مقدار خود قرار گیرند و دمای شعله نیز بیش از اندازه پایین نیاید. برای این کار از FGR استفاده می‌گردد [۶۱].

افزایش بیش از اندازه درصد هوای مکش شده توسط فن GR باعث کاهش قابلیت اشتعال سوخت می‌گردد و همچنین افزایش افت فشار در راستای بویلر را به همراه دارد. برای رفع مشکل افت فشار، فن باید توان بیشتری را مصرف کند تا بتواند این افت را جبران نماید و افزایش مصرف نیز باعث کاهش راندمان کلی سیستم می‌شود. پس همانطور که ملاحظه می‌گردد میزان درصد هوای اضافه و درصد مکش فن GR باید به دقت معین گردند تا از کاهش راندمان بویلر جلوگیری شود. در

^۱ Flue Gas Recirculation (FGR)

بویلرهای مدرن این امر توسط کنترلرهای پیشرفته صورت می‌گیرد. این کنترلرها با اندازه‌گیری میزان محصولات حاصل از احتراق؛ درصد هوای اضافه و دور فن GR را تنظیم می‌کنند تا بازدهی بویلر به شرایط مطلوب برسد [۶۱].

۲-۱-۱-۱۱- اصلاح اکونومایزر

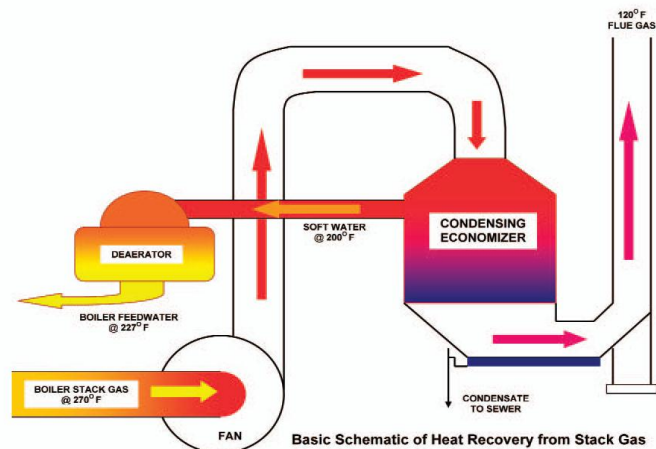
کاهش دمای گازهای خروجی دودکش که تأثیر مستقیمی روی کاهش اتلاف حرارت دارد، نیز می‌تواند با استفاده از یک مبدل حرارتی که برای گرم کردن آب ورودی به بویلر استفاده می‌شود، انجام شود. این مبدل که در نیروگاه‌های امروزی وجود دارد اکونومایزر^۱ نامیده می‌شود. با بهینه‌سازی اکونومایزر می‌توان تا حد زیادی از مصرف سوخت، به منظور پیش‌گرمایش آب تغذیه ورودی کاست. این بهینه‌سازی خود می‌تواند شامل دو قسمت باشد [۲۲]:

۱- تعمیر و نگهداری اکونومایزر که در آن با شستشوی جداره‌های داخلی و یا با دوده زدایی از سطح خارجی لوله می‌توان ضریب انتقال حرارت بین آب ورودی به بویلر و گازهای داغ خروجی دودکش را افزایش داد.

۲- تعویض اکونومایزر با یک اکونومایزر جدید که در آن گازهای داغ خروجی بویلر تا دمای شبنم بخار آب موجود در آن سرد شوند. این اکونومایزر اصطلاحاً اکونومایزر چگالشی^۲ نام دارد. کار اکونومایزر چگالشی این است که دمای آب ورودی به بویلر تا حداکثر مقدار ممکن افزایش دهد. در این اکونومایزر که شماتیک آن در شکل (۲-۱۷) مشاهده می‌شود، بایستی دمای گازهای خروجی تا حد امکان کاهش یابد؛ به شرطی که دمای خروجی به حدی کافی باشد تا گازهای خروجی توسط نیروی شناوری از دودکش خارج شوند. البته هزینه نصب این اکونومایزر تا حدودی بالاست که بایستی از نظر اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد.

^۱ Economiser

^۲ Condensing Economiser



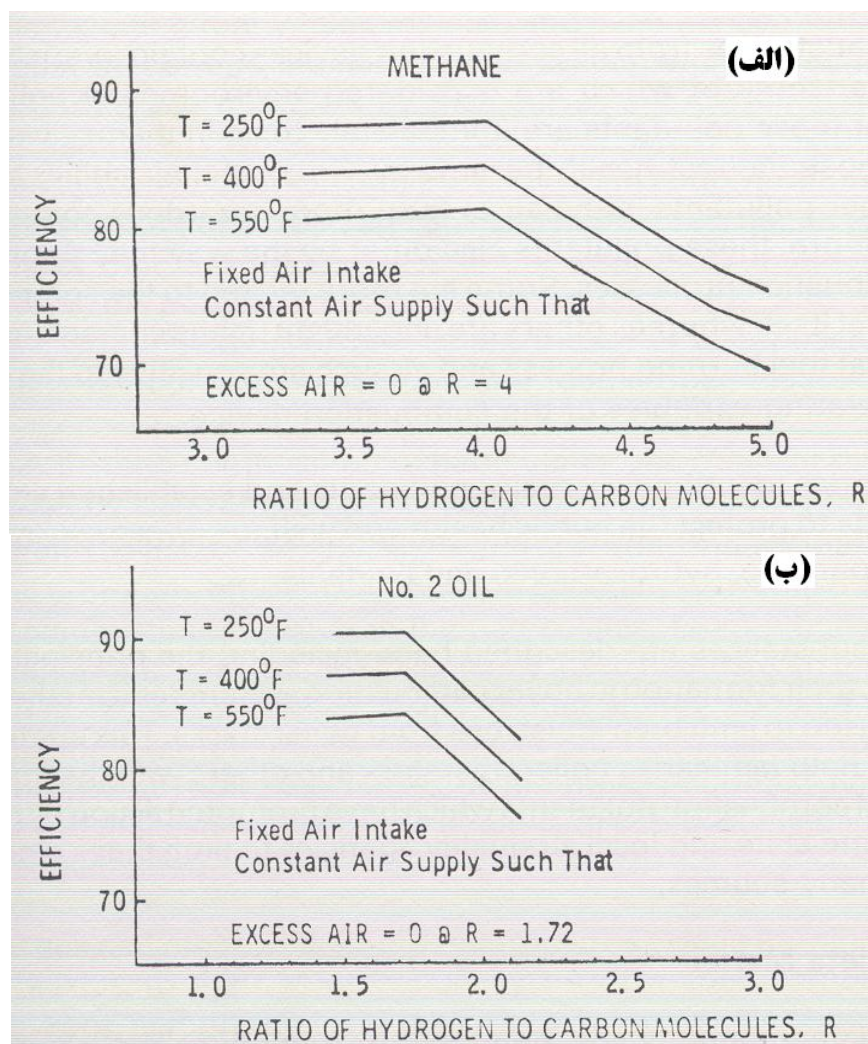
شکل (۱۷-۲) طرح اجمالی اکونومایزر چگالشی

۲-۱-۱-۲- تأثیر کیفیت سوخت

در بویلرها بیش از آنکه ارزش حرارتی بر روی راندمان تأثیر داشته باشد، نوع و ترکیب سوخت حائز اهمیت است. میزان تأثیر سوخت بر عملکرد بویلر به دلیل آثار غیر مستقیم می‌تواند بسیار پیچیده باشد. چراکه کیفیت سوخت بر قابلیت دسترسی و ایجاد محدودیت تولید نیز مؤثر است که این موارد بر روی راندمان متوسط واحد تأثیر خواهند داشت. اما از دیدگاه آثار مستقیم، ترکیب سوخت بر روی تلفات حرارتی بویلر تأثیر خواهد گذاشت. به نحوی که میزان افت‌های حرارتی مختلف مانند تلفات خشک، تلفات ناشی از رطوبت و غیره را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان نمونه، تغییر ترکیب سوخت میزان هوای اضافی بهینه را تغییر می‌دهد. نوع سوخت نیز طبیعتاً دارای اهمیت است به نحویکه برای سوخت‌های گازی که دارای درصد هیدروژن بیشتری می‌باشند، بخار آب بیشتری در طول احتراق شکل خواهد گرفت. نتیجه این اتفاق، اتلاف انرژی (به دلیل جذب انرژی توسط بخار) در کاهش راندمان می‌باشد. به عنوان نمونه اگر درصد مولی هیدروژن به کربن در گاز طبیعی از ۰/۳۱ به ۰/۲۵ کاهش یابد، راندمان از ۸۲/۵٪ به ۸۳/۸٪ افزایش خواهد یافت [۶۰].

در شکل (۲-۱۸) تأثیر نسبت اتم‌های هیدروژن به اتم‌های کربن در سوخت بر روی راندمان نمایش داده شده است. در این شکل برای سوخت متان (۲-۱۸ الف) و سوخت مایع شماره ۲ (۲-۱۸ ب) تغییرات راندمان در شرایطی که هوای اضافی احتراق صفر باشد، ارائه گردیده است. بطور مثال اگر در بویلر احتراق متان صورت گیرد؛ راندمان در شرایط طراحی (نسبت هیدروژن به کربن ۴) حداکثر می‌باشد. با افزایش نسبت هیدروژن، راندمان افت شدیدی خواهد داشت. این مسأله به دلیل کمبود هوا و در نتیجه احتراق ناقص می‌باشد. در صورتی که نسبت هیدروژن کمتر از مقدار طراحی باشد، هوا بیشتر از مقدار تئوری شده و در

نتیجه راندمان با شیب کمتری کاهش می‌یابد. برای سوخت مایع نیز رفتار مشابهی مشاهده می‌گردد با این تفاوت که شیب تغییرات متفاوت است [۳۵].



شکل (۲-۱۸) تغییرات راندمان بویلر در برابر نسبت اتم‌های هیدروژن به کربن

برای (الف) متان (ب) سوخت مایع شماره ۲ [۳۵].

با وجود اینکه هیچ رابطه مستقیمی بین LHV سوخت و راندمان وجود ندارد ولی اگر سوختی فقط از هیدروکربن‌ها تشکیل شده باشد و گازهای خنثی و یا اتم اکسیژن در آن وجود نداشته باشد، بین LHV و راندمان می‌توان رابطه‌ای پیدا کرد. به عبارت دیگر، تأثیر افزایش LHV به دلیل تغییر درصد هیدروکربن‌ها با افزایش LHV به دلیل تغییر درصد ناخالصی‌های سوخت (مانند دی‌اکسیدکربن و اکسیژن) بر روی راندمان متفاوت است.

البته در برخی پژوهش‌ها نیز به تأثیر افزایش LHV بر بهبود راندمان بویلر اشاره شده است. به عنوان نمونه در دانشگاه‌های تایلند تحقیقی بر روی بویلر ۳۰۰ مگاواتی نیروگاه موه موه انجام گردید. طی این بررسی راندمان بویلر برای پنج نوع ترکیب مختلف سوخت (زغال قهوه‌ای) به روش بالانس حرارتی اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در این نیروگاه با

افزایش ارزش حرارتی سوخت، افت ناشی از کربن‌های نسوخته همواره کاهش می‌یابد. اگر چه تلفات ناشی از خروج گازها نیز در اکثر موارد با افزایش LHV کاهش یافته است، ولی در داده‌های اندازه‌گیری شده یک مورد وجود دارد که با افزایش LHV این افت نیز افزایش نشان داده است [۶۳]. با اینکه محققان این پژوهش نتیجه گرفته‌اند که با افزایش LHV زغال، راندمان بویلر افزایش می‌یابد؛ ولی به نظر می‌رسد این مسأله بیش از آنکه به ارزش حرارتی بستگی داشته باشد به ترکیب سوخت‌های تست شده وابسته است.

به طور کلی نوع و کیفیت سوخت در بهره‌برداری و راندمان واحد نقش به‌سزایی داشته و آثار آن را می‌توان در دو دسته مستقیم و غیرمستقیم طبقه‌بندی نمود. آثار مستقیم کیفیت سوخت عبارتند از موارد فوق‌الذکر که بطور خلاصه بر روی میزان تلفات خشک و مرطوب بویلر اثر می‌گذارد. به عبارت دیگر، ترکیبات سوخت بر روی احتراق و راندمان آن اثر گذار خواهند بود. آثار غیر مستقیم کیفیت سوخت بر راندمان واحد، مواردی هستند که لزوم انجام برخی تعمیرات را به همراه دارند. با افزایش ناخالصی‌های سوخت (مانند گوگرد) خوردگی در ناحیه کوره، سطوح حرارتی و ژانگستروم موجب کاهش کارایی یا عملکرد نادرست این اجزا می‌گردد. خوردگی سطوح حرارتی داخل کوره و بویلر می‌تواند به نشتی بخار منجر گردد. برای رفع این مشکل، واحد می‌بایست برای مدتی از مدار خارج شود. این مسأله بر روی راندمان متوسط سالیانه واحد تأثیر منفی خواهد گذاشت (با در نظر گرفتن پروسه خروج و راه‌اندازی مجدد واحد). خوردگی سطوح ژانگستروم نیز به افزایش نشتی هوا به مسیر دود و در نتیجه کاهش کارایی حرارتی ژانگستروم و همچنین افزایش مصرف فن اجباری منجر می‌گردد. به دلیل وابستگی آثار غیر مستقیم به شرایط مختلف بهره‌برداری، عمرسنجی اجزای بویلر و بسیاری پارامترهایی که معمولاً ثبت نمی‌شوند، در بررسی اثر کیفیت سوخت بر راندمان نیروگاه‌های بخار عموماً آثار مستقیم مدنظر قرار گرفته می‌شوند.

۲-۱-۱-۱۳- علل افت راندمان توربین بخار

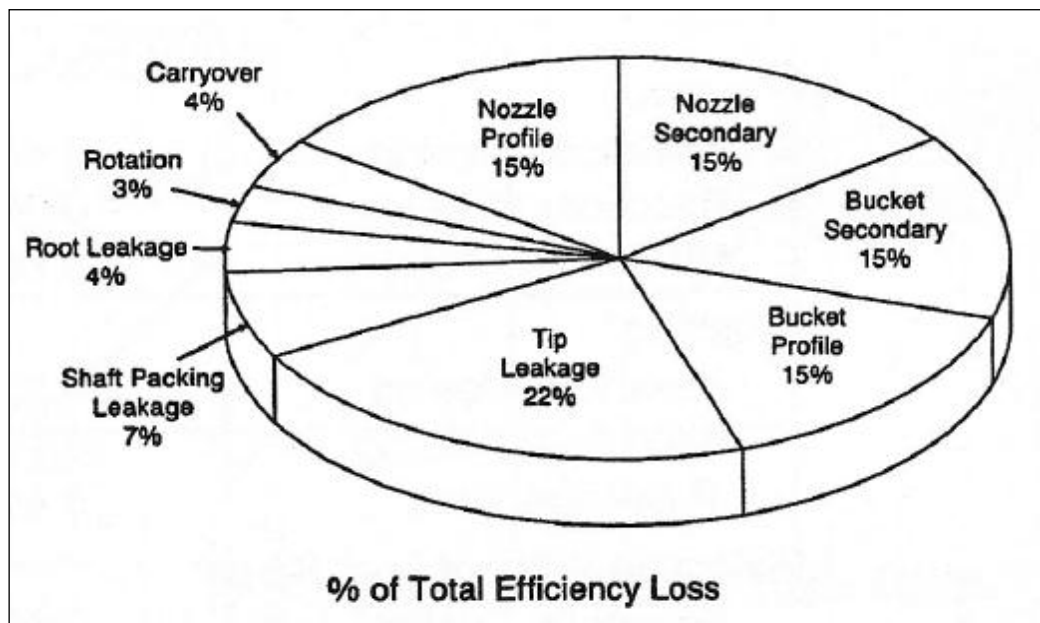
حدوداً ۹۰-۸۰٪ افت در هر طبقه توربین به دلیل افت‌های آیرودینامیکی پره‌ها و نازل‌ها، جریان‌های ثانویه و نشتی‌ها می‌باشد [۱۰]. در نتیجه به منظور کاهش افت در توربین، طراحی بهینه آیرودینامیک پره‌ها و نازل‌ها همچنین کنترل پیشرفته لقی جهت حداقل کردن جریان‌های نشتی لازم است. به همین منظور محققان چند دهه است که در این زمینه کار می‌کنند تا توربین‌های قدیمی را به توربین‌های پربازده تبدیل کنند و توربین‌های جدید با بازده بالا، قیمت پایین و استحکام زیادی تولید نمایند. به طور کلی هفت جزء در توربین وجود دارد که بهبود آن‌ها تأثیر مستقیمی بر بهبود عملکرد دارند:

- پروفیل پره‌های روتور و استاتور
- طراحی طبقات توربین پرفشار و فشار متوسط
- طراحی طبقات توربین فشار پایین
- طراحی پره‌های آخرین ردیف توربین فشار پایین
- افزایش طول پره‌های آخرین ردیف توربین به منظور کاهش افت بر اثر خروج بخار دارای قابلیت کاردهی
- سطوح جانبی نازل‌های توربین
- افت‌های ناشی از نشتی

میزان تلفات بازده در توربین‌های بخار شامل موارد متعددی می‌گردد. طی تحقیقی که در شرکت زیمنس انجام شد درصد هر یک از تلفات موجود در توربین به صورت شکل (۲-۱۹) ارائه گردیده است [۶۴]. از جمله موارد ایجاد تلفات می‌توان به تلفات حاصل از طراحی پروفیل پره ثابت و متحرک، طراحی طبقه‌های^۱ IP/HP، طراحی طبقه LP و تلفات ناشی از نشتی نوک پره اشاره کرد.

همانطور که در شکل (۲-۱۹) مشخص می‌باشد بیشترین درصد تلفات به نشتی از نوک پره‌ها اختصاص دارد. هدف اصلی طراح این است که تمام بخار از بین پره‌ها عبور کند ولی به دلیل وجود اجزای متحرک و ثابت در مسیر حرکت بخار این هدف تقریباً دست نیافتنی می‌باشد. از این رو به منظور کاهش اتلافات ناشی از نشتی بخار از روش‌های آب‌بندی پیشرفته استفاده می‌کنند. دو روش جهت آب‌بندی نوک پره‌ها وجود دارد یکی از این روش‌ها بهینه‌سازی توازن بخار در مسیر حرکت بین دیافراگم، پوسته و روتور می‌باشد که با انجام این اصلاح از نفوذ جریان به مسیرهای فرعی جلوگیری خواهد شد. این امر منجر به افزایش بازده پره و در نتیجه افزایش راندمان کلی توربین خواهد شد. روش بعدی استفاده از آب‌بندهای مدرن به منظور کاهش لقی نوک پره‌ها است.

¹ Stage



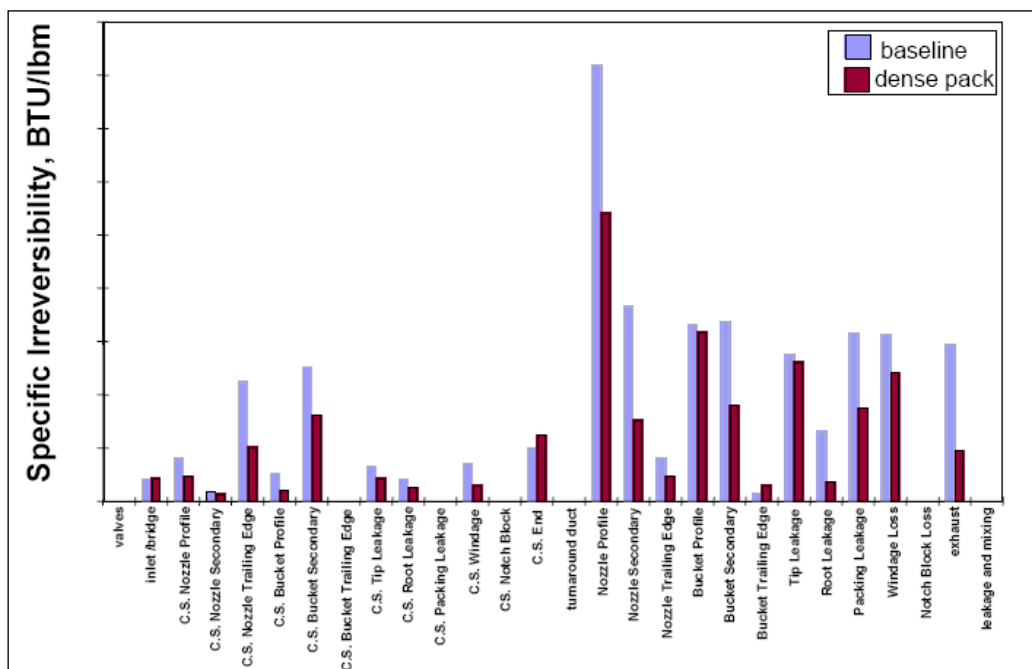
شکل (۲-۱۹) میزان سهم هر جز توربین در افت بازده [۱۰]

مدرنیزه کردن توربین‌های بخار یکی از روش‌های افزایش توان تولید و کاهش نرخ حرارتی می‌باشد. شرکت‌های سازنده به طور پیوسته به دنبال راه‌هایی برای رسیدن به تکنولوژی‌های مدرن هستند تا بتوانند توربین‌هایی تولید کنند که بیشترین کارایی را داشته باشند. در ادامه به مرور برخی تکنیک‌های افزایش راندمان توربین‌های بخار پرداخته خواهد شد.

۲-۱-۱-۱-۱۳-۱- افزایش تعداد طبقات

یکی از روش‌های افزایش بازده افزایش تعداد طبقات توربین و در عوض کاهش قطر روتور می‌باشد. هر دو مورد ذکر شده افزایش بازده قابل ملاحظه‌ایی در مسیر عبور بخار ایجاد می‌کند. افزایش تعداد طبقات باعث می‌شود انتقال انرژی در طبقات کوچکتری صورت گیرد که کنترل بیشتری بر آن‌ها وجود دارد. همچنین کاهش قطر روتور امکان افزایش ارتفاع پره‌ها را فراهم می‌نماید، که باعث کاهش افت‌های ثانویه و جریان‌های نشتی می‌شود. در کنار مزایای ذکر شده میزان ساییدگی پره‌ها نیز کاهش می‌یابد.

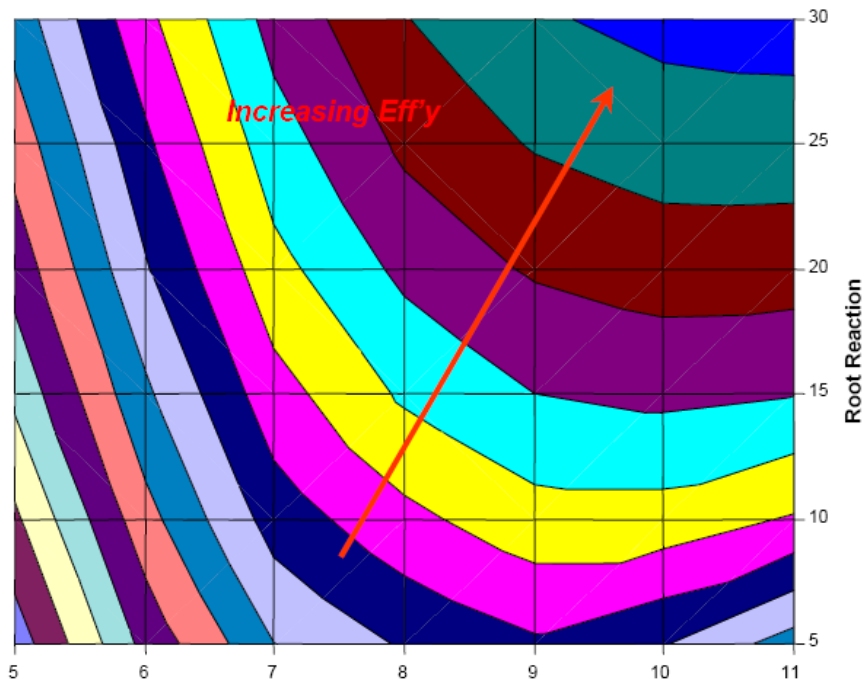
میزان برگشت‌ناپذیری هر کدام از اجزا در حالت پایه و در حالت استفاده از تکنیک‌های ذکر شده^۱ در نمودار شکل (۲-۲۰) آمده است.



شکل (۲-۲۰) میزان برگشت‌ناپذیری اجزا مختلف با استفاده از تکنولوژی‌های جدید و قدیمی [۱۱]

موارد ذکر شده تا حدودی بر میزان عکس‌عملی بودن پرها تاثیر می‌گذارد. شکل (۲-۲۱) نمونه‌ایی از کانتورهای ارتباط دهنده تعداد طبقات، میزان عکس‌عملی بودن پرها و بازدهی را نشان می‌دهد.

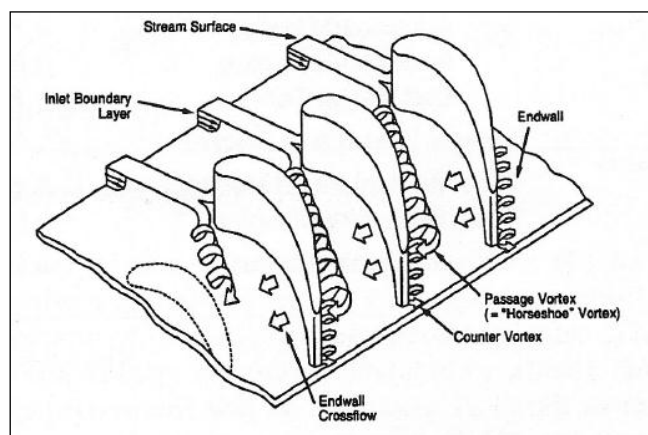
¹ Dense pack techniques



شکل (۲-۲۱) کانتور تعداد طبقات، میزان عکس‌العملی بودن پره‌ها و بازدهی [۱۱]

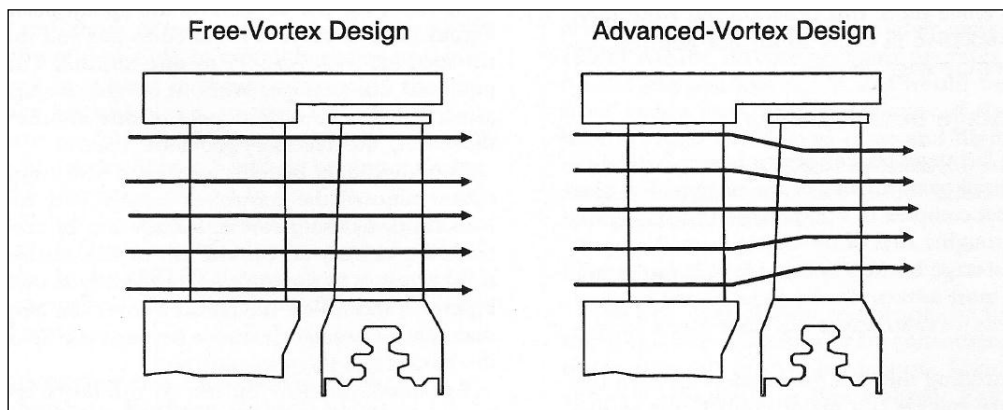
۲-۱-۱-۱-۲- طراحی پروفیل جدید پره‌ها [۱۰، ۶۵، ۶۶، ۶۷]

افت‌های ناشی از پروفیل پره‌های روتور و استاتور، نشان داده شده در شکل (۲-۲۰) حاصل اصطکاک بین جریان بخار و اجزای مسیر آن می‌باشند. با طراحی بهتر پروفیل پره‌های روتور و استاتور می‌توان این افت‌ها را کاهش داد. شکل (۲-۲۲) مکانیزم تولید جریان‌های ثانویه را نشان می‌دهد. جریان‌های ثانویه به دلیل وجود لزجت در لایه مرزی عموماً در سطح داخلی و خارجی پره‌ها بوجود می‌آید.



شکل (۲-۲۲) جریان‌های ثانویه [۱۰]

تا قبل از ۱۹۵۰ طراحی طبقات بر اساس گردابه آزاد واقعی صورت می‌گرفت. در این روش هدف هدایت جریان به صورت مستقیم بوده به گونه‌ایی که حتی‌الامکان خطوط جریان بصورت خطی باشند. همچنین سرعت شعاعی در این طرح در نظر گرفته نمی‌شد، و حاصلضرب سرعت مماسی و شعاع ثابت فرض می‌گردید. این فرضیات به شدت معادلات شعاعی را ساده نموده و سرعت ثابت محوری را پیش‌بینی می‌کرد. در نتیجه کار گرفته شده از جریان در همهی فواصل شعاعی در طول پره یکسان بود. طراحی بر اساس گردابه آزاد، همراه با پیچیدگی در نازل‌ها، بازدهی بسیار بالایی را نتیجه می‌دهد. هرچند در طبقات با طول زیاد این طراحی باعث پیچیدگی بسیار زیاد در طول پره می‌شود که از نظر مکانیکی ساخت آن را بسیار مشکل می‌نماید. به علاوه میزان عکس‌العملی بودن پره در نوک بسیار بالا می‌رود که این مسأله افت‌های ناشی از نشتی را افزایش می‌دهد. در سال ۱۹۸۴ پروژه‌ای جهت تحقیق در زمینه طراحی بر اساس گردابه‌های کنترل شده شروع شد. در این طرح توزیع سرعت شعاعی هم مدیریت می‌گردید تا بیشترین بازدهی برای هر طبقه بدست آید. این پروژه در سال ۱۹۹۰ شتاب بیشتری پیدا کرد و چند توربین طراحی شده توسط روش جدید تحت آزمایش قرار گرفتند. در حال حاضر از طراحی غیر گردابه آزاد برای مراحل فشار پایین استفاده می‌کنند، تا بازدهی بهتر برای این مراحل حاصل شود. هدف در طراحی پیشرفته، گذر بیشترین دبی جریان از بخش مرکزی پره‌ها می‌باشد (شکل ۲-۲۳). بدین ترتیب انتقال انرژی بسیار بهتر و پربازده‌تر صورت می‌گیرد.



شکل (۲-۲۳) طراحی گردابه آزاد و پیشرفته [۱۰]

این طرح ویژگی‌هایی داشت که می‌توان آنها را در چند مورد زیر خلاصه کرد:

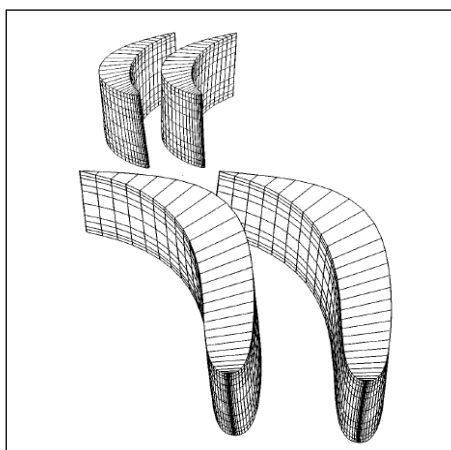
- توزیع سرعت شعاعی جهت بدست آوردن بیشترین بازدهی کنترل شد.

- سطح نازل‌ها کاهش یافت. این کار با کاهش تعداد نازل‌ها در 360° درجه، و بهبود پروفیل جهت شکی‌گیری مسیر مناسب جریان بدست آمد. در نتیجه بدون فدا کردن هدایت مناسب مسیر جریان، افت ایجاد شده در نازل‌ها کاهش یافت.

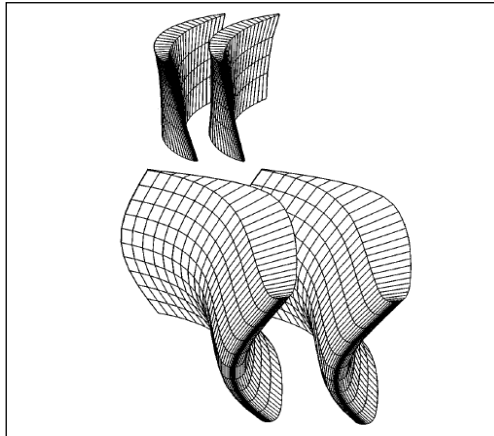
- زاویه‌ی مماسی متغیر در نازل‌ها استفاده شد، که باعث افزایش بازدهی کلی در هر طبقه گردید.

- میزان عکس‌عملی بودن پره در قسمت‌های پایینی پره افزایش یافت. در عوض این میزان در نوک پره کاهش یافت تا میزان افت ناشی بهبود یابد.

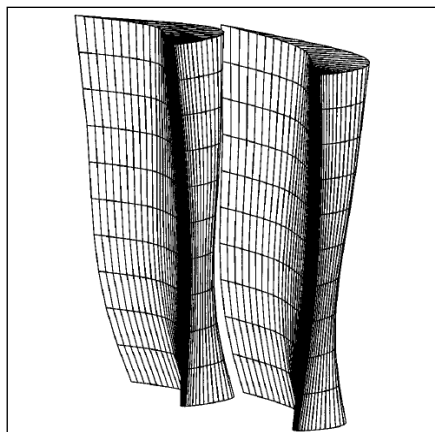
در شکل‌های (۲-۲۴) تا (۲-۲۶) طراحی پیشرفته پره‌های طبقات پر فشار، فشار متوسط و کم‌فشار تولید شده توسط شرکت GE مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۲۴) طراحی پیشرفته برای مراحل فشار بالا [۱۰]



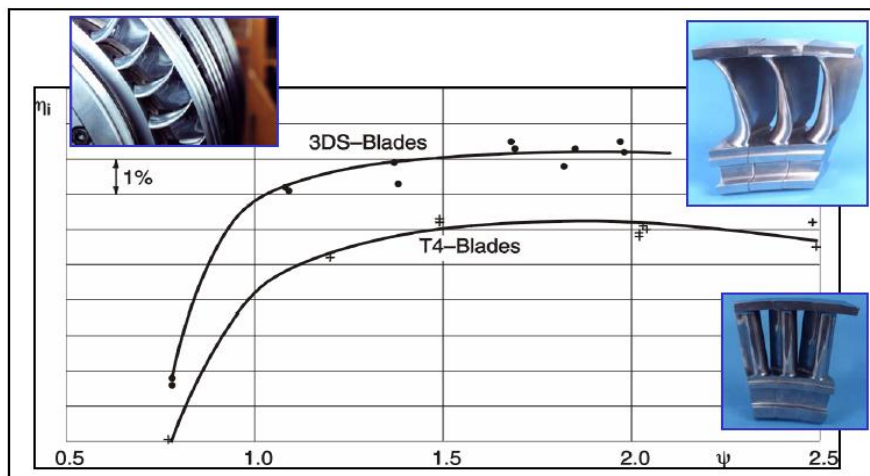
شکل (۲-۲۵) طراحی پیشرفته برای مراحل فشار متوسط [۱۰]



شکل (۲-۲۶) طراحی پیشرفته برای پره ثابت مراحل فشار پایین [۱۰]

شرکت زیمنس نیز پره‌هایی با هندسه ایرفویلی بهینه با نام تجاری 3DS و 3DV به بازار عرضه نمود که بازدهی طبقه به طبقه توربین را تا حدود ۲٪ افزایش می‌دهد. شکل (۲-۲۷) میزان افزایش کارایی این پره‌های جدید را نسبت به پره‌های قدیمی نشان می‌دهد. از بهبود تکنولوژی پره‌های جدید شرکت زیمنس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۶۴]:

- طراحی کاملاً سه بعدی پره‌ها
- پره‌های پیش‌پیشی به منظور کاهش اتلافات ناشی از برخورد و درگ



شکل (۲-۲۷) بازده دو نوع پره که نشان دهنده بازدهی بالاتر پره‌های جدید می‌باشد [۶۴]

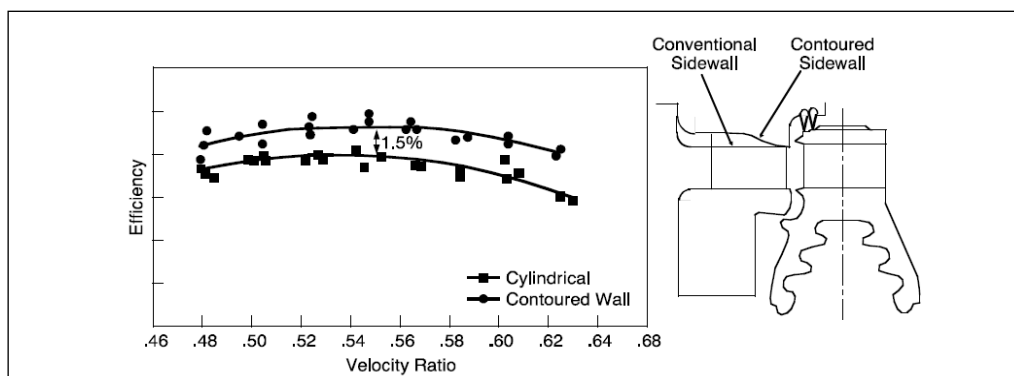
طی یک پروژه تحقیقاتی که در سال ۲۰۰۷ انجام شد، میزان تأثیر تعویض و اصلاح پره‌های توربین بخار بر راندمان نیروگاه بررسی گردید. در جدول (۲-۵) به طور خلاصه پتانسیل افزایش راندمان یک توربین بخار به ازای برخی تغییرات به نمایش درآمده است. همانطور که مشاهده می‌گردد طبقه آخر توربین LP از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دلیل این مسأله، افزایش قابلیت مدلسازی بوسیله کامپیوتر در سالهای اخیر بوده که امکان شبیه‌سازی جریان پیچیده طبقه آخر توربین را به سازندگان داده است.

جدول (۲-۵) پتانسیل افزایش راندمان با جایگزینی و اصلاح پره‌های یک توربین بخار [۶۸]

بهبود راندمان %		
۰/۴-۰/۶	جایگزینی با طراحی جدید	بخش HP
۰/۲۵-۰/۴	ترمیم قطعات فرسوده	
۰/۳-۰/۴	جایگزینی با طراحی جدید	بخش IP
۰/۱-۰/۲	ترمیم قطعات فرسوده	
۰/۴۵-۰/۵۵	جایگزینی با طراحی جدید	بخش LP (غیر از طبقه آخر)
۰/۱-۰/۲	ترمیم قطعات فرسوده	
۰/۷-۱/۳	جایگزینی با طراحی جدید	طبقه آخر LP
۰/۰۵-۰/۱۵	ترمیم قطعات فرسوده	
۱-۱/۶	طراحی جدید برای آخرین پره متحرک توربین LP	
۲/۸۵-۴/۴۵	مجموع جایگزینی با طراحی جدید	
۰/۵-۰/۹۵	مجموع ترمیم قطعات فرسوده	
۳/۳۵-۵/۴	مجموع کل	

۲-۱-۱-۳- کانتور سطوح جانبی نازل‌ها [۶۵، ۶۹، ۷۰]

در سال ۱۹۸۰ تحقیقات بر بهینه‌سازی پروفیل نازل‌های توربین آغاز شد. در راستای این مسیر، در ابتدا یک توربین تجاری دو مرحله‌ای با نازل‌های همگرا در طبقه اول و کانتورهای واگرا در طبقه دوم آزمایش گردید. حدوداً ۰/۷ درصد افزایش راندمان نسبت به طراحی ساده برای این توربین مشاهده شد. در سال ۱۹۸۴ کانتورهای همگرا-واگرایی طراحی شدند که حدوداً بازدهی را یک درصد افزایش می‌داد. کانتور به نمایش درآمده در شکل (۲-۲۸) افزایش راندمانی حدود ۱/۵ درصد را برای طبقه نسبت به حالت پایه نشان می‌دهد. امروزه کانتورهای بهینه شده افزایشی حدود ۲ درصد را نتیجه می‌دهند.



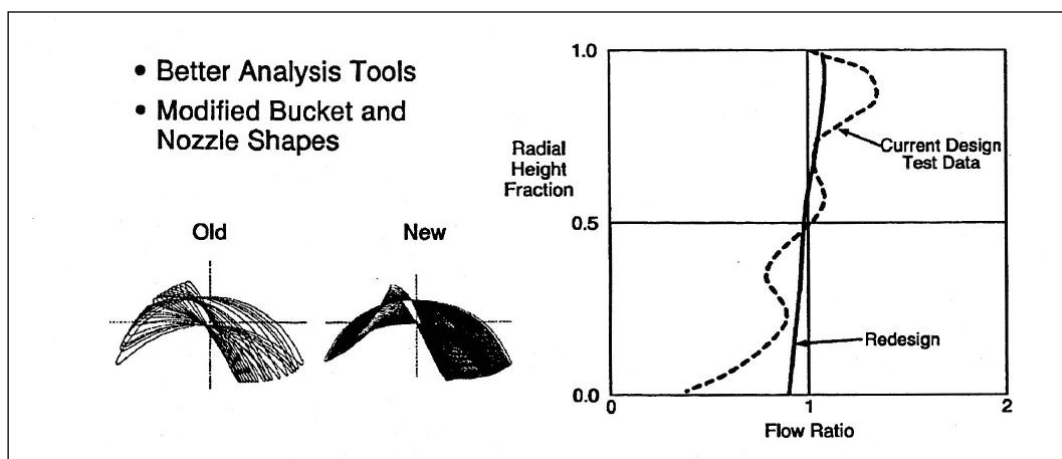
شکل (۲-۲۸) طراحی طبقه‌ی فشار پایین [۱۰]

طبقه فشار پایین توربین دو تفاوت عمده با طبقات فشار بالا و متوسط دارد. اول اینکه مولفه شعاعی سرعت در این طبقه به دلیل واگرا شدن سریع جریان در آن، غیره‌قابل چشم‌پوشی می‌باشد. دومین تفاوت میزان بالای تغییرات فشار در این طبقه می‌باشد. این تفاوت‌ها طراحی متفاوتی را برای این طبقه می‌طلبد. اولین نرم‌افزارهای طراحی برای این طبقات در سال ۱۹۶۰ نوشته شده و تا کنون این نرم‌افزارها در حال ویرایش و ارتقا می‌باشند.

۲-۱-۱-۴- طراحی پره‌های آخرین ردیف توربین فشار پایین [۶۵، ۷۱]

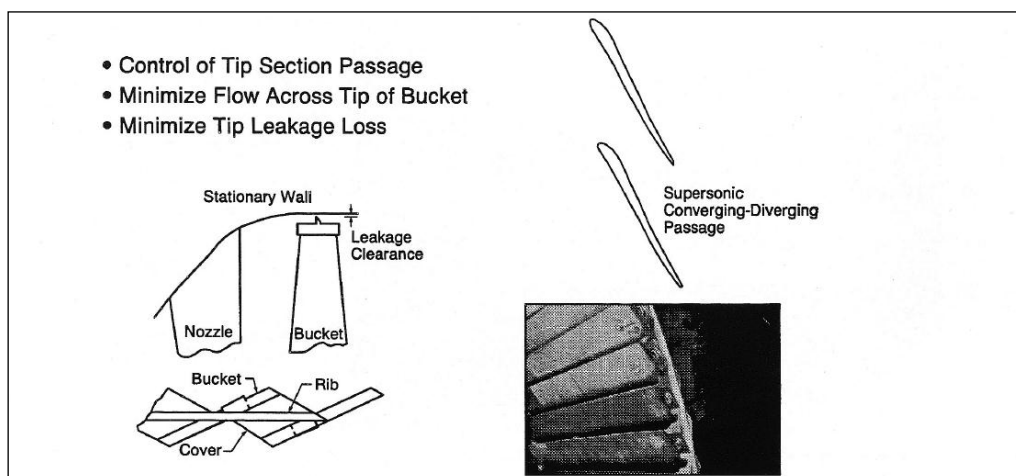
طبقه آخر توربین تا سقف ۱۰ درصد و در مواردی حتی تا ۱۵ درصد توان خروجی را تامین می‌کند. در نتیجه افزایش راندمان این مرحله تاثیر بسزایی در راندمان کلی نیروگاه خواهد داشت. جهت افزایش راندمان توربین‌های قدیمی می‌توان پره‌ها و دیافراگم‌ها یا فقط پره‌ها را تعویض کرد.

این پره‌ها تحت تاثیر فشار نامطلوب بسیار شدیدی می‌باشند. به همین دلیل طراحی ویژه‌ای را می‌طلبند. کنترل پخش جریان در طول پره در این ردیف نقشی اساسی در تعیین راندمان توربین بازی می‌کند. شکل (۲-۲۹) پخش قدیمی و مدرن جریان را در پره مقایسه می‌کند. همانطور که از این شکل بر می‌آید طراحی‌های جدید جریان یکنواخت‌تری را نتیجه می‌دهند.



شکل (۲-۲۹) پخش قدیمی و مدرن جریان در پره [۱۰]

یکی دیگر از روش‌های افزایش بازده این ردیف استفاده از پوشش است. چند دلیل برای استفاده از پوشش وجود دارد. دلیل اول ثابت نگه داشتن محل نوک پره‌ها نسبت به هم می‌باشد. جریان بخار روی نوک پره‌های ردیف آخر بصورت فرا صوت بوده به همین دلیل مسیر بخار در این محل باید همگرا و اگر باشد که با ثابت ماندن محل پره‌ها نسبت به هم (شکل ۲-۳۰) محقق می‌شود. دلیل دوم کنترل نشتی از نوک پره‌ها است که با پوشش با بازده بهتری انجام می‌شود.



شکل (۲-۳۰) طراحی‌های مدرن در پره [۶۵]

به دلیل سهم عمده این ردیف در تولید، بهبود این بخش تاثیر زیادی بر بازده کلی دارد. نمونه‌هایی از تاثیر مدرن کردن این ردیف بر بازده در جدول (۲-۶) آمده است.

جدول (۲-۶) میزان افزایش بازده به دلیل تعویض پره‌ها [۶۵]

Overall Performance Improvement			
RPM	Bucket	Bucket Only	Bucket & Diaphragm
3600	20" (508mm)	0.1 to 0.4%	0.25 to 1.0%
	23" (584mm)	0.25 to 0.75%	0.5 to 1.0%
	26" (660mm)	NA	1.0%
	30" (762mm)	0.6%	1.0%
3000	26" (660mm)	NA	1.0%
1800	43" (1092mm)	0.75%	1.0%

NA = Not Applicable

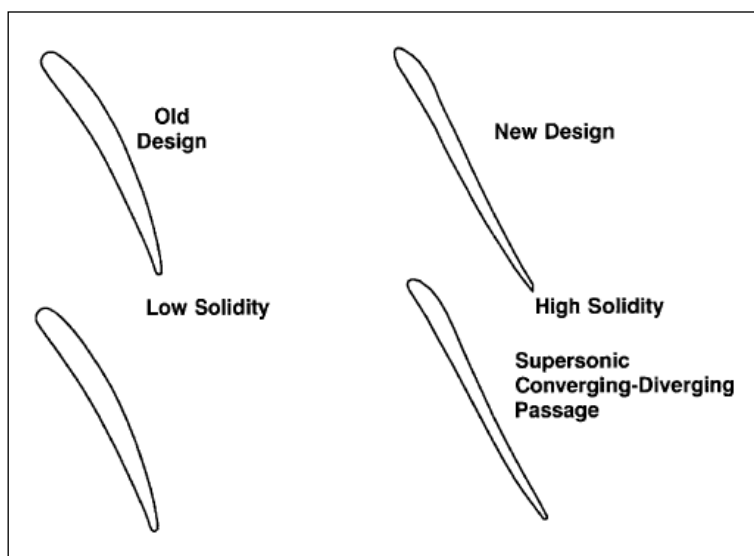
شرکت GE گروه جدیدی از این پره‌ها را طراحی کرده (شکل ۲-۳۱) که همگی از یک نوع تکنولوژی ساخت برخوردارند.



شکل (۲-۳۱) پره‌های طراحی شده با تکنولوژی‌های جدید [۶۵]

این پره‌ها در محدوده اندازه ۵۰۸ تا ۱۲۱۹ میلیمتر با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و از تیتانیوم ساخته شده است. ویژگی‌های اصلی این گروه عبارتند از:

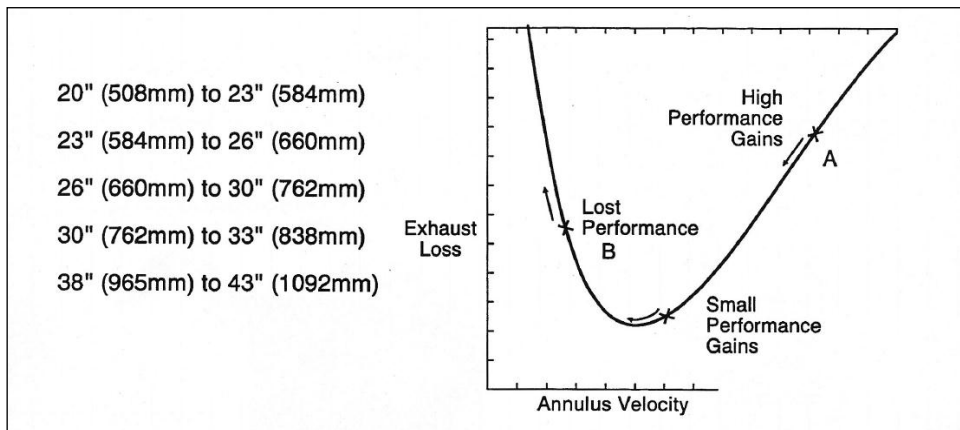
- پروفیل پره‌ها در این گروه به صورت همگرا واگرا و مناسب شرایط سرعت‌های ماخ بالا طراحی شده است (شکل ۲-۳۲)
- بهبود توزیع دبی شعاعی به منظور بهینه کردن بازدهی
- بهبود لقی نوک پره‌ها به منظور حذف بهتر رطوبت
- طراحی نوک پره‌ها به صورت ممتد به منظور افزایش استحکام و کاهش افت‌های حاصل از جریان نشتی و جریان‌های ثانویه همچنین موج‌های ضربه‌ای ایجاد شده در جریان
- بهینه‌سازی محل اتصال پره‌ها در ارتفاع میانی به منظور کاهش ارتعاش و افزایش استحکام
- استفاده از مواد با استحکام بالا به جهت ساخت پره که نیازی به لایه محافظ و اتصالات آن ندارد.



شکل (۲-۳۲) طراحی پره‌ها به صورت نازل‌های همگرا واگرا [۶۵]

۲-۱-۱-۱۳-۵- افزایش طول پره‌های آخرین ردیف توربین [۶۵، ۷۲، ۷۳]

بخار خروجی از توربین به دلیل سرعت بالا مقادیری انرژی به همراه دارد که با ورود به کندانسور هدر می‌رود. به منظور کاهش این افت باید به نحوی سرعت بخار خروجی از توربین را کاهش داد. تنها راه کاهش سرعت بخار افزایش سطح خروجی است که با افزایش شعاع پره‌های ردیف آخر محقق می‌شود. شکل (۲-۳۳) نمونه‌ایی از میزان کاهش این افت با افزایش طول پره را نشان می‌دهد.

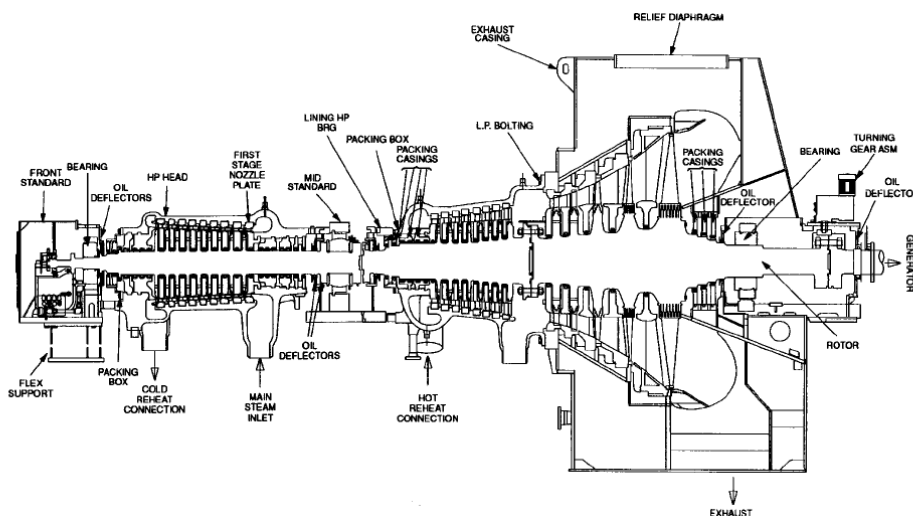


شکل (۲-۳۳) میزان کاهش افت با افزایش طول پره [۶۵]

۲-۱-۱-۱-۳-۶- هود بخار خروجی توربین [۶۵،۷۴]

بخاری که از توربین خارج می‌شود، از طریق هود خروجی به ورودی کندانسور هدایت می‌شود. طراحی مناسب هود می‌تواند از طریق بیشتر کردن اختلاف فشار در طول توربین بر کارایی اثر مثبت بگذارد. در صورتی که این تجهیز افت فشار زیادی تولید کند فشار بخار خروجی باید از فشار کندانسور بیشتر باشد. از طرف دیگر در صورتی که هود به صورت دیفیوزر با بازده بالا طراحی شود فشار خروجی توربین از فشار کندانسور کمتر خواهد شد و از این طریق بازده توربین بالا می‌رود.

شکل (۲-۳۴) یک هود به سمت پایین را نشان می‌دهد، که در آن بخار خروجی بعد از ۹۰ درجه چرخش به سمت پایین هدایت می‌شود.



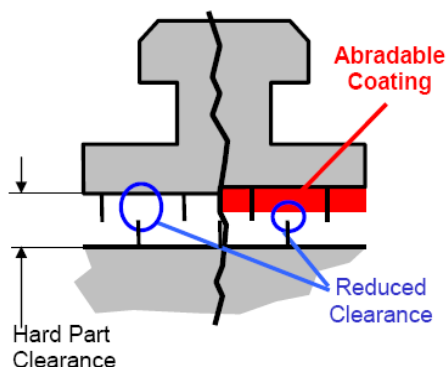
شکل (۲-۳۴) هود بعد از توربین با خروجی به سمت پایین [۶۵]

درون هود تیغه‌های راهنما کار گذاشته می‌شود تا میزان کنترل بر جریان بخار افزایش یابد و جدایش جریان از سطح دیفیوزر به وجود نیاید. از حدود سال ۱۹۶۰ تحقیقات گسترده‌ایی بر روی طراحی مناسب هود انجام شد که طی آن‌ها تعداد بسیاری هود با طراحی متفاوت آزمایش گردید. همچنین در سال‌های اخیر با پیشرفت حل عددی امکان بررسی دقیق جریان بوجود آمده که باعث طراحی پیشرفته‌تر این تجهیز شده است. شکل (۲-۳۵) شبکه بکار رفته جهت یک تحقیق عددی توسط کد نواک تری دی^۱ را جهت بررسی جریان در هود نشان می‌دهد. در حال حاضر هودهای محوری (شکل ۲-۳۶) به علت اینکه در آن‌ها جریان ۹۰ درجه چرخش را ندارد مزایای بسیاری دارند. جدایش کمتر و جریان یکنواخت خروجی از هود از جمله‌ی این مزایا می‌باشد. جریان یکنواخت خروجی باعث ارتعاش و تولید صدای کمتر در کندانسور می‌شود.



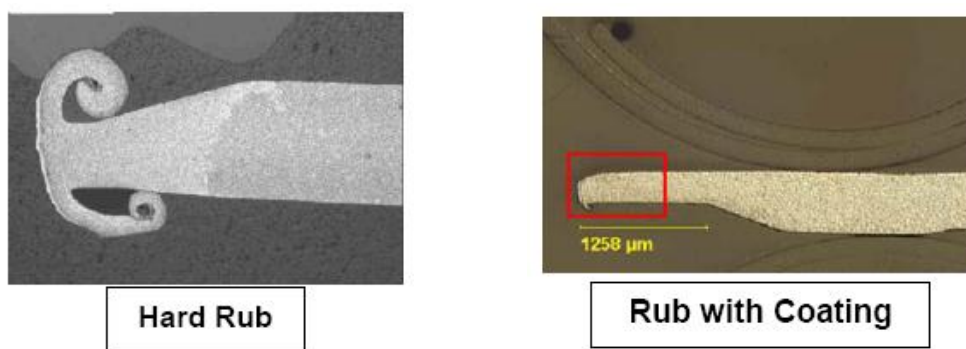
شکل (۲-۳۵) شبکه بکار رفته جهت شبیه‌سازی هود [۶۵]

^۱ NOVAK3D



شکل (۲-۳۷) پوشش‌های سایش پذیر باعث کاهش لقی می‌گردند [۶۴]

این نوع نشت بندی برای اکثر شفت‌های توربین‌ها قابل اجرا بوده برای توربین‌های فشار بالا روش مناسبی می‌باشد. با استفاده از این روش تا حد زیادی می‌توان از بروز سایش در شفت توربین جلوگیری کرد. در صورت عدم استفاده از پوشش سایش پذیر، سایش در شفت از نوع فلز با فلز یا سایش سخت^۱ خواهد بود که منجر به آسیب‌های جدی در توربین می‌گردد. بر اساس تحقیقات انجام شده استفاده از این نوع پوشش‌ها بین ۰/۱ تا ۰/۲٪ راندمان توربین بخار را افزایش می‌دهد. شکل (۲-۳۸) دو نمونه از اثرات سایش با پوشش و سایش سخت را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۳۸) شکل راست اثر سایش با پوشش و شکل چپ اثر سایش سخت [۶۴]

¹ Hard rub

ب) نشت‌بندهای جمع شونده

نشت‌بندهای مارپیچی^۱ رایج جداسازی را با استفاده از فنرهای تخت^۲ انجام می‌دهند حال آنکه نشت‌بندهای جمع شونده از فنرهای کویلی^۳ به جای فنرهای تخت برای نشت بندی استفاده می‌کنند. یکی از ویژگی‌های نشت بندهای جمع شونده این است که در هنگام آغاز به کار توربین به منظور جلوگیری از اثرات اعوجاجی حاصل از دما، آب بند جابجا شده و میزان لقی شفت را افزایش می‌دهد. این کار تا زمانی اتفاق می‌افتد که توربین از سرعت بحرانی عبور کند و بعد از عبور از سرعت بحرانی اندازه آب بند به سر جای اولیه خود برمی‌گردد و لقی نیز کاهش پیدا می‌کند. شکل (۲-۳۹) استفاده از فنر کویلی در نشت بندها را نشان می‌دهد.

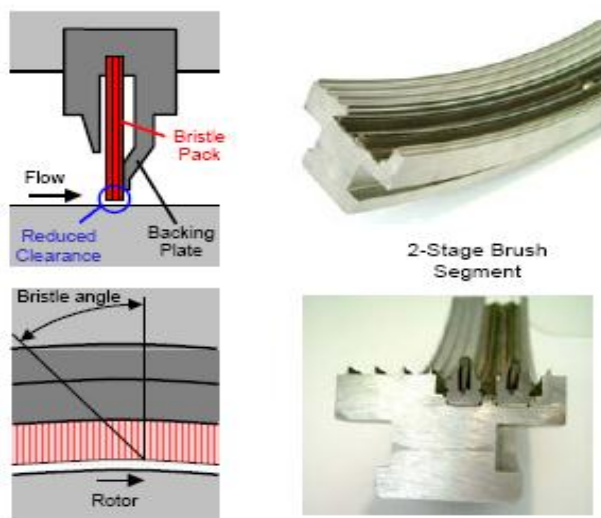


شکل (۲-۳۹) استفاده از فنر کویلی در نشت‌بندها [۶۴]

پ) نشت بندهای بُرسی

در ادامه استفاده از نشت‌بندهایی با تکنولوژی بالا، استفاده از نشت‌بندهای بُرسی با لقی صفر توصیه می‌گردد. این نوع آب‌بندها با سطح ناصاف خود طوری عمل می‌کند که در هنگام کارکرد توربین لقی تقریباً به صفر می‌رسد ولی در هنگام راه اندازی و یا شرایط گذرای سیستم، دیگر لقی برابر صفر نیست. این نوع آب‌بندها قابل استفاده به همراه نشت‌بند جمع شونده می‌باشد. شکل (۲-۴۰) یک نشت بند بُرسی را نشان می‌دهد.

¹ Labyrinth² Flat spring³ Coil spring



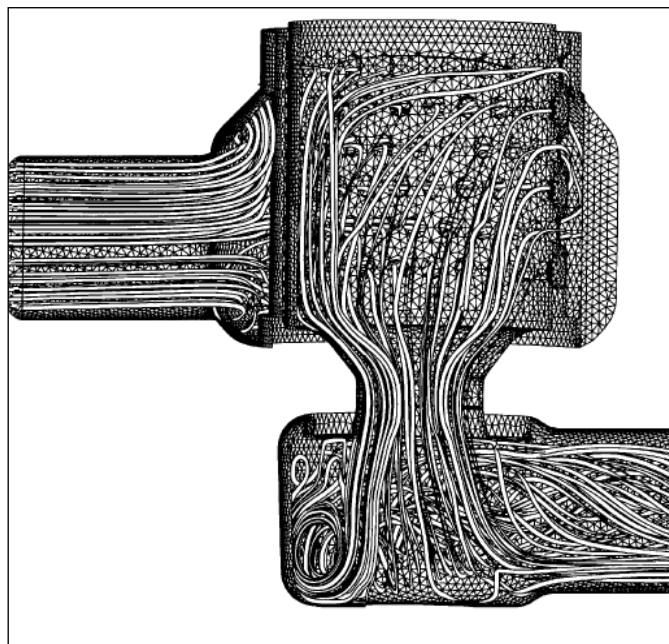
شکل (۲-۴) نمونه‌ای از نشت‌بند بُرسی [۶۴]

از خواص این نوع نشت بندها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- سطوح ناصاف این نوع نشت‌بندها لقی کمی را ایجاد می‌کنند.
- نشتی بین طبقه‌ها در حدود ۵۰ تا ۷۰٪ نسبت به نشت‌بندهای مارپیچی کاهش می‌یابد.
- سطوح ناصاف این نشت‌بند در حالت گذرا اجازه عبور هوا را می‌دهد.
- نشت‌بندهای بُرسی نسبت به سایر انواع از بازده بهتر و ضریب اطمینان بالاتری برخوردار می‌باشند.

۲-۱-۱-۱-۱۳-۸- شیرها و ورودی‌ها [۶۵]

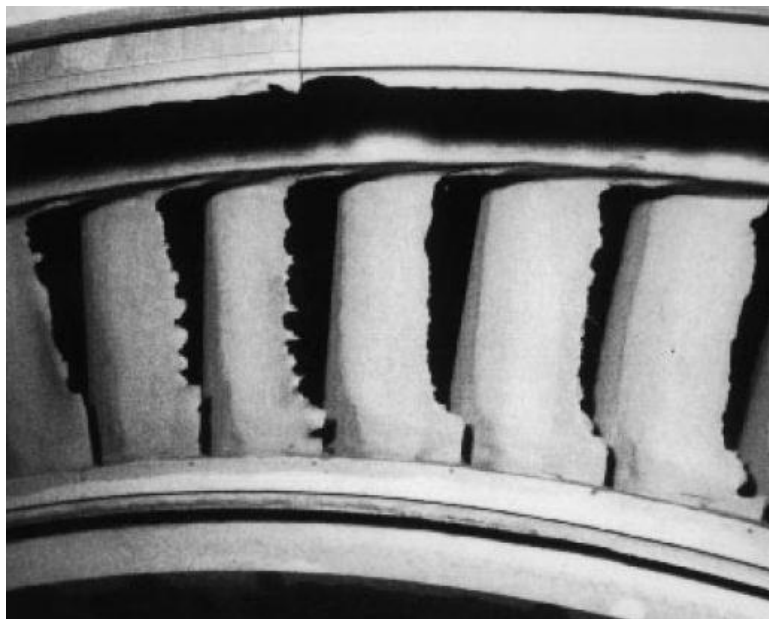
شیرها و ورودی به صورت گسترده‌ایی در مسیر بخار استفاده می‌شوند، که عمدتاً برای جریان افت فشار ایجاد می‌کنند. تحقیقات در این زمینه بیشتر بر راهکارهای کاهش این افت بوده است. بررسی عددی جریان در این زمینه یکی از ابزار بسیار مهم در طراحی بهینه این تجهیزات بوده است. چرا که ساختار جریان در شیرها و ورودی‌ها از طریق شبیه‌سازی بدست آمده و مهمترین ابزار بهینه کردن طراحی همین شناخت ساختار جریان می‌باشد. به طور مثال شکل (۲-۴۱) نمونه‌ای از شبیه‌سازی جریان در یک شیر کنترل را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، مکانیزم و منبع ایجاد گردابه‌ها که از منابع اصلی ایجاد افت هستند مشخص است. با استفاده از طراحی‌های اخیر تا ۳۰ درصد میزان افت ایجاد شده در این تجهیزات کاهش یافته است.



شکل (۲-۴۱) جریان شبیه‌سازی شده در شیر [۶۵]

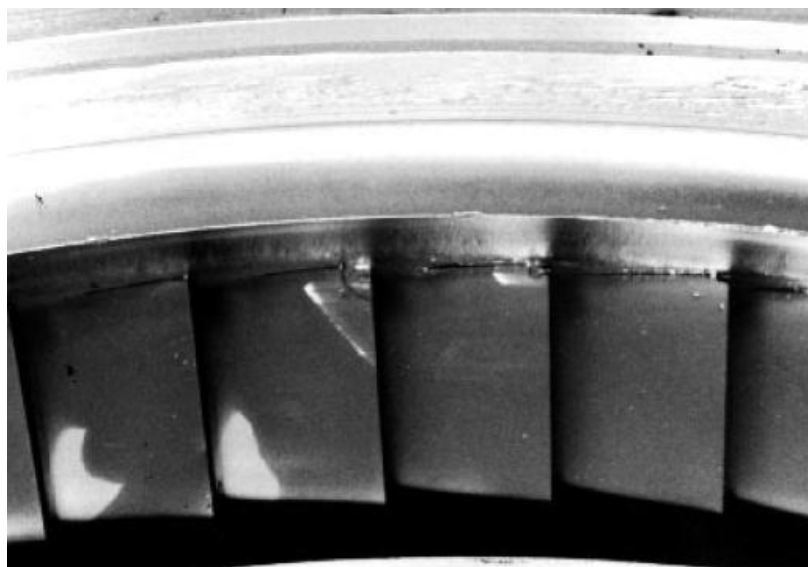
۲-۱-۱-۱-۱۳-۹- سایش تجهیزات در مسیر بخار [۶۵،۷۷]

میزان موفقیت در طراحی تجهیزات مقاوم به سایش کاملاً تابع دقت در شبیه‌سازی مسیر، سرعت و شرایط ترمودینامیکی جریان می‌باشد. با شبیه‌سازی درست سرعت، فشار و دمای ذرات همچنین محل و زاویه‌ی برخورد آن‌ها با تجهیزات می‌توان تصویر کاملی از مکانیزم سایش بدست آورد. عموماً سایش ایجاد شده در تجهیزات تابع موارد بسیاری از جمله محل، ابعاد و جنس تجهیزات و شرایط جریان، مد کاری توربین و بسیاری موارد دیگر می‌باشد. اما بررسی‌ها نشان داده است بیشترین سایش در پره‌های اولین طبقه توربین فشار بالا و اولین طبقه توربین فشار متوسط ایجاد می‌شود. استفاده از پوشش‌های مختلف بدون تغییر طراحی مشکل ساییدگی را حل نخواهد کرد و تنها ساییدگی را حدوداً ۲ سال عقب می‌اندازد، لیکن عمر مقبولی به پره‌ها نمی‌دهد. امروزه با تنظیم مناسب زاویه‌ورودی جریان و جلوگیری از برخورد شدید ذرات این مشکل رفع شده است. شکل (۲-۴۲) پره‌های ساییده با طراحی قدیمی را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۴۲) پره‌های ساییده با طراحی قدیمی

همچنین شکل‌های (۲-۴۳) و (۲-۴۴) پره‌هایی با طراحی جدید بعد از سه و نیم سال کار را نشان می‌دهند. اختلاف میزان سایش در این تجهیزات به خوبی مشهود است.



شکل (۲-۴۳) پره‌های ثابت جدید بعد از سه و نیم سال کار



شکل (۲-۴۳) پره‌های متحرک جدید بعد از سه و نیم سال کار

۲-۱-۱-۱۴- علل افت راندمان ناشی از سیستم‌های خنک‌کن

سیستم خنک‌کن در نیروگاه‌های بخار بیش از نیمی از حرارت منتقل شده به بخار در بویلر را به محیط تخلیه می‌نماید. از اینرو همواره کندانسور و سایر تجهیزات وابسته به عنوان بزرگترین مبدل حرارتی نیروگاه، یکی از اجزای مهم و تاثیرگذار بر روی راندمان کلی واحد محسوب می‌شود. در یک نیروگاه بخاری، عوامل متفاوتی می‌تواند موجب تنزل کارایی سیستم خنک‌کن گردد که در این بخش به آنها پرداخته خواهد شد. در ابتدا مروری بر مزایا و معایب سیستم‌های خنک‌کن پرداخته و سپس مشکلات هر یک از این سیستم‌ها بررسی خواهند شد.

۲-۱-۱-۱۴-۱- سیستم‌های یکبار گذر و تر

در سیستم خنک‌کن یکبار گذر، آب از یک منبع طبیعی مانند رودخانه، دریا یا دریاچه وارد چگالنده سطحی شده و در آنجا پس از تبادل حرارت و گرم شدن به منبع اولیه بر می‌گردد. این نوع سیستم خنک‌کن از نظر ترمودینامیکی بالاترین بازدهی را دارد. علت بالا بودن بازدهی، پایین بودن دمای منبع سرد یا چگالنده سطحی است که این امر باعث افزایش بازدهی کل چرخه قدرت نیروگاه می‌گردد. در طراحی چنین سیستم‌هایی بایستی مقدار افزایش دمای منبع، فاصله محل ورود و خروج آب خنک‌کن به منبع و اثرات زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد. با افزایش دمای آب، میزان اکسیژن موجود در آب کاهش می‌یابد که این

امر برای موجودات آبی مشکل ایجاد می‌کند. لذا دمای آب خنک‌کن خروجی باید به اندازه‌ای باشد که برای موجودات آبی خطری ایجاد ننماید. به همین منظور بعضاً از ترکیب این سیستم و سیستم خنک‌کن تر استفاده می‌شود [۷۸].

در این سیستم آب از میان لوله‌های کندانسور سطحی عبور کرده و سبب تقطیر بخار می‌شود، در خلال این فرایند دمای آب خنک‌کن حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد. میزان آب مورد نیاز به ازای هر مگاوات توان تولیدی حدود ۳۲ lit/s است. معمولاً کندانسور مورد استفاده همراه با سیستم یکبار گذر از نوع پوسته-لوله است.

مزایای کلی این سیستم عبارت است از:

۱- راندمان بالا

۲- هزینه‌های راه‌اندازی و عملکرد پایین

محدودیت‌های این سیستم نیز به شرح زیر است:

۱- نرخ بالای آب مصرفی

۲- مشکلات دهانه ورودی (مکش آب) و خروج آب گرم

در سیستم متعارف خنک‌کن تر از برج خنک‌کن تر استفاده می‌نمایند. در این برج خنک‌کن، گرما همزمان از دو طریق به محیط منتقل می‌گردد. انتقال گرمای محسوس به هوا و انتقال گرمای نهان از بخشی از آب در گردش که باعث تبخیر آن می‌شود. حدود ۲۵ درصد گرما با روش اول و ۷۵ درصد بقیه با روش دوم به محیط تخلیه می‌گردد. آب در برج خنک‌کن تر روی ساختار شبکه‌ای از جنس چوب یا پلاستیک ریخته می‌شود. پخش شدن آب روی این شبکه‌ها باعث تماس مناسب‌تر آب خنک‌کن و هوا شده، لذا انتقال حرارت و جرم بهتر صورت می‌گیرد. از آنجا که عمده گرما از طریق تبخیر به محیط منتقل می‌شود، میزان آب خنک‌کن بدلیل تبخیر، کاهش یافته و در نتیجه بایستی این کاهش را جبران نمود. برج خنک‌کن تر به دو نوع جریان اجباری و جریان طبیعی تقسیم می‌شود که در هر یک از این دو نوع جریان، آب خنک‌کن و هوا می‌تواند بصورت متقاطع یا همسو باشد.

در سیستم‌های تر نیز مشابه سیستم‌های یکبار گذر، بخار در یک کندانسور سطحی پوسته و لوله بر اثر تبادل حرارت با سیال خنک‌کن تقطیر می‌شود. ولی برخلاف سیستم‌های یکبار گذر که در آنها آب بعد از گرفتن گرمای بخار به محیط تخلیه می‌شود، در سیستم‌های تر آب خروجی از کندانسور را در برج خنک‌کن تبخیری خنک کرده و مجدداً به کندانسور بر می‌گردانند.

مزایای سیستم:

۱- کاهش نرخ آب در جریان

۲- کاهش هزینه‌های نگهداری

محدودیتها:

۱- کاهش راندمان نیروگاه نسبت به سیستم یکبارگذر

۲- محدودیت فضای سایت

۳- تبخیر قسمت عمده آب و نیاز به آب جبرانی

۴- نیاز به تجهیزات تصفیه آب

۵- هزینه سرمایه‌گذاری بیشتر نسبت به سیستم یکبارگذر

۲-۱-۱-۱-۲- برج‌های خنک‌کن خشک

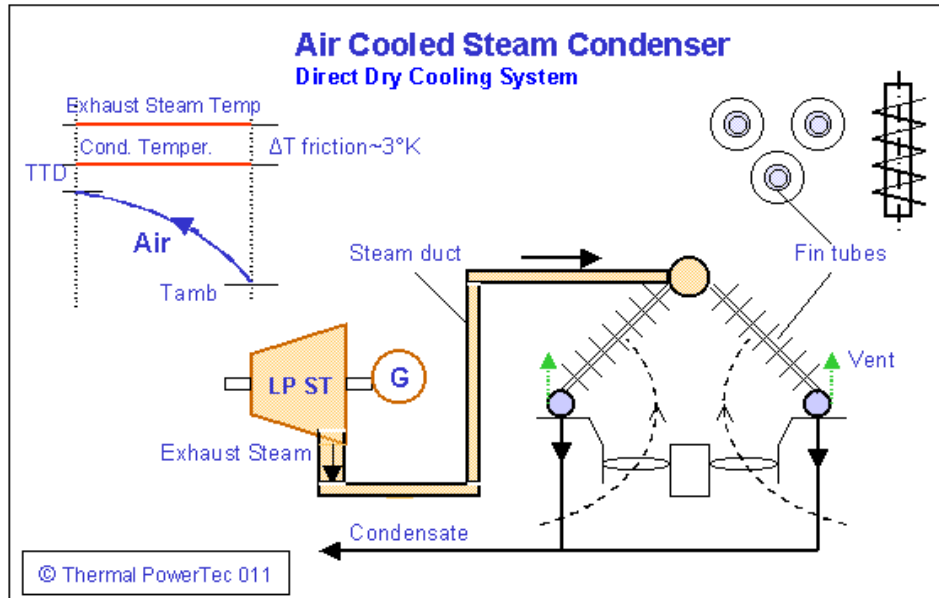
با توجه به مسئله کم‌آبی در کشور ما، سیستم خنک‌کن نیروگاه‌های حرارتی اکثراً از نوع خنک‌کن خشک انتخاب می‌گردند مگر در مواردی که دسترسی به آب آسان باشد (نظیر نیروگاه حرارتی نکا در نزدیکی دریای مازندران که از آب وافر دریا برای خنک کاری بهره می‌برد). رایج‌ترین سیستم‌های خنک‌کن خشک مورد استفاده در کشور، سیستم خنک‌کن خشک غیرمستقیم با مکش طبیعی (هلر) و سیستم خنک‌کن خشک مستقیم با چگالنده هوایی می‌باشند.

برای تبادل حرارت بین آب گردشی و محیط در سیستم‌های خنک‌کن خشک از مبدل‌های حرارتی فشرده استفاده می‌شود به گونه‌ای که تنها در اثر اختلاف دمای آب و هوای محیط تبادل حرارت صورت می‌گیرد. بنابراین، در چنین سیستمی نیازی به دسترسی به یک منبع بزرگ آب نبوده یا به عبارت دیگر، مصرف آب چنین سیستمی تقریباً صفر می‌باشد [۷۹] اما این سیستم به دمای هوا و دیگر شرایط محیطی و اقلیمی نظیر وزش باد که موضوع اصلی این تحقیق می‌باشد، وابستگی شدیدی دارد.

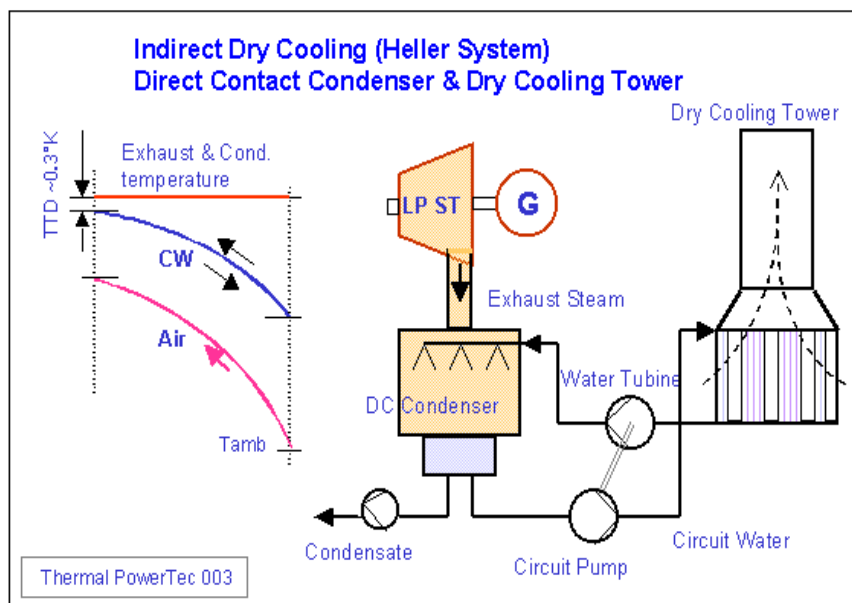
دو گروه اصلی سیستم‌های خنک‌کن خشک، سیستم‌های خنک‌کن مستقیم و غیرمستقیم می‌باشند. در سیستم‌های مستقیم (شکل ۲-۴۴) بخار خروجی از توربین با هوای محیط مستقیماً توسط یک کندانسور هوایی^۱ تبادل حرارت کرده و تقطیر می‌شود، اما در سیستم‌های خنک‌کن غیرمستقیم (شکل ۳-۴۵)، سیال واسطی وجود دارد که حرارت بخار خروجی از توربین را در

^۱Air-Cooled Condenser (ACC)

کندانسور که معمولاً از نوع کندانسور سطحی متداول لوله پوسته‌ای می‌باشد گرفته و سپس این حرارت را با محیط در برج مبادله می‌کند. در سیستم‌های خنک‌کن غیرمستقیم کندانسور بصورت مجزا می‌باشد [۸۰].



شکل (۲-۴) سیستم خنک‌کن خشک مستقیم



شکل (۲-۴۵) سیستم خنک‌کن خشک غیرمستقیم با مکش طبیعی (هلر)

سیستم خنک‌کن خشک غیرمستقیم هلر اولین بار در سال ۱۹۵۶ توسط هلر پروفسور دانشگاه فنی بوداپست مجارستان در کنفرانس جهانی نیرو در وین مطرح گردید. در این سیستم بخار خروجی از توربین توسط آب عبوری از برج که دبی جرمی آن در حدود ۴۰ تا ۵۰ برابر بخار خروجی از توربین است، تقطیر می‌شود. عمل میعان در درون یک چگالنده پاششی صورت می‌گیرد. آب واسطه که حرارت بخار خروجی از توربین را گرفته و گرم شده است، به کمک تعدادی مبدل حرارتی فشرده، حرارت جذب شده را با محیط مبادله می‌کند [۸۱].

مبدل‌های حرارتی بکار رفته در این سیستم، نوع خاصی از مبدل‌های حرارتی فشرده با پره‌های صفحه‌ای مشهور به فورگو^۱ می‌باشد. این مبدلها در اطراف یک برج بلند چیده می‌شوند. برج بر اساس مکش طبیعی کار کرده و باعث ایجاد جریان (عبور هوای محیط) از روی مبدل‌ها می‌شود.

۲-۱-۱-۱۴-۳ - مشکلات عمده سیستم‌های خنک‌کن

سیستم‌های خنک‌کن در یک نیروگاه حرارتی معمولاً با مشکلاتی مواجه هستند که بطور کلی می‌توان آنها را در دو دسته ذیل طبقه‌بندی نمود: نفوذ آب خنک‌کن به سیکل و افت خلاء کندانسور. مشخصاً نفوذ آب خنک‌کن به سیکل، ممکن است منجر به

^۱Forgo type

رسوب گرفتگی و کاهش کارایی هیترها، بویلر و توربین گردد. ولی مورد دوم که افت خلاء کندانسور است بطور مستقیم بر راندمان واحد تأثیر نامطلوب خواهد گذاشت. در ادامه مشکلات کندانسور و برج‌های خنک‌کن به صورت مختصر توضیح داده خواهد شد.

بطور خلاصه می‌توان مشکلات متداول کندانسورهای نیروگاهی را بدین ترتیب عنوان کرد:

(۱) فشار بالای کندانسور که باعث کاهش راندمان شده و هزینه‌ها را افزایش می‌دهد. با کاهش خلاء تولید قدرت نیز کاهش می‌یابد.

(۲) خوردگی

(۳) گازهای محلول از قبیل O_2 و CO_2 و آمونیاک و ... که از عوامل اصلی ایجاد خوردگی در سیکل بخار هستند و خوردگی منجر به خروج‌های اجباری و افزایش هزینه‌های نگهداری می‌شود.

(۴) ضریب تمیزی پائین

(۵) ضریب انتقال حرارت پائین: مواد تشکیل دهنده رسوبات برجها، گل و لای و لجنها و زیست توده‌های ریز و درشت می‌باشد. این رسوبات لایه عایقی روی تیوبهای کندانسور تشکیل می‌دهند که مانع انتقال حرارت از آب خنک‌کن به بخار موجود در کندانسور شده و در نتیجه از چگالیده شدن بخار جلوگیری می‌کنند.

(۶) نشستی هوا که با وجود مقداری هوای اضافه در قسمت پوسته کندانسور، موجب تضعیف عملکرد کندانسور می‌شود. نشستی هوا به داخل کندانسور همچنین باعث کاهش میزان انتقال حرارت و ضریب تمیزی و نیز افزایش فشار کندانسور می‌شود.

(۷) رسوب لوله‌های کندانسور از مشکلات ثابت می‌باشد. کارایی یک کندانسور سطحی بخار با رسوبگیری لوله‌های آن به سرعت کاهش می‌یابد و به منظور عملکرد بهتر کندانسور بایستی تمیزکاری آن انجام شود.

(۸) ظرفیت پائین پمپ

(۹) سایر عوامل از قبیل کارایی، نگهداری، طراحی و بهره‌برداری

(۱۰) تأثیر سرعت باد بر روی عملکرد برج‌های خنک‌کن بویژه برج‌های هلر

از طرف دیگر برج‌های خنک‌کن به عنوان عضوی حائز اهمیت در سیستم‌خنک‌کننده یک واحد نیروگاهی (به غیر از سیستم‌های یکبارگذر) محسوب می‌گردند. برج‌های خنک‌کن نیز با مشکلات خاصی درگیر هستند که برطرف نمودن آنها می‌تواند بر روی

عملکرد کندانسور تأثیر نامطلوبی گذاشته و در نتیجه موجب افت راندمان واحد گردد. بعضی از عواملی که منجر به زوال برج خنک‌کن می‌شوند عبارتند از [۷۹]:

(۱) خوردگی بیولوژیکی

(۲) خوردگی اجزای فلزی

(۳) خوردگی شیمیایی

(۴) رسوبات جامد

(۵) در برخی موارد آسیب‌های یخ‌زدگی

همانطور که ملاحظه می‌گردد بسیاری از این عوامل به موارد شیمیایی بستگی دارند. به عبارت دیگر، کیفیت آب خنک‌کن و رفتار شیمیایی آن از عوامل مهم در عملکرد بهتر برجها می‌باشد. کنترل رفتار شیمیایی آب خنک‌کن به سه دسته عمده تقسیم می‌گردد:

الف) کنترل بیولوژیکی مناسب

جهت ملاحظات شیمیایی آب برای به حداقل رساندن میزان رسوبات در مرحله اول نیاز به عوامل و عناصر کنترل بیولوژیکی کافی و مناسب برای آب عبوری از صفحات پرکننده می‌باشد. عناصر کنترل بیولوژیکی نباید فقط در قسمت بالایی پرکننده‌ها قرار بگیرند و در قسمت‌های پائین‌تر و مرکزی که در تماس با این عناصر به مقدار کافی هستند نیز، از انباشته شدن بیوماس جلوگیری می‌کنند. کلر و دیگر آفت‌کشهای فرار نیز اغلب در سطوح خیلی پائین بکار گرفته می‌شوند. آفت‌کشهای اکسیدکننده مؤثرترین عناصر کنترل بیولوژیکی هستند.

ب) کنترل رسوبی مناسب

استفاده از مواد فعال در سطح و پراکنده‌کننده‌ها و پلیمرها همراه با کنترل بیولوژیکی بطور خیلی مؤثری رسوبات را کنترل می‌کند. این تدبیرها در برداشتن بیوماسهای زنده و مرده کمک خواهند کرد. پلیمرهای با وزن مولکولی بالا در نرم‌تر کردن و بتدریج از بین بردن رسوبات صفحات پرکننده مؤثر خواهند بود.

پ) کنترل رسوب سیلیسی مناسب

از آنجائیکه سیلیس بعنوان یکی از پتانسیلهای رسوبی در صفحات پرکننده برجهای خنک‌کن بدلیل قابلیت حل کمتر در دماهای پائین، است توجه به این نکته جهت جلوگیری از رسوبات سیلیسی در بخشهای پائین‌تر صفحات پرکننده

ضرورت دارد. استفاده از عناصر کنترل رسوبی ویژه می‌تواند در جلوگیری از انباشته شدن سیلیس روی سطوح صفحات پرکننده فیلمی مؤثر باشد.

به جز مسائل شیمیایی آب خنک‌کن، بهره‌برداری برج‌ها نیز می‌توانند موجب افت عملکرد سیستم خنک‌کاری شوند:

(الف) توزیع مناسب آب

اسپری‌های آب بایستی بصورت یکنواخت و پیوسته آب را برای دهانه‌های صفحات پرکننده فیلمی مهیا کنند. اگر برج خنک‌کن با پرکننده فیلمی بهبود یافته است و اسپری‌ها بطور مؤثر اصلاح نشده‌اند که پوشش مناسب آب و توزیع مناسب آن را روی صفحات پرکننده داشته باشند، رسوبات بتدریج روی سطوحی که کمتر خیس شده‌اند، انباشته خواهند شد و این سطوح محل مناسبی جهت رشد ارگانسیم‌های بیولوژیکی خواهند شد.

(ب) دبی آب خنک‌کن

اغلب در مناطق سرد و یا در زمان توقف واحد و یا کاهش بار واحد، دبی آب خنک‌کن عبوری از صفحات پرکننده فیلمی کاهش پیدا می‌کند. در این صورت با کاهش دبی آب خنک‌کن توزیع آب نامناسب خواهیم داشت و در بعضی قسمت‌ها صفحات پرکننده فیلمی با کمبود آب مواجه خواهند شد و در نتیجه رسوبات تشکیل خواهند شد. در برجهایی که بار را تغییر می‌دهند کاهش دبی آب خنک‌کن غیرعادی نمی‌باشد.

(پ) متوقف نمودن برج خنک‌کن

راه‌اندازی‌های مکرر و متوقف کردن دبی آب برجهای خنک‌کن سبب تشکیل رسوبات روی پرکننده‌ها می‌شود. اگر دبی آب خنک‌کن بصورت دوره‌ای از چند ساعت تا چندین روز متوقف شود، اغلب رسوبات بیولوژیکی تشکیل می‌شوند. این رسوبات معمولاً زمانیکه دبی آب خنک‌کن دوباره برقرار شود بطور کامل شسته نمی‌شوند و دوباره باید تشکیل رسوبات روی سطوح را به مقدار مینیمم رساند.

۲-۱-۱-۱-۴- بهبود عملکرد برج‌های خنک‌کن

بعد از اینکه یک برج خنک‌کن تر ساخته می‌شود سه عامل عملکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این سه عامل عبارتند از [۷۸]:

(۱) مقدار آبی که به برج خنک‌کن پمپ می‌شود (L).

(۲) مقدار هوایی که به داخل برج خنک‌کن دمیده می‌شود (G).

(۳) مشخصه برج خنک‌کن (KaV/L)، که مقیاسی از میزان انتقال حرارت برج است.

هر تغییری در سه عامل بالا عملکرد حرارتی برج را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برخی از این تغییرات عبارتند از:

- دبی آب خنک‌کن با تغییر در سرعت پمپ کردن آب تغییر می‌یابد و اگر این اختلاف در میزان دبی بیش از حد باشد، سیستم توزیع آب را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- دبی هوای خنک‌کن برج با تغییر فشار استاتیکی تغییر می‌کند.
- مشخصه برج با تغییر در وضعیت فیزیکی سطوح مرطوب تغییر می‌کند.

عملکرد برج فقط وابسته به صحیح نگهداشتن نسبت L/G نیست بلکه به فرضیاتی که آب و هوا به درستی مخلوط و توزیع شوند نیز، بستگی دارد.

دو عامل دیگر مورد نیاز برای عملکرد صحیح برج‌های خنک‌کن عبارتند از:

- یکنواخت بودن دبی هوای برج
- توزیع یکنواخت آب برج

در صورت مسدود شدن بخشی از پرکننده‌ها یا حذف‌کننده‌ها، هوا سعی می‌کند از قسمتهای باقیمانده برج خنک‌کن عبور کند که این کار سبب افزایش سرعت و فشار استاتیکی می‌شود. همچنین با کاهش میزان دبی هوای عبوری از برج میزان انتقال حرارت کاهش پیدا کرده و در نتیجه عملکرد برج تضعیف می‌شود.

نگهداری صحیح نازل‌های توزیع آب باعث کارکرد مؤثر برج خنک‌کن شده و می‌توان از دبی مناسب آب بهره برد. در برج‌های با جریان مخالف^۱ نیز نازل‌های شکسته بایستی جایگزین و نازل‌های مسدود شده بایستی تمیزکاری شوند. عملکرد برج‌های خنک‌کن با جریان مخالف، با اضافه کردن صفحات پرکننده فیلمی که کارایی بالایی دارند، تقویت شده و برای عملکرد بهتر برج می‌توان با وجود قابل استفاده بودن پرکننده‌های اولیه از پرکننده‌های با راندمان بالا نیز استفاده کرد.

یکی دیگر از روش‌های بهبود عملکرد سیستم توزیع آب طراحی و انتخاب نوع سیستم توزیع است که بهتر است قبل از ورود آب به پرکننده‌ها یک زوج سیستم توزیع کننده داشته باشیم. که این کار با استفاده از نازل‌های نوع پاششی - مربعی که بطور مناسبی

^۱Counter Flow

مرتب شده‌اند، صورت می‌گیرد. عملکرد برج‌های خنک‌کن با پرکننده‌های فیلمی در مقایسه با پرکننده‌های ریزشی بهتر می‌باشد. تقریباً عملکرد پرکننده ریزشی با عمق ۱۰ فوت معادل با پرکننده فیلمی با عمق یک فوت می‌باشد [۸۰].

از عوامل موثر در بهبود عملکرد برج‌های خنک‌کن خشک نیز میتوان به موارد ذیل اشاره نمود:

- تنظیم صحیح فن‌های برج‌های خنک‌کن خشک مستقیم در شرایط محیطی مختلف
- تعدیل تاثیر سرعت باد بر روی افت عملکرد برج‌های خنک‌کن هلو

۲-۱-۱-۱۵- نقش بهره‌برداری در راندمان نیروگاه‌های بخار

اگرچه بطور معمول، توجه زیادی به بحث نیروی انسانی در نیروگاهها مبذول نمی‌شود اما مطالعات نشان می‌دهد که کیفیت کار بهره‌برداران یک نیروگاه می‌تواند اثر قابل توجهی بر راندمان داشته باشد. می‌توان گفت که یکی از مهمترین و تأثیرگذارترین نقشها در نیروگاه مربوط به پرسنل بهره‌بردار است که بطور مستقیم با کارایی نیروگاه در ارتباطند. در نیروگاههای حرارتی، با توجه به پیچیدگی تجهیزات مربوط به سیستم احتراق، بهره‌بردار جنبه‌های مختلف فرایند که ممکن است بر راندمان و نیز میزان انتشار آلاینده‌ها تأثیرگذار باشد را کنترل می‌کند. همچنین نحوه اختلاط هوا و سوخت، میزان هوای اضافی و نیز زاویه مشعلها در کوره توسط بهره‌بردار کنترل می‌شود. اگرچه در تمامی موارد اشاره شده، کنترل فرایند تا حد زیادی بصورت اتوماتیک انجام می‌گیرد، اما بهره‌بردار می‌تواند تنظیمات اتوماتیک را متناسب با شرایط واحد تغییر دهد. میزان توانایی بهره‌بردار در تغییر و بازتنظیم پارامترهای مختلف، به تجهیزات نیروگاه و توانایی تنظیم پارامترها در محدوده عملکردی بهینه توسط سیستم کنترل نیروگاه بستگی دارد [۸۲].

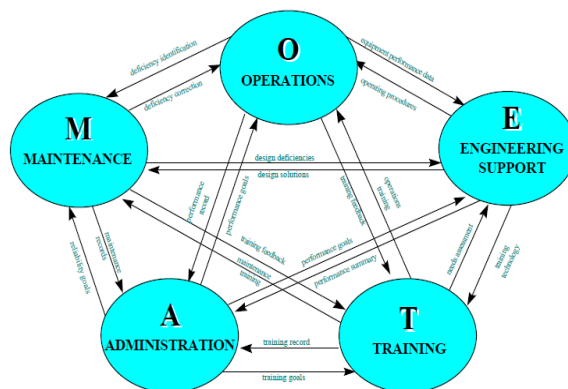
بسیاری از مدیران بخش بهره‌برداری معتقدند وجود بهره‌برداران مجزا برای سیستمهای مختلف تأثیر قابل توجهی بر عملکرد سیستم احتراق نیروگاه دارد. زیرا هر جزء دارای ویژگیهای خاصی است و تنها یک بهره‌بردار با تجربه می‌تواند بصورت بهینه از آن جزء بهره‌برداری کند. در اینصورت نکته حائز اهمیت، هماهنگی در بهره‌برداری اجزای مختلف است.

یکی دیگر از مسؤلیت‌های مهم بهره‌برداران، بهره‌برداری از دوده‌زدا است [۸۰]. این موضوع از آنجا حائز اهمیت است که دوده زدا با برطرف کردن رسوبات از روی سطوح حرارتی بویلر، انتقال حرارت را از سطوح افزایش داده و موجب بهبود راندمان واحد می‌گردد. در بررسی بهره‌برداری از دوده‌زداها، باید به این نکته توجه داشت که دود برطرف شده از سطوح حرارتی ممکن است خود موجب کاهش انتقال حرارت در بویلر و در نتیجه کاهش راندمان آن گردد. لذا سیستم کنترل واحد، دوده‌زداها را بصورت

ترتیبی وارد مدار می‌کند تا دود برطرف شده از روی سطوح حرارتی مرحله به مرحله خارج گردد و انباشت دود موجب کاهش انتقال حرارت و راندمان نیروگاه نگردد. اما بعضاً دیده شده که برخی از بهره‌برداران با بی‌توجهی به این مسأله، تمام دوده‌زداها را به یکباره وارد مدار کرده‌اند که اثر نامطلوبی بر راندمان گذاشته است. در این راستا، توجه و دقت بهره‌برداران در پایش وضعیت سیستم کنترل دوده‌زدا از اهمیت بسزایی برخوردار است.

در یک بررسی، مدلی تجربی برای بررسی تأثیر شیفت‌های مختلف بهره‌برداری و نیز عملکرد بهره‌برداران بر راندمان واحد ارائه گردید. اینکار با کمک پایش مداوم انتشار آلاینده‌ها از نیروگاه توسط آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا انجام شده است. در این روش برای داده برداری، میزان سوخت مصرفی و توان تولیدی هر قسمت بصورت ساعتی ثبت گردید. سپس اطلاعات ثبت شده با اطلاعات مربوط به شیفت‌های کاری مختلف نیروگاه ترکیب شد. بر این اساس و برای بررسی تفاوت راندمان در هر شیفت کاری، یک رابطه ریاضی بر حسب نرخ حرارتی، ساعت کاری نیروگاه و ... ارائه گردید. نتایج این بررسی حاکی از وابستگی راندمان به نحوه کار و نفرت حاضر در هر شیفت کاری بود. در این مطالعه، تأثیر این عامل در حدود ۳٪ برآورد گردید که این میزان بهبود در راندمان نیروگاه، موجب صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه سوخت نیروگاه خواهد بود [۸۲].

همچنین در یک مطالعه دیگر برای بررسی وضعیت یک واحد و پارامترهای اثرگذار بر آن، آیت‌های مختلف در پنج گروه اصلی مورد بررسی قرار گرفتند [۸۳]. این پنج گروه مورد بررسی عبارت بودند از: بهره‌برداری، تعمیرات، مهندسی، آموزش و مدیریت. در این بررسی جنبه‌های مختلف هر یک از گروه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و رابطه‌ای مطابق شکل (۲-۴۶) از آن استخراج گردید. در این شکل، ارتباط بهره‌برداری با سایر گروه‌های مورد بررسی به خوبی نشان داده شده است. در این راستا گروه بهره‌برداری با مشخص کردن نقاط دارای راندمان کم، گروه تعمیرات را در جهت رفع نواقص احتمالی راهنمایی می‌کند. همچنین با بررسی تجهیزات مختلف و ارزیابی راندمان آنها و انتقال آن به گروه مهندسی، این گروه در جریان نحوه کارکرد تجهیزات قرار می‌گیرد. متقابلاً گروه مهندسی نیز با تهیه و تدوین دستورالعمل بهره‌برداری تجهیزات، به گروه بهره‌برداری خدمات لازم را ارائه می‌کند. همچنین نقطه مورد نظر کارکرد از دیدگاه مدیران نیز به بهره‌برداران منتقل می‌گردد و اطلاعات ثبت شده از راندمان واحد نیز توسط گروه بهره‌برداری به مدیریت واحد منتقل می‌گردد. یکی از ارکان اصلی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، گروه آموزش است. همانطور که در گراف نیز مشاهده می‌شود، گروه آموزش با برپایی دوره‌های آموزشی و تخصصی نقش بسزایی در افزایش کارایی پرسنل دارد که البته بازخورد آموزش بر کارایی پرسنل نیروگاه باید مرتباً مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد تا در صورت لزوم، اصلاحات مورد نظر انجام گیرد.



شکل (۲-۴۶) ارتباط گروه‌های مختلف کاری در یک نیروگاه [۸۳]

انتخاب پرسنل بهره‌برداری و تعمیرات خود یک فرایند زمان‌بر و پر هزینه است که در بیشتر موارد منجر به انتخاب افراد با تجربه و با استعداد و گاهی منجر به انتخاب افراد با تجربه کمتر اما با پتانسیل بالا برای رشد و کسب مهارت است. زمان و هزینه صرف شده برای انتخاب نیروی انسانی در صورتی که توجه لازم به بحث آموزش آنها نشود، به هدر خواهد رفت، بنابراین برنامه آموزشی مدون و جامع برای توسعه توانایی‌های نیروی انسانی مورد نیاز است.

یکی از طرح‌های هدفمند اجرا شده در این رابطه توسط شرکت زیمنس - وستینگهاوس در یکی از نیروگاه‌های جدیدالاحداث برزیل اجرا گردیده است. طرح مذکور شامل سه مرحله بوده است: مرحله اول شامل تعیین استانداردهایی برای سطح دانش و مهارت افراد است. در مرحله دوم، نقشه راه برای آموزش و سنجش آموزش بصورت گام به گام تدوین می‌گردد. در مرحله سوم نیز، برنامه جامع آموزشی بر اساس نقشه راه تهیه شده در مرحله دوم اجرا می‌شود. با توجه به نیاز به رشد پایدار صنعت برق در کشورهای در حال توسعه نظیر برزیل، اجرای طرح‌های اینچینی به این مهم کمک شایانی خواهد کرد [۸۴].

۲-۱-۱-۱۶- نقش سیستم کنترل در راندمان نیروگاه‌های بخار

نقش انرژی الکتریکی در صنعت و وجود انرژی به میزان بسیار زیاد در نیروگاه ایجاب می‌کند که سیستم کنترل از اهمیت خاصی برخوردار باشد. سیستم کنترل نیروگاه بایستی با اغتشاشات موجود در نیروگاه که باعث ناپایداری آن می‌شود، مقابله کند، بدین ترتیب وظایف و ویژگی‌های سیستم کنترل نیروگاه را می‌توان بصورت زیر طبقه بندی کرد [۸۵]:

۱- خروجی‌های نیروگاه (توان الکتریکی-ولتاژ-فرکانس)، در حد مورد نظر نگه داشته شود.

- ۲- رژیم کاری عملکرد نیروگاه که در شرایط مختلف واحد توسط سیستم کنترل اعمال می‌شود، مبتنی بر کارکرد بهینه واحد همراه با بالاترین راندمان و بهترین کارایی تجهیزات مختلف نیروگاه باشد.
- ۳- در صورت وجود تغییرات در خروجی‌های نیروگاه، تغییرات در نیروگاه‌های دیگر را بدنال نداشته باشد.
- ۴- در نیروگاه درجه تأثیرپذیری سیستم‌های مختلف از یکدیگر بالاست. سیستم کنترل نیروگاه مناسب سیستمی است که میزان این تأثیر را به حداقل برساند.
- ۵- در مقابل تغییر پارامترهای داخلی نیروگاه بی‌اثر باشند.
- ۶- در مقابل اغتشاشات بیرونی از قبیل کیفیت سوخت، درجه حرارت محیط و... بتواند آثار آنها را خنثی نماید.
- ۷- مشخصه ساختار سیستم کنترل حتی الامکان ساده بوده و استفاده از آن برای بهره بردار آسان باشد.
- با توجه به نقش بسیار مهم سیستم کنترل نیروگاه بر عملکرد مناسب و کارایی واحد، در راستای افزایش راندمان، کارهای متنوعی بر روی بخش‌های مختلف این سیستم انجام گرفته است. بهبود سیستم کنترل و ابزار دقیق نیروگاه بطور همزمان موجب بهبود راندمان، سرعت پاسخگویی سیستم به سیگنال‌های اغتشاش و توان تولیدی نیروگاه خواهد شد. در این راستا، بهینه سازی سیستم کنترل و ابزار دقیق نیروگاه، مستقیماً بر پارامترهای اقتصادی واحد اثرگذار است. با توجه به موارد پیش گفته، امروزه یکی از راه‌های مورد توجه جهت بهسازی و افزایش راندمان واحدهای قدیمی، جایگزینی سیستم‌های کنترل قدیمی با سیستم‌های کنترل جدید و هوشمند است. این سیستم‌ها، علاوه بر تأثیر بر راندمان نیروگاه، کارایی نگهداری و تعمیرات نیروگاه، انعطاف پذیری نیروگاه برای تغییر بار و نیز قابلیت اطمینان نیروگاه را بهبود می‌بخشد [۸۶].
- راه‌های مختلف تنظیم یک سیستم کنترل، مستقیماً بر راندمان واحد تأثیرگذار است. با تنظیم مناسب سیستم کنترل و در نتیجه، کارکرد بهینه مجموعه بویلر و توربین، می‌توان انتظار ۴ تا ۷ درصد بهبود در راندمان واحد را داشت. مطالعات اخیر نشان می‌دهد، بکارگیری سیستم هوشمند قدرت^۱ در جهت انجام همزمان مونیورینگ و بهینه سازی یک سیستم، می‌تواند راندمان سیکل نیروگاه را بهبود بخشد. با بکارگیری سیستم‌های کنترل پیشرفته در نیروگاه، این سیستم‌ها قادر خواهند بود آنالیز لازم جهت بهینه سازی عملکرد توربین و بویلر در بارهای مختلف برای افزایش راندمان (بین ۵ تا ۱۰ درصد) انجام دهند. همچنین بکارگیری این سیستم‌ها موجب کاهش ۵۰ درصدی خروج اضطراری نیروگاه‌ها می‌گردد. لذا با توجه به نقش سیستم کنترل و

¹ Intelligent Power System

ابزار دقیق در کارکرد بهینه مجموعه بویلر و توربین، کل این سیستم شامل سنسورها، کنترلرها و عملگرها^۱ باید مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد [۸۷].

نقش ابزار دقیق در کنترل بهینه نیروگاه

تجهیزات ابزار دقیق در یک نیروگاه نقش بسیار مهمی را در تنظیمات عملکرد نیروگاه، اندازه‌گیری و کمی‌سازی بهینه‌سازیهای انجام شده در نیروگاه و مشخص کردن نقاط دارای عملکرد ضعیف در نیروگاه ایفا می‌کنند. وجود نقص در سیستم اندازه‌گیری داده‌های مورد نیاز برای سیستم کنترل موجب محدود شدن راندمان واحد می‌گردد. بهینه‌سازی سیستم کنترل یک نیروگاه هرگز از بهبود بخش ابزار دقیق جدا نبوده و سیستم کنترل نیروگاه جهت عملکرد مناسب، نیازمند حصول اطمینان از اندازه‌گیری‌های پارامترهای مرتبط می‌باشد. مطالعات اخیر نشان داده است بهینه‌سازی سیستم کنترل و بهره‌برداری نیروگاه می‌تواند تا ۲٪ موجب بهبود در راندمان واحد شود [۸۸].

بهینه‌سازی سیستم کنترل احتراق بویلر

به زبان ساده، وظیفه سیستم کنترل احتراق، تنظیم میزان سوخت و هوای مناسب برای تأمین بخار لازم برای توربین بخار، متناسب با درخواست بار واحد است. اگرچه، کنترل احتراق بویلر فرایندی پیچیده است که سایر پارامترهای بهره‌برداری بویلر نظیر راندمان احتراق، دمای بخار، رسوب گرفتگی سطوح حرارتی و میزان NO_x منتشره از واحد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در جدول (۲-۷) به اختصار به مواردی از بکارگیری فناوریهای مختلف در راستای بهبود در سیستم کنترل احتراق در بویلر اشاره می‌گردد. فناوریهای بکار رفته در این سیستم شامل استفاده از تجهیزات ابزار دقیق برای اندازه‌گیری میزان کربن در خاکستر، دبی سوخت، دبی هوای احتراق، میزان CO، میزان اکسیژن و تنظیم سیستم کنترل احتراق بویلر و نیز موارد دیگر است. بهبود راندمان صورت گرفته در این موارد بین ۰/۱۵٪ تا ۰/۸۴٪ گزارش شده است [۸۹].

¹ Actuator

جدول (۲-۷) خلاصه ای از بکارگیری فناوری‌های مختلف در راستای بهبود سیستم کنترل احتراق [۸۹]

سال	منبع	عنوان	توضیحات
۲۰۰۵	Promecon	ابزار دقیق برای بهبود عملکرد سیستم احتراق	در این مقاله بکارگیری تجهیزات مدرن اندازه گیری کربن موجود در خاکستر و دبی سوخت و هوا برای سیستم‌های بزرگ احتراق مورد بررسی قرار گرفته است. این اندازه‌گیری‌ها برای بهینه سازی احتراق و راندمان حرارتی نیروگاه حائز اهمیت است.
۲۰۰۶	Monore power plant	بروزرسانی و بهبود در سیستم کنترل احتراق نیروگاه	در طی سالهای ۲۰۰۴-۲۰۰۵، چندین طرح بهینه سازی و نوسازی در سیستم سوخت رسانی و ابزار دقیق سیستم سوخت و احتراق این سیستم انجام گردیده است.
۲۰۰۶	Institute of process Engineering	بهینه سازی احتراق و جلوگیری از خوردگی در واتروالها در یک نیروگاه زغالسوز	افزایش راندمان نیروگاه با کاهش افت دودکش و بهینه‌سازی احتراق. کاهش هوای اضافی. به این منظور بویلر این نیروگاه با ۱۱۰ نقطه اندازه‌گیری اکسیژن و مونواکسیدکربن مورد بررسی قرار گرفت.
۲۰۰۳	Lehigh university	چالش‌های سیستم کنترل و ابزار دقیق برای بهبود سیستم احتراق و راندمان و کاهش آلاینده های نیروگاه	در این مقاله، چند چالش موجود در سیستم کنترل احتراق و تأثیر آنها بر کارایی نیروگاه و آلاینده منتشره از آن مورد بررسی قرار گرفته است. یک سیستم کنترلی پیشرفته و نیازهای کنترلی و ابزار دقیقی آن برای بویلرهای زغالسوز مورد بررسی قرار گرفته است.
۲۰۰۷	POWER magazine	تنظیم هوای احتراق به منظور بهبود راندمان احتراق	در این مقاله در مورد تنظیم بهینه سوخت و هوای احتراق به منظور دستیابی به احتراق مناسب و بهینه کردن کارایی واحد بحث شده است.

بهینه سازی کنترل دوده‌زداها:

دوده‌زداها با تزریق مرتب بخار بر روی سطوح حرارتی بویلر، موجب پاک شدن خاکستر از سطوح حرارتی و در نتیجه، بهبود انتقال حرارت از سطوح بویلر می گردند. کنترل بهینه زمان در مدار قرار گرفتن و نیز حصول اطمینان از عملکرد مناسب دوده‌زداها، بر راندمان بویلر تأثیر گذار است. امروزه همگام با بهینه‌سازی سیستم کنترل احتراق، سیستم‌های کنترلی پیشرفته‌ای نیز برای بهینه‌کردن عملکرد دوده زدا بکار گرفته می‌شود. برخی از این تکنولوژی‌های جدید بر پایه کنترل هوشمند یا منطبق بر الگوریتم شبکه عصبی شکل گرفته‌اند که بصورت لحظه‌ای^۱ به شرایط بویلر پاسخ می‌دهند. البته باید در نظر داشت که موارد پیش گفته بر مبنای مصرف زغالسنگ که سوخت سنگینی بوده و رسوبات و دوده زیادی بر روی سطوح حرارتی ایجاد می کند مطرح گردیده است. طبیعی است با در نظر گرفتن سوخت گاز بعنوان سوخت غالب نیروگاهها، موارد مطرح شده از اهمیت کمتری برخوردار خواهد بود. البته در صورت استفاده از سوخت سنگینی همچون مازوت نیز این موارد اهمیت پیدا می‌کند. بهبود راندمان گزارش شده پس از اجرای این طرحها بین ۰/۰۸٪ تا ۰/۶۵٪ بوده است [۸۹].

¹ Real-Time

سایر کارهای انجام شده در راستای ارتقای سیستم کنترل

یکی از شرکت‌های فعال در زمینه بهینه‌سازی سیستم‌های کنترل نیروگاه، شرکت امرسون است. این شرکت با طراحی سیستم بهینه‌ساز نیروگاه با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و با استفاده از روشهای مدرن بهینه‌سازی، قادر به بهبود بخشهای مختلف نیروگاه نظیر بهینه‌سازی سیستم احتراق و دوده‌زداها شده است.

در بررسی دیگری [۹۰] رفتار دینامیکی یک نیروگاه زغال سوز از نوع درام‌دار، در راستای طراحی و بهینه‌سازی استراتژی کنترلی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در مطالعه‌ای، بهسازی سیستم کنترل در یک نیروگاه زغال سوز چینی موجب افزایش راندمان این واحد گردید. با انجام سایر بهینه‌سازی‌ها بر روی سیستم‌های دیگر این نیروگاه راندمان از ۳۵/۱٪ به ۴۰/۱٪ افزایش پیدا کرد [۹۱].

۲-۱-۲- دسته بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار

همانطور که در فصل دوم اشاره گردید روشهای افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور را می‌توان به سه بخش به شرح ذیل دسته بندی نمود:

- بهینه‌سازی بهره‌برداری واحدها
- بهینه‌سازی اجزای داخلی
- بهینه‌سازی فرآیند

براساس اطلاعات ارائه شده در بخش (۲-۱-۱) می‌توان مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار را مطابق تقسیم‌بندی فوق‌الذکر ارائه نمود. در جدول (۲-۸) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار در بخش بهینه‌سازی بهره‌برداری ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود فناوری‌های سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحد و بهره‌برداری بهینه از هیت‌های آب تغذیه از پتانسیل بالایی در افزایش راندمان نیروگاه بخار برخوردار می‌باشند.

جدول (۲-۸) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار - بهینه‌سازی بهره‌برداری

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تاثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحد	رشد	متوسط	بلوغ	بالا	متوسط
۲	تنظیم بهینه بار بین واحدها	بلوغ	متوسط	بلوغ	متوسط	متوسط

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۳	تمیزکاری سطوح حرارتی بویلر	بلوغ	متوسط	بلوغ	متوسط	بالا
۳	سیستم تنظیم بهینه احتراق در بویلر	بلوغ	ساده	بلوغ	پائین	متوسط
۴	کنترل بهینه آب تغذیه و آب اسپری دی سوپرهیتر	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	بالا
۵	تمیزکاری بهینه کندانسور	بلوغ	متوسط	بلوغ	متوسط	پائین
۶	بهره برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	بلوغ	متوسط	بلوغ	بالا	متوسط
۷	بهینه‌سازی عملکرد فن‌های برج‌های خنک کن خشک	بلوغ	ساده	بلوغ	پائین	بالا
۸	کنترل شیمیایی بهینه آب سیکل	بلوغ	ساده	بلوغ	پائین	بالا

در جداول (۲-۹) تا (۲-۱۵) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان اجزای نیروگاه بخار شامل بخش‌های بویلر، توربین، کندانسور، برج خنک‌کن، سیکل حرارتی و سیستم‌های جانبی براساس اطلاعات ذکر شده در بخش‌های (۲-۱-۱) و (۲-۴-۸) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه میشود فناوری پره‌های پیشرفته توربین با طراحی سه بعدی تأثیر احتمالی بالایی (بالاتر از ۱ درصد) بر راندمان و فناوری‌های سطوح حرارتی و سیل‌های پیشرفته پیش گرمکن هوای بویلر، سیستم‌های پیشرفته تمیزکاری حرارتی بویلر و سیل‌های پیشرفته توربین تأثیر متوسطی (بین ۰/۵ تا ۱ درصد) بر روی راندمان واحد دارند.

جدول (۹-۲) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - بخش بویلر

رتبه	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سطوح حرارتی و سیل‌های پیشرفته برای پیش گرمکن هوای بویلر	رشد	متوسط	رشد	متوسط	متوسط
۲	سیستم‌های پیشرفته تمیزکاری سطوح حرارتی بویلر	رشد	پیچیده	رشد	متوسط	متوسط
۳	مشعل‌های پیشرفته	رشد	پیچیده	بلوغ	پائین	پائین
۴	عایق‌های پیشرفته	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط
۵	فن‌های پیشرفته (GR, FD, ID)	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

جدول (۱۰-۲) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - بخش توربین

رتبه	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	پره‌های پیشرفته توربین با طراحی سه بعدی	رشد	پیچیده	رشد	بالا	پائین
۲	سیل‌های پیشرفته توربین	رشد	پیچیده	رشد	متوسط	پائین
۳	عایق‌های پیشرفته	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

جدول (۱۱-۲) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - بخش کندانسور

رتبه	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سطوح حرارتی پیشرفته برای کندانسورهای سطحی	رشد	متوسط	رشد	پائین	پائین
۲	سطوح حرارتی پیشرفته برای کندانسورهای هوایی	رشد	متوسط	رشد	پائین	پائین

جدول (۲-۱۲) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - بخش برج خنک کن

رتبه	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	پکیگ‌های پیشرفته برای برج های خنک کن تر	رشد	ساده	بلوغ	پائین	متوسط
۲	سیستم های خنک کن پیشرفته	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

جدول (۲-۱۳) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - بخش سیکل حرارتی

رتبه	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	هیترهای پیشرفته آب تغذیه	رشد	متوسط	بلوغ	پائین	پائین
۲	بکارگیری درایو های دورمتغیر در پمپ های آب تغذیه	رشد	بالا	بلوغ	متوسط	پائین

جدول (۲-۱۴) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - سیستم های جانبی

رتبه	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سیستم خنک کاری پیشرفته روغن روانکاری توربین - ژنراتور	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط
۲	سیستم خنک کاری پیشرفته ژنراتور	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

در جدول (۲-۱۵) مشخصه‌های فناوری‌های اصلی افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار در بخش بهینه‌سازی فرآیند شامل بازتوانی، تولید همزمان برق و حرارت (CHP) و بکارگیری توربین‌های انبساطی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود

این فناوری‌ها تأثیر بالایی بر روی راندمان نیروگاه‌های بخار دارند. در جدول (۲-۱۶) انواع مختلف روش‌های بازتوانی نیروگاه‌های بخار از نظر میزان افزایش راندمان و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول (۲-۱۵) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار - بهینه‌سازی فرآیند [۹۲، ۹۳ و ۹۴]

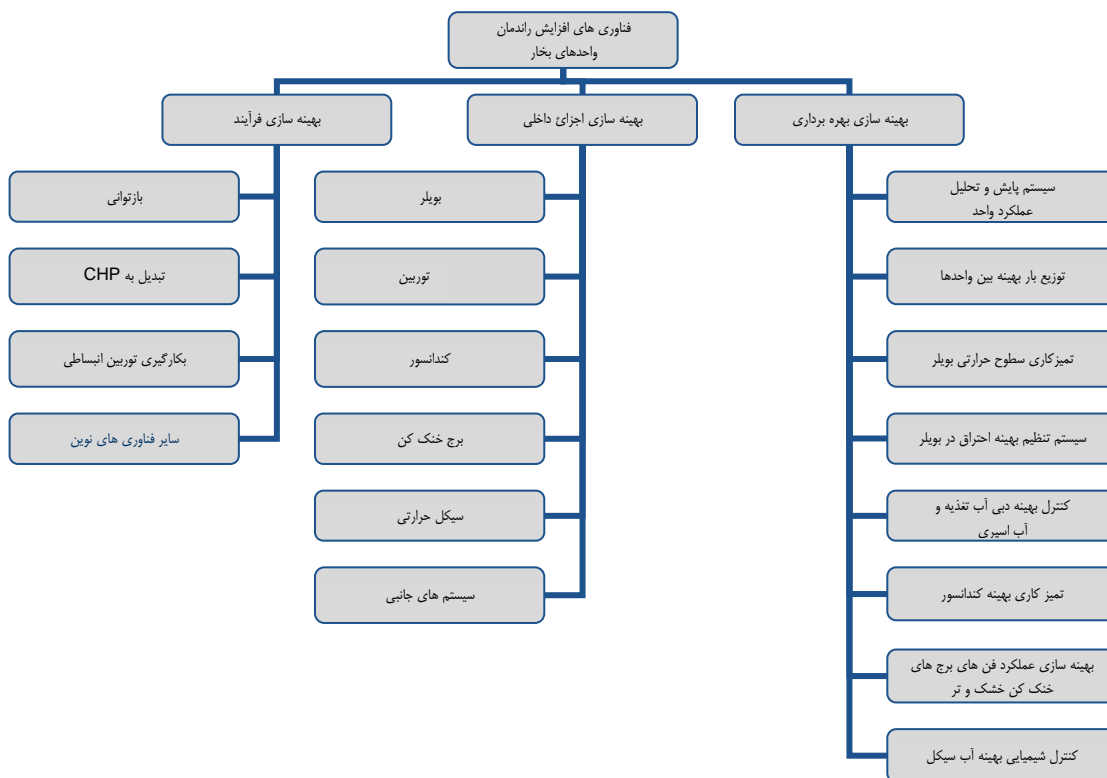
ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل داخلی	توانمندی
۱	بازتوانی	بلوغ	متوسط	رشد	بالا	متوسط	متوسط
۲	سیستم تولید همزمان برق و حرارت	بلوغ	متوسط	رشد	بالا	متوسط	متوسط
۳	توربین انبساطی	رشد	پیچیده	رشد	بالا	متوسط	متوسط

جدول (۲-۱۶) مقایسه روش‌های مختلف بازتوانی نیروگاه‌های بخار [۹۲]

روش بازتوانی	افزایش توان تولیدی (%)	بهبود راندمان (%)	درصد کاهش هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نسبت به سیکل ترکیبی
بازتوانی کامل (تبدیل به سیکل ترکیبی)	۱۵۰-۲۰۰	۱۰-۱۷	۱۸-۴۱
بازتوانی تلفیقی (مشابه بازتوانی کامل با حفظ بویلر موجود)	۱۵۰-۲۰۰	۱۰-۱۷	۱۸-۴۱
گرمایش هوای ورودی بویلر (به کمک توربین گاز)	۱۰-۳۰	۳-۶	۴۹-۶۹
گرمایش آب تغذیه بویلر (به کمک توربین گاز)	۱۰-۳۰	۲-۳	۷۷-۸۱

۲-۱-۳- جمع‌بندی و دسته‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار

باتوجه به دسته‌بندی فناوری‌های مختلف افزایش راندمان که در بخش (۲-۱-۲) به آنها اشاره شد می‌توان دسته‌بندی کلیه فناوری‌های متداول نیروگاه‌های بخار را مطابق شکل (۲-۴۷) ارائه نمود.



شکل (۲-۴۷) دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار

۲-۲- آینده پژوهی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار

همانطور که در فصل دوم اشاره گردید اهداف اصلی از انجام مطالعات آینده پژوهی در تدوین نقشه راه فناوری‌های افزایش راندمان به شرح ذیل می‌باشد:

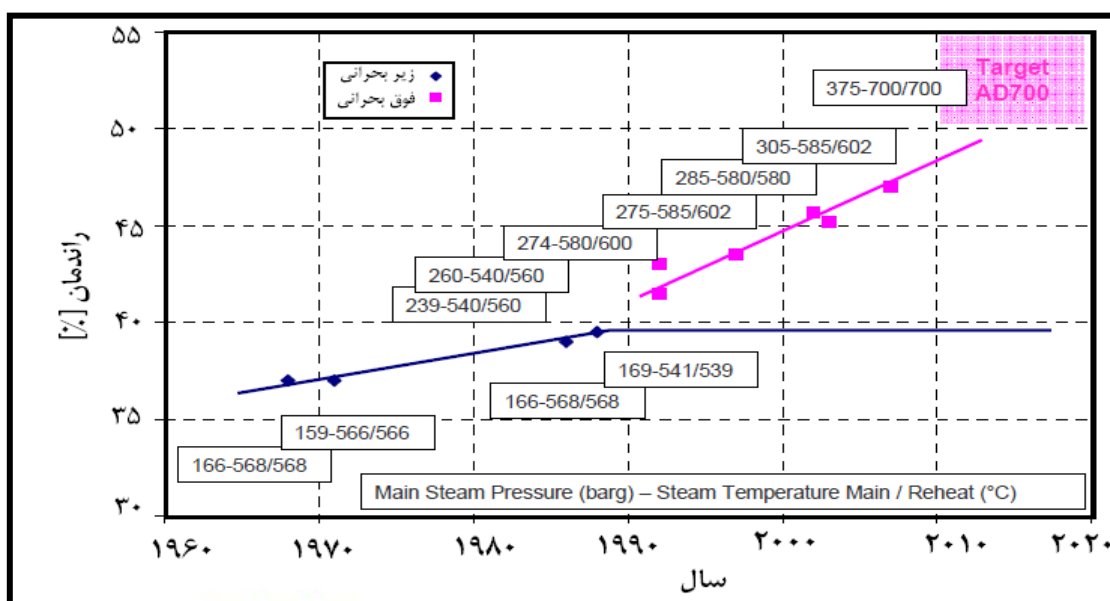
- بررسی حوزه‌های فناورانه شناسایی شده با نگاه آینده و تحلیل توسعه این فناوری‌ها در افق زمانی مطالعه (۱۰ سال آینده) بعنوان سناریوهای پیش‌رو
- بررسی روند ظهور فناوری‌های جدید و جایگزین در حوزه مطالعه
- بررسی عدم قطعیت‌های پیش‌روی توسعه فناوری‌های شناسایی شده در آینده جهت پایداری تصمیمات و سیاست‌های پیشنهادی

لذا در این بخش فناوری‌های نوین مرتبط با راندمان نیروگاه‌های بخار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲-۱- فناوری توربین‌های بخار دما بالا (700°C)

بطور کلی افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار توسط سازندگان مختلف بر اساس افزایش دما و فشار بخار ورودی توربین صورت می‌پذیرد. در شکل (۲-۴۸) روند تغییرات راندمان نیروگاه‌های بخار برحسب دما و فشار نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود رویکرد و جهت‌گیری توسعه این نیروگاه‌ها دستیابی به فناوری پیشرفته نیروگاه‌های بخار با دمای 700°C و فشار ماورای بحرانی (375 bar) با راندمان هدف ۵۰ درصد تا سال ۲۰۲۰ استوار است. این رویکرد توسط اکثر سازندگان مختلف نیروگاه‌های بخار در کشور های آلمان، آمریکا، ژاپن و کره جنوبی دنبال می‌شود [۲۰۹۴].

بکارگیری این فناوری در نیروگاه‌های موجود بویژه واحدهای فوق بحرانی مستلزم انجام اصلاحات کلی از جمله تعویض پمپ‌های تغذیه، طراحی مجدد بویلر و توربین می‌باشد که این موضوع مستلزم بررسی کامل فنی و اقتصادی طرح پس از تجاری شدن فناوری مربوطه می‌باشد.



شکل (۲-۴۸) روند تغییرات تکنولوژی توربین‌های بخار زیر بحرانی و فوق بحرانی [۹۴]

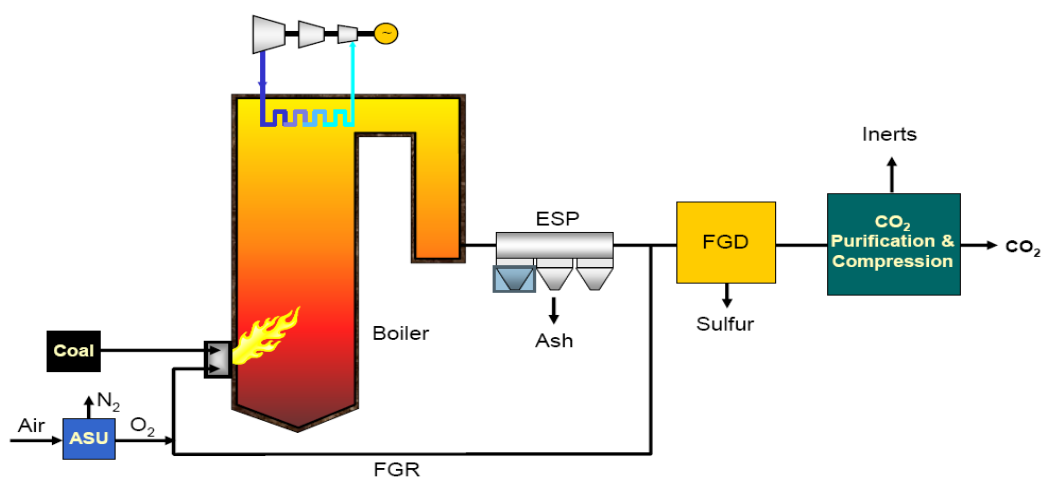
۲-۲-۲- فناوری Oxyfuel با سیکل بخار (رانکین)

ایده نیروگاه‌های بخار با احتراق اکسیژن-سوخت (Oxyfuel) برای اهداف متعددی در طی سال‌ها بررسی و گسترش داده شده است. در سال ۱۹۸۲، این فناوری در فرآیند احتراق زغال سنگ با هدف تولید دی‌اکسیدکربن برای افزایش برداشت نفت خام از چاه‌ها بوسیله آبراهام^۱ مطرح شد [۲۷]. در سال‌های اخیر اهداف اصلی تحقیقاتی در مورد فناوری احتراق اکسیژن - سوخت شامل موارد ذیل می‌باشد:

(۱) بازیابی گاز دی‌اکسیدکربن مناسب برای ذخیره‌سازی

(۲) استفاده از پتانسیل کاهش هزینه‌های ناشی از کنترل انتشار آلاینده‌ها با تکیه بر کاهش NO_x

بویلرهای معمول از هوا برای احتراق استفاده می‌نمایند، که نیتروژن موجود در هوا (تقریباً ۷۹٪ حجمی) غلظت دی‌اکسیدکربن موجود در دود را رقیق می‌کند. جداسازی دی‌اکسیدکربن از یک مخلوط رقیق با استفاده از جاذب آمین فرآیندی گران قیمت می‌باشد. در طی فرآیند احتراق اکسیژن-سوخت، احتراق با اکسیژن با خلوص بیش از ۹۵٪ و بازگرداندن کسری از دود به محفظه احتراق به منظور کنترل دما انجام می‌شود. با بازگرداندن دود به سیکل، گاز تولیدی به طور عمده شامل دی‌اکسیدکربن و آب می‌باشد و بدون نیاز به فرآیند تفکیک میعانی گازها به راحتی دی‌اکسیدکربن بازیافت می‌شود. دود برگشتی به سیکل برای کنترل دمای کوره و جبران کسر حذف شده نیتروژن می‌باشد، تا آنجا که گاز کافی برای انتقال حرارت به سرتاسر بویلر موجود باشد. طرح شماتیک این فناوری برای یک نیروگاه بخار زغال سوز در شکل (۲-۴۹) نشان داده شده است.



شکل (۲-۴۹) طرح شماتیک فناوری احتراق اکسیژن-سوخت در نیروگاه‌های بخار زغال سوز

¹ Abraham

ویژگی‌های احتراق با دود برگشتی به سیکل، متفاوت با احتراق با هوا می‌باشد. برخی تفاوت‌ها شامل موارد زیر است:

- برای دست یافتن به دمای آدیاباتیکی مشابه در کوره، کسر حجمی اکسیژن در گاز عبوری از مشعل عموماً ۳۰٪ می‌باشد، که بیشتر از کسر اکسیژن در هوا (۲۱٪) می‌باشد، این امر مستلزم بازگرداندن ۶۰٪ دود به کوره احتراق می‌باشد.
- کسر حجمی زیاد آب و دی‌اکسیدکربن در گازهای درون بویلر منجر به تشعشع حرارتی بیشتر گاز می‌شود، بنابراین انتقال حرارتی تابشی در بویلری که برای استفاده در فناوری احتراق اکسیژن-سوخت آماده شده است، بیشتر خواهد بود. بنابراین با کسر حجمی اکسیژن کمتر از ۳۰٪ در فناوری احتراق اکسیژن-سوخت می‌توان به انتقال حرارت مشابه با سیستم‌های معمول دست یافت.
- حجم گازهای عبوری از کوره در فناوری احتراق اکسیژن-سوخت نسبت به سیستم رایج مقدار کمی کاسته می‌شود و حجم دودهای عبوری (پس از بازیافت کسری از دود) حدود ۸۰٪ کاهش می‌یابد.
- چگالی دود افزایش می‌یابد، این امر به سبب تفاوت وزن مولی دی‌اکسیدکربن، ۴۴، در مقایسه با وزن مولی N_2 ، ۲۸، است.
- به طور کل در احتراق زغال سنگ با هوا ۲۰٪ هوای اضافی مورد نیاز می‌باشد، در احتراق اکسیژن-سوخت درصد اکسیژن اضافه (میزان اکسیژن اضافی به اکسیژن مورد نیاز برای احتراق از لحاظ استوکیومتریکی) برای رسیدن به کسر حجمی اکسیژن در دود در حالتی مشابه با احتراق با هوا، بین ۳٪ الی ۵٪ می‌باشد [۲۷].
- در فناوری احتراق اکسیژن-سوخت با سیستم جمع‌آوری دی‌اکسیدکربن کسر قابل توجهی از انرژی تولیدی در بخش‌های مختلف جداسازی و انباشت دی‌اکسیدکربن مانند بخش فشرده‌سازی گاز مصرف می‌شود، این مصرف انرژی در نیروگاه‌های مرسوم بدون سیستم جمع‌آوری دود وجود ندارد، از این رو نیروگاه‌های احتراق اکسیژن-سوخت بازده کمتری در تولید توان دارند. اگر چه بازدهی بیشتری نسبت به نیروگاه‌های معمولی با سیستم جمع‌آوری دی‌اکسیدکربن که در آنها انرژی زیادی صرف جداسازی دی‌اکسیدکربن از یک جریان رقیق می‌شوند، خواهند داشت.

احتراق اکسیژن-سوخت و گرفتن دی اکسیدکربن از دود فناوری است که انتشار آلاینده‌گی آن نزدیک صفر می باشد و می تواند در نیروگاه های قدیم و جدید استفاده شود. در فناوری احتراق اکسیژن-سوخت غلظت گاز دی اکسید کربن در دود از ۱۷٪ جرمی به ۷۰٪ جرمی افزایش می یابد. دی اکسید کربن پس از سرد کردن و فشرده سازی به منظور ذخیره و انتقال، آماده استفاده یا دفن در زیر زمین می شود. در احتراق اکسیژن-سوخت تغییراتی نسبت به حالت متداول انجام می گیرد که شامل اضافه نمودن واحد جداسازی هوا برای تهیه اکسیژن، سیستم برگشت دود به سیکل، واحد فشرده سازی دی اکسیدکربن، انتقال و ذخیره سازی می باشد. بهره برداری از این تجهیزات اضافه ممکن است باعث کاهش کارایی سیکل شود. به علاوه هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری را نیز افزایش می دهد.

روش های مختلفی برای جداسازی و نگهداری دی اکسیدکربن وجود دارد. تجهیزات مورد نیاز با توجه به روش مورد استفاده، خلوص مورد نظر برای گاز دی اکسیدکربن تولیدی و درصد غلظت دی اکسیدکربن در دود متفاوت می باشد. هر چند جزئیات جداسازی دی اکسیدکربن بر حسب خلوص آن در دود متفاوت است، اما در همه روش ها انرژی مورد استفاده برای فشرده سازی آن با افزایش خلوص دی اکسیدکربن کم می شود.

گزینه های متفاوتی برای مصرف یا به عبارتی ذخیره سازی دی اکسیدکربن به شرح زیر وجود دارد:

- افزایش بازیابی نفت (EOR): گاز دی اکسیدکربن می تواند برای تزریق در چاه های نفت به منظور افزایش سطح برداشت از مخازن نفت و گاز (خالی کردن بیشتر مخازن از نفت و گاز) و افزایش تولید به کار رود. این روش به طور گسترده در آمریکا به کار می رود. در سال ۲۰۰۳، ۸۴ مورد استفاده از این فناوری در کل دنیا گزارش شده است [۲۷].
- افزایش تولید متان بستر زغال سنگ (ECBM^۱): تزریق دی اکسیدکربن در شکاف لایه های معادن زغال سنگ غیر قابل برداشت، منجر به استخراج و بازیافت گاز متان از این معادن می شود. این گاز می تواند به عنوان سوخت در نیروگاه مصرف شود [۵۹]. استخراج متان بستر زغال سنگ (CBM) یک فناوری مرسوم تلقی می شود، اما افزایش استخراج با تزریق دی اکسیدکربن فناوری جدید و کمیابی است.

گزینه های متعددی در مراحل فرآیند طراحی این فناوری بر حسب عملکرد واحد و جزئیات مسیر جریان سیال و شرایط آن ها با لحاظ بحث های زیر مطرح شده است:

¹ Enhanced Coal Bed Methane (ECBM)

- آیا نیروگاه هدف باید احداث شود یا نیروگاه موجود بر حسب نیاز اصلاح گردد؟
- چه کسری از اکسیژن برای اکسیداسیون گاز بهینه می باشد؟
- کسر حجمی مطلوب دی اکسیدکربن در گاز تولیدی چه مقدار است؟
- آیا دی اکسیدکربن به صورت خالص ذخیره شود یا به صورت مخلوط جزئی و حد عاری بودن دود از NO_x ها، SO_x ها و جیوه چه مقدار است؟

در حال حاضر فناوری احتراق اکسیژن-سوخت در نمونه های آزمایشی و استفاده از دی اکسیدکربن تولیدی در روش گازی سازی به صورت تجاری برای افزایش استخراج نفت (EOR)، به طور خاص در آمریکا به کار می رود [۲۷].

۲-۲-۳- بکارگیری فناوری نانو در نیروگاه‌های بخار

همانطور که در فصل دوم اشاره گردید، بکارگیری فناوری نانو در بخش‌های مختلف نیروگاه‌های حرارتی از جمله عایق‌ها و مبدل‌های حرارتی در یک دهه گذشته افزایش یافته است [۲۵]. در نیروگاه‌های بخار امکان بکارگیری عایق‌های حرارتی با فناوری نانو در اجزای مختلف واحد از جمله بویلر، سیستم‌های انتقال آب و بخار، توربین و نیز بکارگیری فناوری نانو در لوله‌های کندانسور، برج‌های خنک‌کن، هیترهای آب تغذیه و سیستم‌های خنک‌کن ژنراتور میسر می‌باشد. میزان پتانسیل افزایش راندمان نیروگاه در صورت بکارگیری این فناوری، وابستگی کامل به شرایط واحد داشته و می‌بایست به صورت موردی مورد مطالعه قرار گیرد.

فصل سوم

هوشمندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

در این فصل ابتدا حوزه‌های فناورانه افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بررسی و ارائه خواهد گردید. سپس دسته بندی، اجزا و زیرسیستم‌های فناوری‌های افزایش راندمان این نیروگاه‌ها مشخص خواهد شد و درخت فناوری‌های مربوطه ارائه می‌گردد. در بخش دوم این فصل نیز نتایج مطالعات آینده‌پژوهشی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ارائه می‌شود.

۳-۱- شناسایی و دسته‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

همانطور که در فصل‌های اول و دوم اشاره گردید روش‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور را می‌توان به سه بخش ذیل دسته‌بندی نمود:

- بهینه‌سازی بهره‌برداری واحدها
- بهینه‌سازی اجزای داخلی
- بهینه‌سازی فرآیند

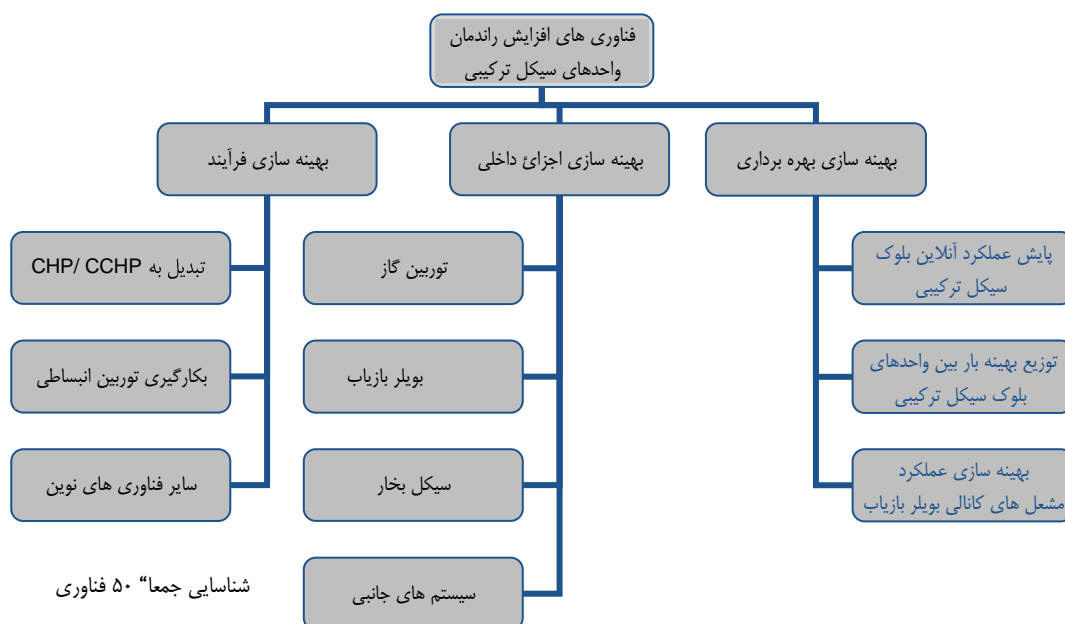
باتوجه به اینکه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تلفیقی از نیروگاه‌های گازی و بخار می‌باشد، لذا مشخصه‌های فنی ارائه شده در فصول اول و دوم برای فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و بخاری در بخش‌های بهینه‌سازی اجزاء برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی نیز صادق می‌باشد و از تکرار آن در این بخش خودداری می‌گردد. در این بخش صرفاً به ارائه مشخصه‌های فنی فناوری‌های بخش بهره‌برداری و دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بسنده می‌شود. لازم به ذکر است که مشخصات اقتصادی این فناوری‌ها به صورت جداگانه در مرحله سوم پروژه ارائه خواهد گردید.

در جدول (۱-۳) مشخصه‌های فنی فناوری‌های افزایش راندمان بخش بهینه‌سازی بهره‌برداری ویژه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود فناوری سیستم پایش عملکرد آنلاین بلوک سیکل ترکیبی پتانسیل بالایی در افزایش راندمان واحد دارد. همچنین سیستم تنظیم بار بهینه بین واحدهای بلوک سیکل ترکیبی تأثیر قابل توجهی در افزایش راندمان واحد با صرف هزینه بسیار محدود دارد.

جدول (۱-۳) مشخصه‌های فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی - بهینه‌سازی بهره‌برداری

ردیف	نام فناوری	مرحله چرخه عمر بازار	سطح پیچیدگی	مرحله چرخه عمر فناوری	تأثیر احتمالی بر افزایش راندمان	پتانسیل توانمندی داخلی
۱	سیستم پایش عملکرد آنلاین بلوک سیکل ترکیبی	رشد	متوسط	بلوغ	بالا	متوسط
۲	سیستم تنظیم بار بهینه بین واحدهای بلوک سیکل ترکیبی	بلوغ	متوسط	بلوغ	متوسط	متوسط
۳	بهینه‌سازی عملکرد مشعل‌های کانالی بویلر بازیاب	بلوغ	متوسط	بلوغ	پائین	متوسط

براساس اطلاعات ارائه شده در این بخش و نیز فصول دوم و سوم، می‌توان دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی را به صورت شکل (۱-۳) نمایش داد. لازم بذکر زیر فناوری‌های مربوط به بخش بهینه‌سازی اجزای داخلی در فصول اول و دوم ارائه شده است و از تکرار آن در این بخش خودداری می‌گردد.



شکل (۱-۳) دسته‌بندی کلی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

۲-۳- فناوری‌های نوین افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

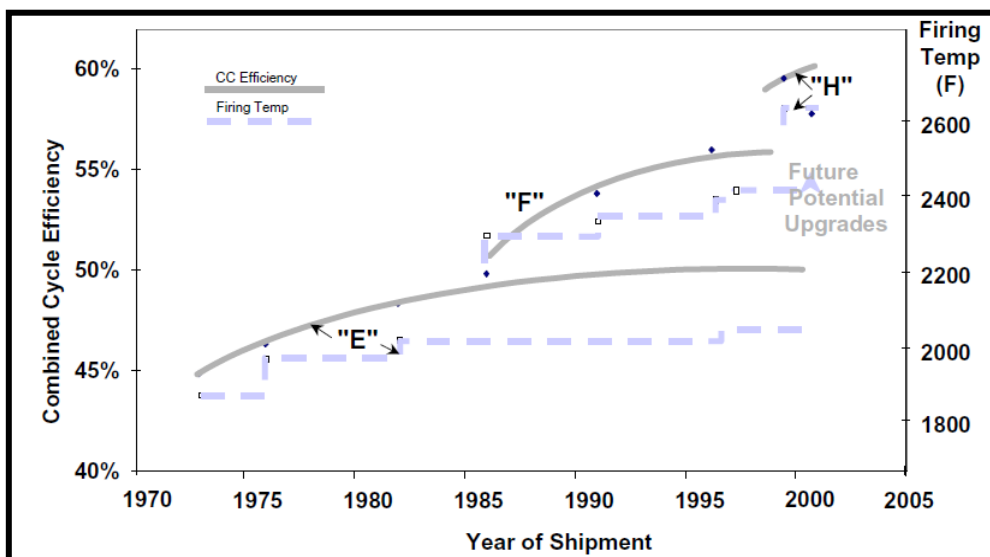
۱-۲-۳- فناوری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تک محوره - سه فشاره باری هیت

افزایش راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بسیار مورد توجه سازندگان توربین‌های گاز قرار گرفته است. در جدول (۲-۳) مقایسه کلی انواع فناوری‌های نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ارائه شده است [۲]. همانطور که ملاحظه می‌شود در حال حاضر فناوری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تک محوره با بویلر بازیاب سه فشار بالاترین راندمان (حدود ۶۰ درصد) را به خود اختصاص می‌دهد. در این فناوری توربین‌های گاز و بخار بر روی یک محور قرار دارند و سعی می‌گردد کلیه اتلافات حرارتی و مکانیکی به حداقل ممکن کاهش یابد.

توان (MW)	راندمان (%)	نوع محور قدرت	نوع بویلر بازیاب	آرایش واحدها
۴۸۴-۷۸۷	۵۰-۵۷,۱	دو محوره	دوفشاره بدون ری هیت	2 GT * 1ST
۸۴۸-۹۳۲	۵۸,۵-۵۹,۷	دو محوره	سه فشاره با ری هیت	
۵۷۰-۶۷۰	۶۰-۶۱,۲	تک محوره	سه فشاره با ری هیت	1 GT * 1ST

جدول (۲-۳) مقایسه راندمان انواع فناوری‌های نیروگاه‌های سیکل ترکیبی موجود و آینده [۲]

در شکل (۲-۳) روند تغییرات فناوری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی مربوط به شرکت GE بر حسب راندمان و دمای ورودی توربین ارائه شده است [۹۲]. همانطور که ملاحظه می‌شود افزایش راندمان این نیروگاه‌های بر پایه افزایش دمای ورودی توربین استوار می‌باشد که این امر مستلزم بکارگیری مواد پیشرفته و مقاوم دما بالا در اجزای داغ توربین گاز می‌باشد.

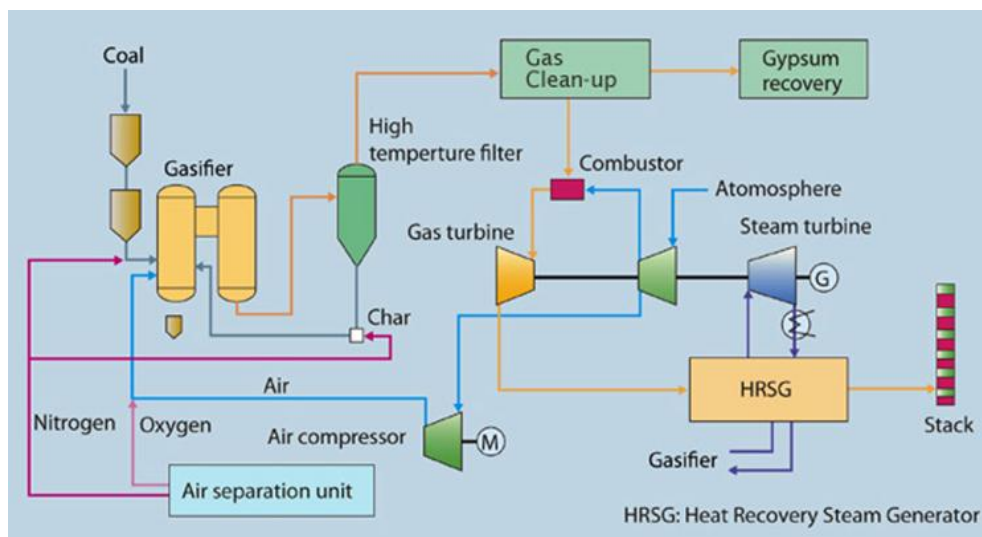


شکل (۲-۳) روند تغییرات فناوری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی مربوط به شرکت GE

بر حسب راندمان و دمای ورودی توربین [۹۳]

۳-۲-۲- فناوری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بر پایه گازی سازی سوخت های مایع سنگین و جامد (IGCC)

یکی از محدودیت های موجود در زمینه توسعه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی کشور، کمبود گاز طبیعی بویژه در فصول سرد سال می باشد. این امر سبب می شود توسعه ظرفیت نیروگاه‌های حرارتی با سوخت مازوت و یا زغال سنگ همواره بعنوان یک گزینه جایگزین مورد توجه مدیران صنعت برق قرار گیرد. با توجه به راندمان پائین نیروگاه‌های بخار با سوخت مازوت و زغال سنگ، طراحی و توسعه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بر پایه گازی سازی سوخت های مایع سنگین و زغال سنگ یکی از استراتژی های کلیدی اکثر کشور های پیشرفته می باشد و جزو فناوری های نوین و آینده آنها از جمله آمریکا، ژاپن، استرالیا و اکثر کشورهای اروپایی می باشد [۲]. شکل (۳-۳) طرح کلی فناوری IGCC ارائه شده توسط شرکت MHI را نشان می دهد. در جدول (۳-۳) مقایسه راندمان و هزینه فناوری IGCC با سایر فناوری ها در حال حاضر و برآورد آن تا سال ۲۰۳۰ ارائه شده است [۹۵]. همانطور که ملاحظه می شود راندمان این فناوری در مقایسه با نیروگاه‌های بخار بالاتر اما در مقایسه با سیکل های ترکیبی گاز سوز (بویژه در صورت نصب سیستم بازیافت CO₂) پائین تر است.



شکل (۳-۳) طرح کلی فناوری نیروگاه‌های IGCC شرکت MHI [۹۴]

جدول (۳-۳) مقایسه راندمان و هزینه انواع فناوری نیروگاه‌های IGCC با سایر فناوری‌ها تا سال ۲۰۳۰ [۹۵]

تکنولوژی	2002		2010		2030	
	هزینه کل (A.\$ /kW)	راندمان (%)	هزینه کل (A.\$ /kW)	راندمان (%)	هزینه کل (A.\$ /kW)	راندمان (%)
Supercritical pf (SC)	۱,۱۵۱	۴۱	۱,۰۶۲	۴۳	۹۶۰	۴۵
Natural gas combined cycle (NGCC)	۸۲۵	۵۳	۶۷۹	۵۶	۶۱۴	۶۵
Ultrasupercritical pf (USC)	۱,۳۱۰	۴۳	۱,۱۱۷	۴۵	۱,۰۱۰	۵۲
Ultrasupercritical pf (02-USC-95% CCS) ^۲	۱,۸۶۸	۳۴	۱,۵۸۹	۳۷	۱,۴۳۸	۴۴
Direct fired coal combined cycle (DFC-CC)	۹۲۶	۴۹	۷۶۲	۵۲	۶۸۹	۶۰
Integrated gasification combined cycle (IGCC)	۱,۵۸۴	۴۳	۱,۱۷۲	۴۸	۸۸۴	۵۰
Integrated gasification combined cycle (02-IGCC-25% CCS) ^۲	۱,۸۳۹	۳۹	۱,۳۶۰	۴۵	۱,۰۲۶	۶۰
Integrated gasification combined cycle (02-IGCC-75% CCS) ^۲	۲,۴۵۳	۳۳	۱,۸۱۴	۴۰	۱,۳۶۹	۴۴

۳-۲-۳- فناوری Oxyfuel با سیکل ترکیبی

این فناوری بصورت کامل در بخش فناوری‌های نوین نیروگاه‌های گازی (بخش ۲-۲-۲) مورد بررسی قرار گرفته است و لذا از

معرفی مجدد آن در این بخش خودداری می‌گردد.

فصل چهارم جمع بندی و نتیجه گیری

در این گزارش کلیه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی شناسایی و مشخصه‌های آنها از جنبه‌های چرخه عمر فناوری و بازار، سطح پیچیدگی، میزان تاثیر در افزایش راندمان واحد و نیز سطح توانمندی داخلی مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً "درخت فناوری‌های افزایش راندمان برای نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی موجود در سه دسته کلی ذیل شامل کلیه فناوری‌های موجود و آینده مطابق شکل (۴-۱) تهیه گردید:

- بهینه‌سازی بهره‌برداری
- بهینه‌سازی اجزای داخلی
- بهینه‌سازی فرآیند

با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته در این گزارش، در مرحله سوم پروژه، چشم‌انداز، اهداف کلان و راهبردهای توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور در افق ۱۴۰۴ تدوین خواهد گردید.

مراجع :

- [۱] گزارش " کمیته افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های کشور "، CECVA01/T3، پژوهشگاه نیرو، خردادماه ۱۳۹۰.
- [۲] گزارش " بررسی روند تغییرات و ارزیابی تکنولوژی‌های روز نیروگاه‌های فسیلی، برق آبی و هسته‌ای و قابلیت‌ها و محدودیت های کشور در زمینه بومی‌سازی و انتقال تکنولوژی آنها در سه فضای همکاری بین‌المللی "، COPVA03/T2 ، پژوهشگاه نیرو، اسفندماه ۱۳۸۹.
- [۳] گزارش "جمع‌آوری اطلاعات و بررسی اولیه علل افت راندمان نیروگاه‌های بخاری و روش‌های بکارگرفته شده جهت برطرف کردن آنها در داخل و خارج از کشور" ، POPPN 11/T1، پژوهشگاه نیرو، دی‌ماه ۱۳۸۹.
- [۴] گزارش "بررسی تأثیر سیستم‌های اصلی و جانبی توربین گاز بر روی راندمان توربین گازی در نیروگاه آبادان" ، COPBO04/N ، پژوهشگاه نیرو، اسفندماه ۱۳۸۹.
- [5] Technology Brief, Energy Technology System Analysis Program, IEA/ETSAP, 2010.
- [6] Eisenhauer J., Scheer R., "Opportunities to Improve the Efficiency of Existing Coal-Fired Power Plants", National Energy Technology Laboratory (NETL), Illinois, 2009.
- [7] Technical Review, "Introducing the Machine Upgrade , MGT-70, to the Market", MAPANA Turbine Engineering & Manufacturing Co.(TUGA), 2014.
- [8] Ulm W., "The situation in steam turbine construction and current development trends", steam turbine trends, Siemens, 2003.
- [9] Couchman R.S., K.E. Robbins, "Philosophy and Technology Programs", GE steam Turbine Design.
- [10] Dreier D.R., "Upgradeable Opportunities for steam Turbine" GE power Generation
- [11] Lesiuk J.F., "Steam turbine uprates", GE power systems.
- [12] Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation, World Energy Council 2008.
- [13] Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2005.
- [14] Tony Oliver, Clean fossil-fuelled power generation, J. Energy Policy 36 (2008) 4310–4316.
- [15] World energy, technology and climate policy outlook 2030, www.europa.eu.int.

[16] EN19 Efficiency of Conventional Thermal Electricity Production, European Environment Agency, 2013.

[17] Raja A. K., Power plant engineering, New Age International (P) Limited, 2006.

[۱۸] گزارش "بررسی فنی و اقتصادی و انتخاب فناوری‌های مناسب جهت توسعه ظرفیت‌های تولید برق"، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۰.

[۱۹] محمدمهدی اسکونژاد، "اقتصاد مهندسی ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[20] Expansion Planning for Electrical Generating Systems. A Guidebook, IAEA, 1984.

[۲۱] گزارش "بررسی فنی و اقتصادی راهکارهای عملی قابل اجرا و اولویت بندی آنها جهت پیاده سازی در یک واحد نیروگاه‌های رامین و بندر عباس"، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۰.

[22] www.modernpowersystem.com.

[23] Bohrenkamper, G., "Technology evolution of the proven gas turbine models V94.2 and V84.2 for new units and service retrofits", Siemens AG, Power Generation, Germany, 2006.

[24] Ginter T., "Uprate options for the MS9001 heavy duty gas turbine", GE Energy Atlanta. GA, GER-3928C 2008.

[25] www.nanowerk.com, Nanotechnology in energy, VDI TZ GmbH .

[26] www.behranfilter.com, Nano. Technology in gas turbine air filtration.

[۲۷] طراحی سیکل قدرت مجهز به فناوری احتراق اکسیژن-سوخت، پژوهشگاه نیرو ۱۳۸۹.

[28] Efficient plant operation, system description and operating procedures and OJT modules for SSAA power station, phase 1, technical report, Malaysia.

[29] Xu Cheng, Harry R. Winn, Robert A. Beveridge, Jeffrey J. Williams, Coordinated Multi-Stage Boiler Feedwater Heater Level Optimization, Westinghouse Process Control Inc., 1998.

[30] Farhad S., M.Saffar-Avval and M. Younessi-Sinaki, Efficient design of feedwater heaters network in steam power plants using pinch technology and exergy analysis, Int. J. Energy Res. 2008, 32:1-11 .

- [31] Variable Speed Drives for Combined Cycle Power Plants, www.voithturbo.com .
- [32] Oliver J. A., M. J. Samotyj, Y. Shakarian, Y. Vinitzky, Adjustable-Speed Drives for Thermal Power Plant Boiler Feed Pumps Russian and American Experience, 1997, IEEE Xplore .
- [33] Irlam P., A Case History Upgrading of a Main Boiler Feed Pump in a UK Coal Fired Power Station , Pump insight, 2005.
- [34] Steam System Survey Guide, www.osti.gov/bridge.
- [35] Improve your boiler's efficiency, Anonymous process heating; Academic Research Library, Sep. 2006.
- [36] Improve your boiler's combustion efficiency, Energy Tips fact sheet., 2006 .
- [37] Energy saving by increasing boiler efficiency, L. H. Yavarbaum, Noyes Data Corporation, 1979.
- [38] Guidelines for industrial boiler Performance improvement, Boiler Adjustment Procedure to minimize air pollution and achieve efficient Use of fuel, ABMA.
- [۳۹] سهرابی کاشانی، امیر، "افزایش راندمان احتراق در بویلرهای نیروگاهی از طریق تنظیم هوای اضافی"، اولین کنفرانس احتراق ایران، دانشگاه تربیت مدرس، بهمن ۱۳۸۴.
- [40] Energy Tips, tip sheet No. 10, June 2001.
- [41] Boiler blowdown an overview, www.SpiraxSarco.com.
- [42] Blowdown heat recovery , <http://www.energysolutionscenter.org>.
- [43] Blowdown alkanity, Guardian CSC technical paper.
- [44] Performance Test Code 4.1, 1998 ASME, American National Standard.
- [45] Boiler Chemicals, Boiler Fireside Fouling, NCDENR technical report.

- [46] Babcock and Wilcox, "Fuel Ash Effects and Boiler Design and Operation", Steam: Its Generation and Use, 1992. p15.
- [47] Matsumoto, Acoustic soot blower and method for operating the same, 2005, United State patent.
- [۴۸] پاکیار، افشین، احسان شایسته، "بررسی علل کارکردن ژانگستروم شماره ۱ واحد ۴ نیروگاه اسلام‌آباد اصفهان در شرایط آلام"، نشریه علمی تخصصی مکانیک نیروگاه (توان)، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، ۱۳۸۳.
- [49] Alstom Power Co. , evaluation of air heater life extension.
- [50] Stephen K. Storm, Storm Technologies Inc. and John Guffre, Paragon Airheater Technologies, Air Preheater Seal Upgrades Renew Plant Efficiency, Power, October 2010.
- [51] Reduction air heater leakage boosts output and availability, www.paragonairheater.com.
- [52] Sathyanathan V.T., Air Pre-heater Plugging and Boiler Performance.
- [53] Shah R. K. and T. Skiepko, "Influence of Leakage Distribution on the Thermal Performance of a Rotary Regenerator", Applied Thermal Engineering, Vol. 19, 1999.
- [54] Skiepko T. and R. K. Shah, "Modeling and Effect of Leakages on Heat Transfer Performance of Fixed Matrix Regenerators", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 48, 2005.
- [55] Case study: Modification to air pre heaters at Matra power station in Hungary, www.howden.com.
- [56] Robertson B., "Air Heater Improvement: Small Investment/Quick Payback", Paragon Air Heater Technologies, Power Engineering.
- [57] Air Preheater Enhancement, Kingsnorth Power Station, UK, a case study, Howden Co., www.howden.com.
- [58] Air Preheater Enhancement, Longannet Power Station, UK, a case study, Howden Co., www.howden.com.

- [59] Air Preheater Enhancement, a case study, Howden Co., www.howden.com.
- [60] Increasing efficiency of the conventional auxiliary systems of power plants (Reduction of Life Cycle Cost by operational excellence) technical paper.
- [61] Emission Control in Boilers and HRSG , Marcel Dekker Inc., 2003.
- [62] Bhatia,A. "Improving Energy Efficiency of Boiler Systems", Course Manual, Continuing Education and Development Inc.
- [63] Tanetsakunvatana V., Kuprianov V.I., "Experimental study on effects of operating conditions and fuel quality on thermal efficiency and emission performance of a 300-MW boiler unit firing Thai lignite", 2006.
- [64] Smiarowski M. W., et al., Solution provide a wide spectrum of options to improve performance, Siemens Power Generation (PG), USA, 2005.
- [65] Cofer J.I.,J.K. Reinker, "Advanced in steam turbine path technology", GE power systems.
- [66] Turner, M.G. and Jennions, I.K., "An Investigation of Turbulence Modeling in Transonic Fans including a Novel Implementation of an Implicit k-e Turbulence Model," ASME Paper 92-GT-308, 1992.
- [67] Turner, M.G., Liang, T., Beauchamp, P.P. and Jennions, I.K., "The Use of Orthogonal Grids in Turbine CFD Computations," ASME Paper 93-GT-38, 1993.
- [68] Electric generation, Topic paper No.4, Working Document of the NPC Global Oil & Gas Study, 2007.
- [69] Connell, S.D., Holmes, D.G. and Braaten, M.E., "Adaptive Unstructured 2D Navier- Stokes Solutions on Mixed Quadrilateral/ Triangular Meshes," ASME Paper 93-GT-99,1993.
- [70] Connell, S.D. and Holmes, D.G., "A 3D Unstructured Adaptive Multigrid Scheme for the Euler Equations," AIAA Paper 93-3339, 1993.

- [71] Braaten, M.E. and Connell, S.D., "A 3D Unstructured Adaptive Multigrid Scheme for the Navier-Stokes Equations," GE CRD Report No. 94CRD146, August, 1994.
- [72] Rai, M. and Madavan, N., "Multi-Airfoil Navier-Stokes Simulations of Turbine Rotor-Stator Interaction," Journal of Turbomachinery, Vol. 112, July, pp.377-384, 1990.
- [73] Dejch, M.E., et al., "Method of Raising the Efficiency of Turbine Stages with Short Blades," Teploenergetika, February, pp. 18-24, 1960.
- [74] O'Connor, M.F., Robbins, K.E. and Williams, J.C., "Redesigned 26-Inch Last Stage for Improved Turbine Reliability and Efficiency," ASME Paper No. 84-JPGC-GT-17, 1984. (Also published as GE Power Generation Turbine Technology Reference Library Paper No. GER-3399, 1984.
- [75] Morson, A., "Steam Turbine Long Bucket Developments," GE Power Generation Turbine Technology Reference Library Paper GER-3647, 1990 .
- [76] Shalvoy, R.S., et al, "An Improved Coating for the Protection of Steam Turbine Buckets from SPE," presented at the EPRI Steam Turbine/Generator Workshop, July20-23, Albany, NY, 1993.
- [77] Ashley, S., "Engineous Explores the Design Space," Mechanical Engineering, Vol. 114, No. 2, pp. 49-52, February 1992.
- [۷۸] شرکت مهندسين مشاور مונکو ايران، آشنایي با اصول طراحی نیروگاه‌های حرارتی، ۱۳۸۸.
- [79] El-Wakil, M. M. " PowerPlant Technology", Singapore, 1985, McGraw-Hill, Inc.
- [80] Weinsman J. and Eckart, L. E. "Modern PowerPlant Engineering" Cincinnati, Prentice-Hall, Inc., 1985.
- [۸۱] نیروگاه سیکل ترکیبی فارس، "گزارش شرح سیستم خنک‌کن هبلر"، ۱۳۸۵.
- [82] Bushnell, J. B. and Catherine Wolfram, "The Guy at the Controls: Labor Quality and Power Plant Efficiency", Center for the Study of Energy Market, 2007.

[83] Meador, R. J., "Maintaining the Solution to Operations and Maintenance Efficiency Improvement", Pacific Northwest Laboratory, Safety Performance and Analysis Department.

[84] Sober, C. and G. Burke, "Maximizing Plant Operational Efficiency and Reliability through Operation and Maintenance Staff Development", Siemens AG, 2004.

[۸۵] منتظری، محسن، "جزوه آموزشی کنترل نیروگاه ۱"، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).

[86] Ralph Porfilio, "Optimize Your Plant Using the Latest Distributed Control System Technology", Power magazine, February 2009.

[87] Ferrer, A. and Y. Kishinevsky, "Green strategies for aging coal plants: alternatives, risks and benefits", Power Engineering, 2008.

[88] "Metrology for improved power plant efficiency", EURAMET, 2008.

[89] Nichols C., "Reducing CO2 Emissions by Improving the Efficiency of existing coal-fired Power Plant Fleet", NETL, 2008.

[90] Leung T. , J. Peet, "Control System Retrofits to improve plant efficiency", Canadian electrical association, thermal generating station construction and commissioning session, Vancouver, Canada, March 1995 .

[91] Boyd R., "Performance improvement at a Chinese coal fired power plant", Connel Wagnar, 1997-2000.

[92] www.doosanbabcock.com, Advanced supercritical steam power plant technology.

[93] www.gepower.com, combined cycle efficiency.

[94] www.mhi.co.jp, IGCC technology.

[95] Cottrell, A., J. Nunn, D. Palfreyman, A. Urfer, P. Scaife, L. Wibberley, BHP Billiton, "Systems assessment of future electricity generation options for Australia ", Technology Assessment report 32, November 2003.

فهرست مطالب

فصل ۱- چشم‌انداز و اهداف کلان	۲
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز	۲
۳-۱- روش تدوین اهداف کلان	۸
۴-۱- فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها	۱۳
۵-۱- تحلیل نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد بیانیه چشم‌انداز	۱۸
۶-۱- فرآیند تدوین اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌ها	۲۳
۷-۱- تحلیل نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد اهداف کلان	۲۵
۸-۱- جمع بندی	۲۹
فصل ۲- انتخاب، اولویت‌بندی و اکتساب فناوری	۳۰
۱-۲- مقدمه	۳۰
۲-۲- مفاهیم و روش اولویت‌بندی فناوری	۳۰
۳-۲- مفاهیم اکتساب فناوری	۳۵
۴-۲- انتخاب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها	۳۷
۵-۲- فرآیند انتخاب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها	۳۹
۶-۲- شناسایی فناوری‌های اولویت دار افزایش راندمان نیروگاه‌ها	۴۰
۱-۶-۲- پالایش ابتدایی فناوری‌ها براساس معیار تاثیر در افزایش راندمان (روش حذف_ استفاده از روش غیرجبرانی)	۴۲
۲-۶-۲- فناوری‌های اولویت‌دار از منظر ملی	۴۵
۳-۶-۲- تحلیل نتایج	۵۷

- ۶۴ ۲-۶-۴- فناوری‌های اولویت‌دار از منظر بخش خصوصی
- ۶۷ ۲-۷- سبک اکتساب فناوری‌های منتخب
- ۷۲ ۲-۸- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
- ۶۹ نتیجه‌گیری
- ۷۶ ۱- پرسشنامه چشم‌انداز و اهداف کلان
- ۸۱ ۲- پرسشنامه اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها
- ۸۲ مراجع

فهرست شکلها

- شکل ۱-۱- فرآیند تدوین چشم‌انداز..... ۵
- شکل ۲-۱- ویژگی‌های اهداف کلان ۱۱
- شکل ۳-۱- روش تدوین اهداف کلان ۱۳
- شکل ۴-۱- فرآیند کلی تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۱۳
- شکل ۵-۱- نظر خبرگان پیرامون نحوه بیان هدف چشم‌انداز ۱۹
- شکل ۶-۱- نظر خبرگان پیرامون وضعیت راندمان در حالات هدف‌گذاری کمی و یا کیفی ۱۹
- شکل ۷-۱- نظر خبرگان پیرامون مقدار عددی راندمان در حالت هدف‌گذاری کمی ۲۰
- شکل ۸-۱- نظر خبرگان پیرامون حوزه هدف‌گذاری چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۲۰
- شکل ۹-۱- نظر خبرگان پیرامون نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه فناوری افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۲۱
- شکل ۱۰-۱- نظر خبرگان پیرامون سطح توانمندی مطلوب کشور در زمینه افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۲۲
- شکل ۱۱-۱- نمایش ابعاد مختلف چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۲۳
- شکل ۱۲-۱- فرآیند کلی تدوین اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۲۵
- شکل ۱۳-۱- نظر خبرگان پیرامون متوسط راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی در افق چشم‌انداز ۲۶
- شکل ۱۴-۱- نظر خبرگان پیرامون راندمان نیروگاه‌های بخاری موجود در افق چشم‌انداز ۲۶
- شکل ۱۵-۱- نظر خبرگان پیرامون راندمان نیروگاه‌های گازی موجود در افق چشم‌انداز ۲۷
- شکل ۱۶-۱- نظر خبرگان پیرامون راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی موجود در افق چشم‌انداز ۲۷
- شکل ۱۷-۱- نظر خبرگان پیرامون شاخص مناسب رشد و پیشرفت فناوری در حوزه افزایش راندمان ۲۸
- شکل ۱-۲- ارزیابی ماتریس جذابیت (مطلوبیت) و توانمندی (امکان‌پذیری) ۳۱
- شکل ۲-۲- ماتریس جذابیت - توانمندی (امکان‌پذیری) ۳۳

- شکل ۲-۳- تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی ۳۴
- شکل ۲-۴- فرآیند اجرایی اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۴۰
- شکل ۲-۵- نظرات خبرگان پیرامون معیار پالایش کننده در ارزیابی جذابیت فناوری‌های افزایش راندمان ۴۱
- شکل ۲-۶- مقادیر افزایش راندمان در سطوح مختلف بودجه براساس توالی انتخاب فناوری‌های اولویت‌بندی شده ۶۳

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- مشخصات خبرگان ۱۶
- جدول ۲-۱- جمع‌بندی ابعاد و گزینه‌های پیشنهادی در تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان ۱۶
- جدول ۳-۱- نام و مسئولیت افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه ۱۸
- جدول ۱-۲- فناوریها و میزان تأثیر آنها در افزایش راندمان ۴۲
- جدول ۲-۲- فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان برای نیروگاه‌های بخار موجود ۴۴
- جدول ۳-۲- فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان برای نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی موجود ۴۴
- جدول ۴-۲- فناوری‌های مندرج در مدل ۴۶
- جدول ۵-۲- مقادیر و اطلاعات ورودی مدل ۴۹
- جدول ۶-۲- میزان ظرفیت به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۵۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP ۵۱
- جدول ۷-۲- منافع حاصل از به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۵۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP ۵۳
- جدول ۸-۲- میزان ظرفیت به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۷۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP ۵۴
- جدول ۹-۲- منافع حاصل از به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۷۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP ۵۶
- جدول ۱۰-۲- توالی انتخاب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی طبق بودجه‌های مختلف ۶۰
- جدول ۱۱-۲- اولویت فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی ۶۴
- جدول ۱۲-۲- مقادیر مربوط به فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان از منظر بخش خصوصی ۶۵

جدول ۲-۱۳- فناوری‌های افزایش راندمان از منظر معیارهای مهم برای بخش خصوصی ۶۶

جدول ۲-۱۴- ارزیابی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی از حیث معیارهای اکتساب فناوری ۶۹

جدول ۲-۱۵- سبک اکتساب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی ۷۲

مقدمه

در این گزارش به موضوع ارکان جهت‌ساز توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها، شامل چشم‌انداز و اهداف کلان، اولویت‌ها و سبک اکتساب فناوری پرداخته شده است. در این راستا در فصل اول چشم‌انداز و اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور پس از بررسی مختصر ادبیات این حوزه، مورد بحث قرار گرفته و فرآیند تدوین آن‌ها تشریح خواهند شد، در فصل دوم نیز پس از ارائه ادبیات موضوع اولویت‌بندی فناوری و اکتساب فناوری، فرآیند مربوط به انتخاب و اکتساب فناوری‌های افزایش راندمان تشریح شده و خروجی آن نشان داده می‌شود.

در بحث چشم‌انداز و اهداف کلان با توجه به ادبیات موضوع مربوطه و گزینه‌های قابل تصور برای ابعاد مختلف بحث، بیانیه‌ای با محتوای کمی به عنوان چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها تدوین شد و براساس آن اهداف کلان مربوطه تعیین شده‌اند. بدیهی است که موارد فوق، ناظر بر مقادیر مطلوب راندمان نیروگاه‌ها در افق چشم‌انداز می‌باشند.

در بخش اولویت‌بندی و اکتساب فناوری نیز به منظور شناسایی اولویت‌های فناوری، مکانیسم مشخصی برای اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان از دو منظر ملی و بخش خصوصی طراحی شده است. به این منظور برای اعمال منظر ملی از روش برنامه‌ریزی خطی برای شناخت میزان بهینه به کارگیری فناوری‌ها در سطح نیروگاه‌های کشور استفاده شده و برای اعمال منظر بخش خصوصی، معیارهای مناسبی برای شناخت اولویت‌ها در نظر گرفته شده است. در پایان مبتنی بر معیارهای معینی، سبک اکتساب فناوری‌ها مشخص شده است.

چشم‌انداز و اهداف کلان

۱-۱- مقدمه

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

۱-۲- مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز

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

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

چشم‌انداز توسعه فناوری اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر توسعه فناوری را همواره هدفمند و جهت دار نماید و مانند چراغی در افق بلندمدت، فراروی کنش‌گران مختلف (دولت، صنعت، دانشگاه) قرار گیرد. آگاهی کامل سیاست‌گذاران به چشم‌انداز توسعه فناوری نیز می‌تواند آن‌ها را در اتخاذ تصمیمات کلیدی و سیاست‌های اثرگذار یاری دهد.

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

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

• مدل دیوید

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

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

• مدل پاتریک لوئیس

چشم‌انداز به سوال «چه چیزی می‌خواهیم ایجاد کنیم» پاسخ می‌دهد و یک تصویر ایده آل، واحد و جذاب از آینده ترسیم می‌نماید. چشم‌انداز تصویر جذابی از وعده‌هایی است که شور و اشتیاق و هیجان را در افراد و هنگام کار القا و الهام می‌کند. به زبان ساده چشم‌انداز مشترک، یک تصویر شفاف و مورد تأیید ذینفعان می‌باشد که آینده را مشخص می‌کند.

به منظور مشخص و روشن نمودن و نیز تعریف فردای جدید، چشم‌انداز ساختاری را که راهنمای تمام تصمیم‌گیری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و کارها باشد، فراهم می‌آورد. چشم‌انداز برای رسیدن به آینده‌ای که معمولاً کمی دورتر از دسترس می‌باشد، بر روی قوت‌های سازمانی و منابعی که باید توسعه بیابند تمرکز می‌کند. چشم‌انداز یک نیروی محرک است که باعث یک تلاش و جستجوی بی پایان برای موفقیت و برتری می‌شود. [۲]

• مدل آلیسون

در این مدل، چشم‌انداز تصویر راهنمای موفقیت است. بیانیه چشم‌انداز به سوال «موفقیت چگونه است و شبیه چیست؟» جواب می‌دهد. چشم‌انداز باید گروه‌ها را به مبارزه و چالش بطلبد تا قابلیت‌هایشان را گسترش دهند و به اهدافشان برسند.

آلیسون در فرآیندی که برای مدیریت راهبردی طراحی نموده است، جایگاهی مشابه با دیوید برای تدوین مأموریت و چشم‌انداز قائل شده‌اند. او معتقد است که پس از کسب آمادگی و حصول مقدمات اولیه برنامه‌ریزی، اولین گام در فرآیند اصلی تدوین استراتژی (بعنوان رکن جهت‌ساز) باید تدوین چشم‌انداز مطلوب و آرمان باشد.

از نظر وی، بیانیه چشم‌انداز مؤثر باید هم چشم‌انداز داخل و هم چشم‌انداز خارجی را در نظر بگیرد. چشم‌انداز خارجی بر روی اینکه اگر بنگاه به اهدافش برسد جهان چگونه بهبود می‌یابد، تغییر می‌کند و متفاوت می‌شود، تمرکز دارد. هنگامی که چشم‌انداز خارجی بیان نمود که بنگاه چگونه برنامه‌ای برای تغییر جهان دارد، چشم‌انداز داخلی تعیین می‌شود.

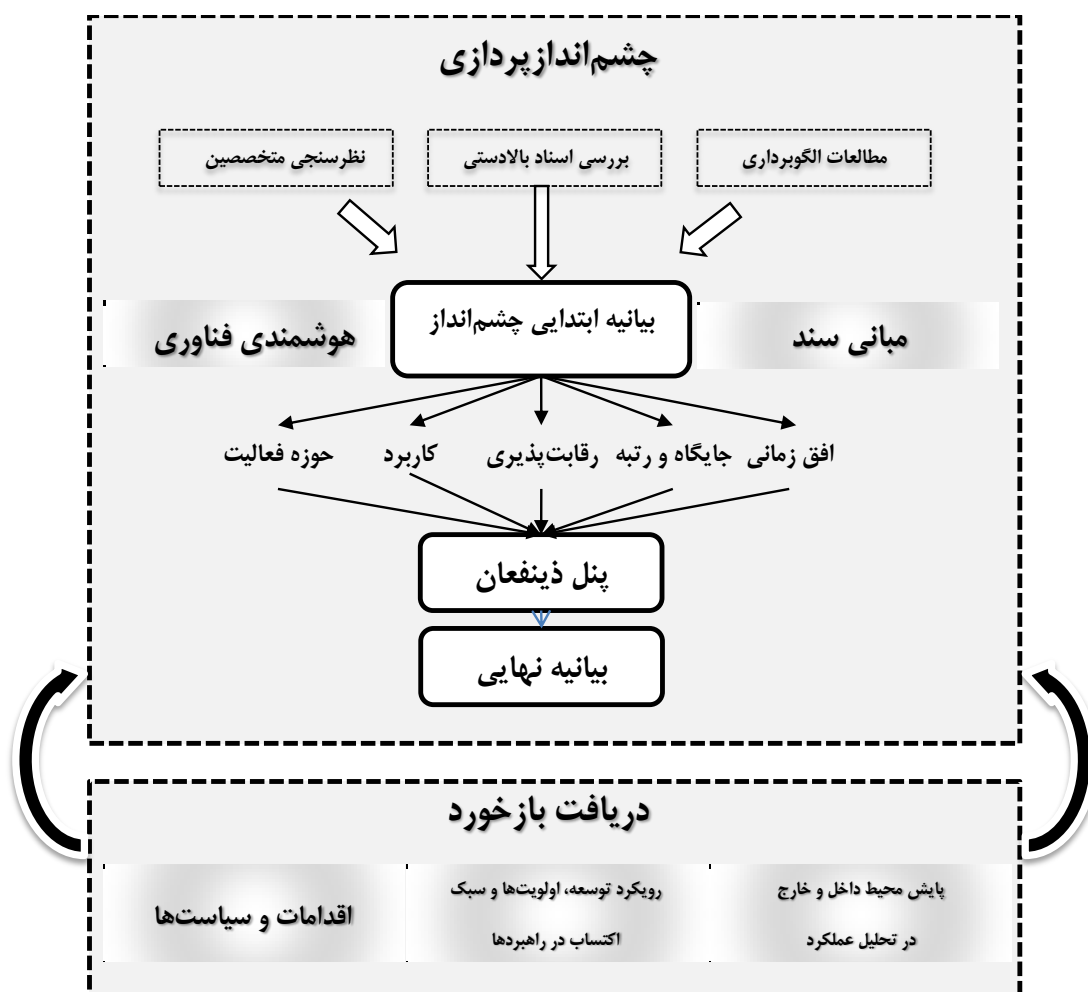
در این مدل پیش‌نویس بیانیه چشم‌انداز با ایده‌ها و نگرشی که از بحث‌ها و گفتگوها بیرون می‌آید و نیز احساس و بینش مشترکی که از مسیر (جهت) و انگیزه ایجاد می‌شود، آغاز می‌گردد. تمامی ذینفعان باید در طوفان فکری ابتدایی و نیز بعضی از گفتگوها حاضر باشند. [۳]

• مدل مک‌میلان

چشم‌انداز تصویر ذهنی قوی از آنچه که ما در آینده می‌خواهیم بشویم، می‌باشد. چشم‌انداز ریشه در واقعیت دارد، اما روی آینده تمرکز می‌نماید. تدوین چشم‌انداز، فرآیندی شامل روشن نمودن ارزش‌ها، تمرکز بر روی مأموریت و گسترش افق با استفاده از بیانیه چشم‌انداز است. تدوین چشم‌انداز، راه و روش‌های خلاقانه برای چالش‌های کسب و کار فراهم می‌آورد و جرقه ارزیابی و یادگیری پیوسته در سازمان را بوجود می‌آورد.

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

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



شکل ۲-۱- فرآیند تدوین چشم‌انداز

• تدوین اصول ارزشی

اصول ارزشی، اصول، باورها و ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، و فناورانه هستند که بر نوع نگاه به توسعه فناوری تأثیر می‌گذارد. در واقع این اصول به عنوان خط‌قرمزهایی هستند که از اعتقادات و باورهای کنش‌گران و ذینفعان توسعه فناوری

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

• جمع‌آوری ورودی‌های اولیه ترسیم چشم‌انداز

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

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

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

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

دادن به مؤلفه‌های چشم‌انداز نقش مهمی بر عهده دارد.

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

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

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

توجهی در ترسیم چشم‌انداز دارد.

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

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

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

• تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

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

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

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

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

توسعه فناوری در سطح ملی به شرح زیر است:

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

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

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

• دریافت بازخورد از سایر مراحل

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

۱-۳- روش تدوین اهداف کلان

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

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

^۱ Issue-based

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

• حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن [۴]

- ✓ منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)
- ✓ منظر مشتری (تعین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- ✓ منظر فرایندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم‌گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- ✓ منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان)

• حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون

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

• حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس

- ✓ بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- ✓ نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- ✓ بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- ✓ منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- ✓ منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- ✓ مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- ✓ منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور) [۲]

• حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی

✓ سودآوری

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

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

✓ پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)

✓ روابط کارکنان

✓ رهبری فناورانه

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

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

✓ قابل کاربرد بودن،

✓ قابل اندازه‌گیری بودن،

✓ در نظر داشتن محدودیت منابع،

✓ قابل دستیابی بودن،

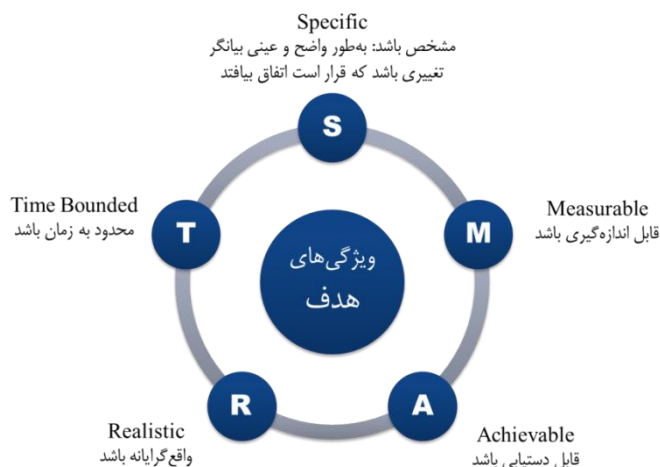
✓ مشخص بودن،

✓ قابلیت انعطاف داشتن،

✓ واقع‌گرایانه بودن،

✓ قابل قبول بودن، و

✓ و محدود به زمان بودن. [۲]



شکل ۲-۲- ویژگی‌های اهداف کلان

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

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

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

- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی

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

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی می‌باشند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته-

بندی تنها به‌منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه‌جانبه آن‌ها در هر مورد مطالعاتی به‌وجود نمی‌آورد. به‌طور کلی چهار حوزه زیر را می‌توان به‌عنوان ابعاد ضروری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری در سطح ملی در نظر داشت:

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

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

✓ مسئولیت اجتماعی: درنظرگیری مسایل زیست‌محیطی، بهبود سطح رفاه اجتماعی، بالابردن رشد اقتصادی، مشروعیت‌بخشی

✓ نوآوری: بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول و فرآیند

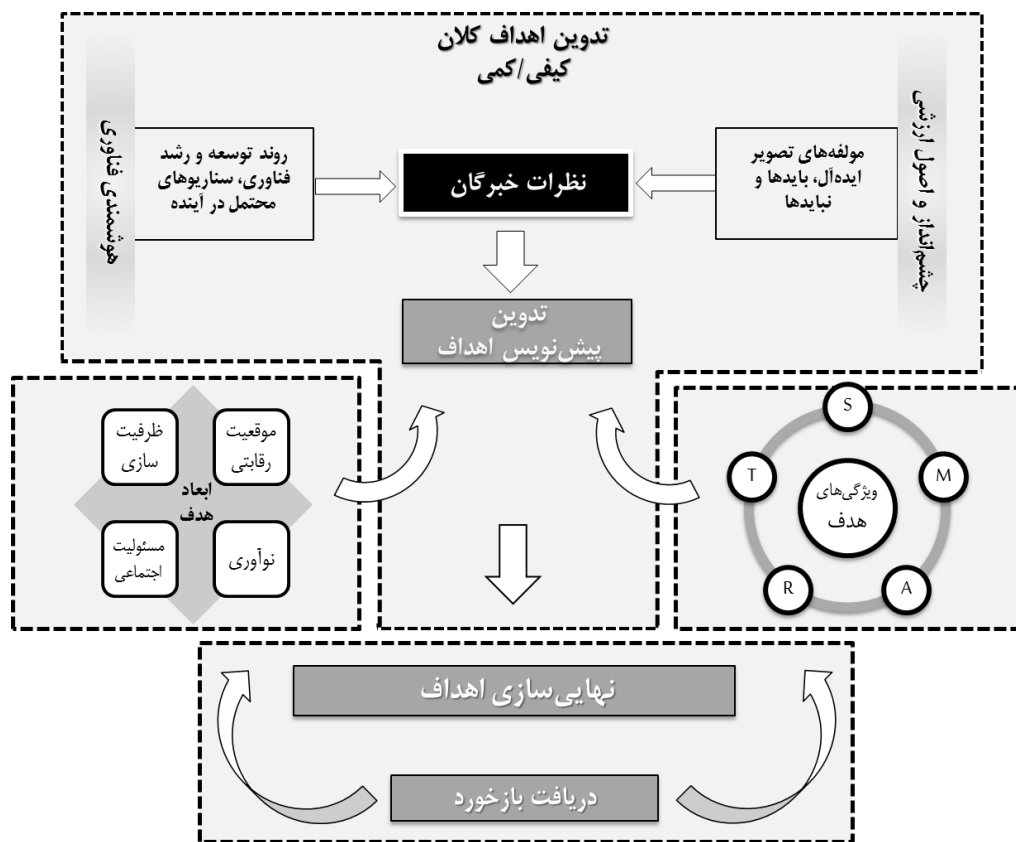
• تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان

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

• دریافت بازخورد

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

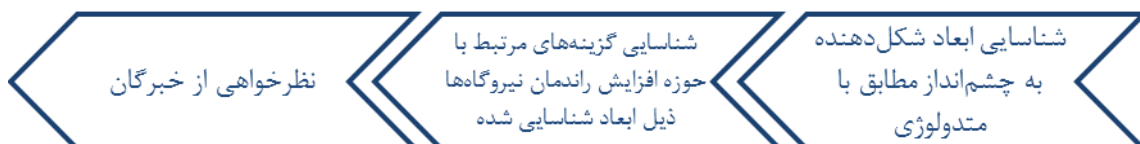
شکل زیر نمایش گرافیکی مراحل تدوین اهداف کلان را به‌طور خلاصه به‌نمایش می‌گذارد. [۲]



شکل ۲-۳- روش تدوین اهداف کلان

۴-۱- فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها

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



شکل ۲-۴- فرآیند کلی تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها

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

علاوه بر این موارد، نکته‌ای که حائز اهمیت است، نحوه بیان هدف چشم‌انداز افزایش راندمان می‌باشد که می‌تواند به صورت کمی (یک عدد معین برای هدف راندمان) یا کیفی (یک جایگاه و رتبه) بیان شود و می‌بایست پس از نظرخواهی از خبرگان مشخص شود. در ادامه به هر یک از ابعاد مرتبط با چشم‌انداز موضوع افزایش راندمان پرداخته می‌شود.

• افق زمانی چشم‌انداز

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

• حوزه کاربرد

همانطور که پیش از این در در بخش ابعاد موضوع و محدوده مطالعات اشاره شد، محدوده مطالعه در سطح ملی بوده و انواع نیروگاه‌های حرارتی کشور شامل گازی، بخاری و سیکل ترکیبی را شامل می‌گردد. نیروگاه‌های تجدیدپذیر شامل نیروگاه‌های برقی، خورشیدی، بادی و زمین گرمایی و نیز نیروگاه‌های هسته‌ای و دیزلی در این پروژه مورد توجه قرار نمی‌گیرند زیرا در پروژه‌های جداگانه‌ای مورد بررسی قرار خواهند گرفت. این مطالعه نیروگاه‌های جدید که در طی افق زمانی مورد مطالعه احداث خواهند گردید را دربر نمی‌گیرد. فناوری‌های نوین نیروگاهی در پروژه‌های مستقلی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

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

✓ کل نیروگاه‌های حرارتی کشور (کل نیروگاه‌های حرارتی متصل به شبکه برق)

✓ نیروگاه‌های حرارتی دولتی

✓ نیروگاه‌های حرارتی دولتی و خصوصی تحت نظارت وزارت نیرو

• جایگاه و رتبه

جایگاه و رتبه کشور در حوزه راندمان نیروگاه‌های حرارتی می‌تواند در قالب دو گزینه زیر مطرح گردد:

✓ در سطح قابل قبول نسبت به متوسط جهانی

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

همانطور که ذکر شد، این بُعد از چشم‌انداز برای موضوع افزایش راندمان در حالت بیان کیفی هدف چشم‌انداز و در شرایط خاصی معنادار است. این شرایط خاص از آن جهت است که مقایسه مقدار راندمان نیروگاه‌های حرارتی در سطح منطقه و یا جهان در شرایط برابر و قیاس پذیر، ناظر بر ملاحظاتمانند نوع سوخت مصرفی خواهد بود. از سوی دیگر در صورتی که هر یک از گزینه‌ها انتخاب شوند لازم است مجموعه دقیقی از آمار و اطلاعات نیروگاه‌های حرارتی به عنوان مبنایی برای مقایسه راندمان این نیروگاه‌ها تهیه شوند.

• اهداف ذکر شده در اسناد بالادستی

در دو مورد از اسناد بالادستی به طور مستقیم به هدفگذاری برای راندمان نیروگاه‌ها پرداخته شده است در قانون هدفمندی یارانه‌ها (مصوب ۸۸/۱۰/۲۳)، افزایش حداقل یک درصد در هر سال و تا پایان برنامه (سال ۱۳۹۳) راندمان متوسط کل نیروگاه‌های کشور معادل با ۴۵٪ در نظر گرفته شده است. همچنین در نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های کشور (مصوب ۸۸/۰۳/۰۴)، راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی کشور در افق برنامه پنجم توسعه کشور برابر با ۴۱ درصد در نظر گرفته شده است. در سایر اسناد نیز ضرورت افزایش راندمان نیروگاه‌ها و اولویت در تأمین نیاز مصرف از طریق نیروگاه‌های با راندمان بالاتر، مورد اشاره قرار گرفته‌اند.

• اصول ارزشی

استخراج اصول ارزشی بر پایه نظرات جمعی بوده و قالب و یا چارچوب واحدی را نمی‌توان برای آن‌ها ارائه داد. بسته به فناوری مورد مطالعه، ابعاد ارزش‌ها، متفاوت است (۵). در این راستا ارزش‌ها و علائق ملی قابل طرح در حوزه افزایش راندمان، با همکاری تیم فنی و مشاور به صورت زیر احصا شدند: صیانت از سرمایه‌های ملی، تعهد به آینده کشور، ارتقا سرمایه‌های انسانی و توسعه دانش بنیان، اهتمام به خودباوری، خلاقیت و نوآوری، تأمین نیازها، رضایت‌مندی و تکریم مشتریان. نظرات خبرگان (مطابق جدول ۱-۱) پیرامون این موارد طی جلسه‌ای مربوط به این موضوع، اخذ گردید و در مجموع از این میان متناسب‌ترین گزینه با موضوع افزایش راندمان نیروگاه‌ها، صیانت از سرمایه‌های ملی تشخیص داده شد.

جدول ۱-۲- مشخصات خبرگان

نام خبرگان	مسئولیت	نقش
مهندس غلامرضا مهرداد	مدیر کل دفتر پشتیبانی فنی تولید شرکت توانیر	مسئول، صاحب اختیار
مهندس سید محسن افتخاری	مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق شهید محمد منتظری	مسئول
مهندس فرید بشیری	مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق دماوند	مسئول
دکتر رامین حقیقی خوشخو	عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی	مشاور و مطلع
دکتر مجید صفار اول	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
مهندس مسعود سلطانی حسینی	پژوهشگاه نیرو	مشاور و مطلع

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

به طور کلی نتایج و مزایای حاصل از توسعه فناوری در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها ناظر بر مواردی چون تولید اقتصادی برق، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، اثر مثبت بر تراز تجاری انرژی، امنیت عرضه انرژی و افزایش استقلال انرژی می‌باشند.

• حوزه فعالیت

حوزه فعالیت و یا به عبارت دیگر سطح توانمندی مطلوب کشور در زمینه افزایش راندمان نیروگاهی شامل سطوح توانمندی مختلفی اعم از سطح به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان، به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان و بومی‌سازی حوزه‌های امکانپذیر، و بومی‌سازی کلیه فناوری‌های افزایش راندمان می‌باشد. در این جا منظور از بومی‌سازی حوزه‌های امکانپذیر، توسعه درونزای حوزه‌های فناوری دارای اولویتی است که کشور در افق برنامه امکان توسعه آن‌ها را دارد. در پایان می‌توان ابعاد فوق و گزینه‌های مربوطه را در قالب جدول زیر جمع‌بندی نمود.

جدول ۲-۲- جمع‌بندی ابعاد و گزینه‌های پیشنهادی در تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان

ابعاد مندرج در چشم‌انداز افزایش راندمان	گزینه‌های پیشنهادی
نحوه بیان هدف چشم‌انداز	✓ کمی
	✓ کیفی

ابعاد مندرج در چشم‌انداز افزایش راندمان	گزینه‌های پیشنهادی
افق برنامه‌ریزی	۱۴۰۴
حوزه‌ی کاربرد	<ul style="list-style-type: none"> ✓ کل نیروگاه‌های حرارتی کشور (کل نیروگاه‌های حرارتی متصل به شبکه برق) ✓ نیروگاه‌های حرارتی دولتی ✓ نیروگاه‌های حرارتی دولتی و خصوصی تحت نظارت وزارت نیرو
راندمان مطلوب در حالت بیان کمی	(مطابق با تحلیل سناریو، گزینه‌های مشخصی قابل تبیین خواهند بود)
جایگاه و رتبه‌ی در حالت بیان کیفی	<ul style="list-style-type: none"> ✓ در سطح قابل قبول نسبت به متوسط جهانی ✓ در سطح اول منطقه (محدوده مورد نظر سند چشم‌انداز)
اهداف ذکر شده در اسناد بالادستی	<ul style="list-style-type: none"> ✓ افزایش حداقل یک درصد در هر سال و تا پایان برنامه متوسط کل نیروگاه‌های کشور معادل با ۴۵٪ (قانون هدفمندی یارانه‌ها) ✓ پایان برنامه پنجم توسعه کشور، راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی کشور به ۴۱ درصد (نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های کشور)
ملاحظات اصول ارزشی	<ul style="list-style-type: none"> ✓ صیانت از سرمایه‌های ملی ✓ تعهد به آینده کشور ✓ ارتقا سرمایه‌های انسانی و توسعه دانش بنیان، ✓ اهتمام به خودباوری، خلاقیت و نوآوری، ✓ تأمین نیازها، رضایت‌مندی و تکریم مشتریان
نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه	<ul style="list-style-type: none"> ✓ تولید اقتصادی برق، ✓ کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، ✓ اثر مثبت بر تراز تجاری انرژی، ✓ امنیت عرضه انرژی، ✓ افزایش استقلال انرژی
حوزه فعالیت	<ul style="list-style-type: none"> ✓ به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان، ✓ به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان و بومی‌سازی حوزه‌های امکان‌پذیر، ✓ بومی‌سازی کلیه فناوری‌های افزایش راندمان

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

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

طبق راهنمای آژانس بین‌المللی انرژی^۱ ترکیب خبرگان می‌بایست شامل افراد مسئول، صاحب اختیار، مشاور و مطلع^۲، از دانشگاه، دولت و صنعت باشد [۹]. در نتیجه افراد منتخب برای پاسخگویی به پرسشنامه‌ی پروژه حاضر مطابق با جدول زیر می‌باشند.

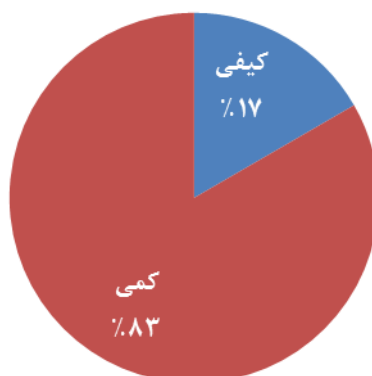
جدول ۲-۳- نام و مسئولیت افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه

نام خبرگان	مسئولیت	نقش
مهندس حبیب ا... بیطرف	وزیر اسبق نیرو و مشاور وزیر نیرو	مشاور و مطلع
مهندس غلامرضا مهرداد	مدیر کل دفتر پشتیبانی فنی تولید شرکت توانیر	مسئول، صاحب اختیار
مهندس سید محسن افتخاری	مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق شهید محمد منتظری	مسئول
مهندس فرید بشیری	مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق دماوند	مسئول
دکتر رامین حقیقی خوشخو	عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی	مشاور و مطلع
دکتر مجید صفار اول	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
مهندس مسعود سلطانی حسینی	پژوهشگاه نیرو	مشاور و مطلع

در ابتدا پرسش مربوط به نحوه بیان هدف چشم‌انداز راندمان طرح گردید که اکثریت نظرها متمرکز بر بیان کمی هدف چشم‌انداز بوده است.

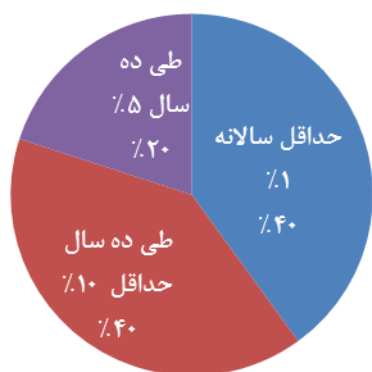
¹ International Energy Agency (IEA)

² Responsible, Authorised, Consulted, Informed (RACI)



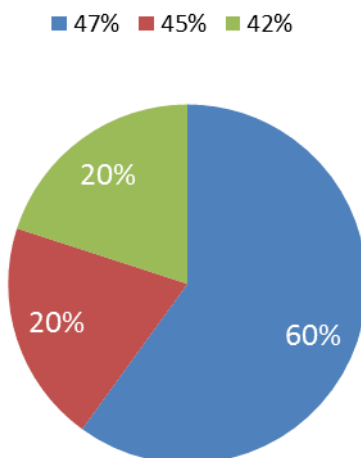
شکل ۲-۵- نظر خبرگان پیرامون نحوه بیان هدف چشم‌انداز

در گام بعد وضعیت مطلوب در حالت کمی مورد پرسش قرار گرفت که گزینه‌های رشد حداقل سالانه یک درصد و طی ده سال حداقل ۱۰ درصد اکثریت را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۲-۶- نظر خبرگان پیرامون وضعیت راندمان در حالات هدفگذاری کمی و یا کیفی

در صورت بیان کمی هدف چشم‌انداز، می‌توان به جای اظهار رشد راندمان، مقدار عددی راندمان مطلوب را نیز بیان نمود. همانطور که در شکل زیر مشخص شده است نظرات خبرگان بر راندمان ۴۷ درصد در افق چشم‌انداز، متمرکز بوده است که با لحاظ راندمان فعلی یعنی ۳۷ درصد به معنای رشد ده درصدی طی افق زمانی می‌باشد.

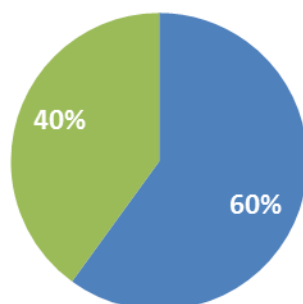


شکل ۲-۷- نظر خبرگان پیرامون مقدار عددی راندمان در حالت هدفگذاری کمی

لازم به ذکر است گزینه‌های مربوط به حالت کمی، با توجه به وضعیت کنونی راندمان نیروگاه‌ها و پس از بررسی اجمالی سناریوهای مختلف از حیث این که فناوری‌های افزایش راندمان در چه ظرفیتی از نیروگاه‌های کشور به کارگرفته شوند و با لحاظ هزینه‌های مربوطه و تاثیر فناوری در افزایش راندمان مشخص شده‌اند.

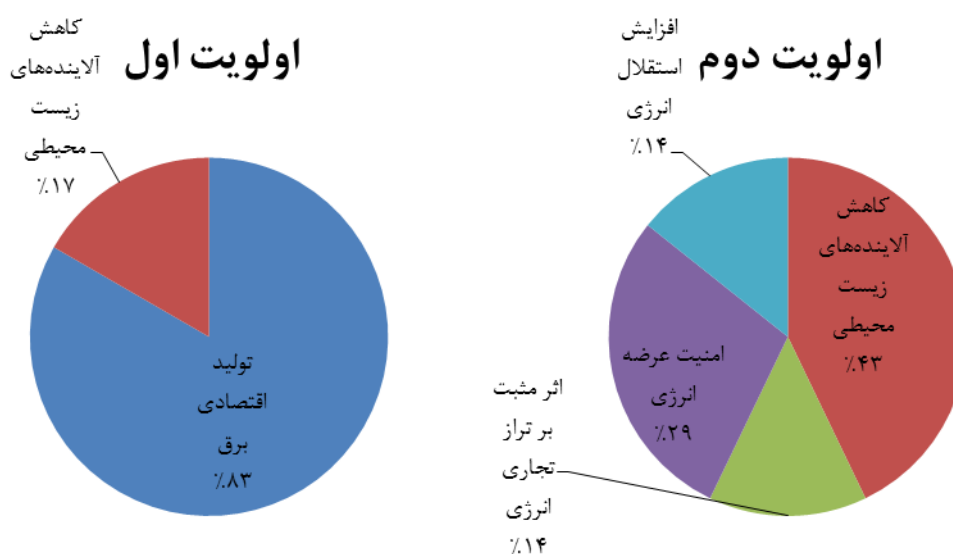
پرسش بعدی ناظر بر حوزه کاربرد می‌باشد که نظر خبرگان بر کل نیروگاه‌های حرارتی کشور بوده است.

- کل نیروگاه‌های حرارتی کشور (کل نیروگاه‌های حرارتی متصل به شبکه برق)
- نیروگاه‌های حرارتی دولتی
- نیروگاه‌های حرارتی دولتی و خصوصی تحت نظارت وزارت نیرو



شکل ۲-۸- نظر خبرگان پیرامون حوزه هدف‌گذاری چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها

نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه فناوری نیز در گام بعد مورد پرسش قرار گرفته است که با توجه به نمودار زیر تولید اقتصادی برق و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی به عنوان اولویت‌های اول و دوم مطرح شده‌اند.

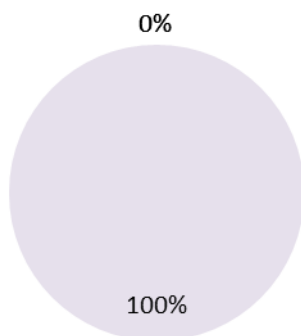


شکل ۲-۹- نظر خبرگان پیرامون نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه فناوری افزایش

راندمان نیروگاه‌ها

پرسش بعدی ناظر بر حوزه فعالیت و یا به عبارت دیگر سطح توانمندی مطلوب کشور در زمینه افزایش راندمان نیروگاهی می‌باشد، که همانطور که در تصویر زیر مشخص است گزینه دوم یعنی به کارگیری فناوری و بومی‌سازی حوزه‌های امکانپذیر مورد نظر اکثریت مطلق خبرگان می‌باشد.

- به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان
- به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان و بومی‌سازی حوزه‌های امکانپذیر
- بومی‌سازی فناوری‌های افزایش راندمان



شکل ۲-۱۰- نظر خبرگان پیرامون سطح توانمندی مطلوب کشور در زمینه افزایش راندمان نیروگاه‌ها

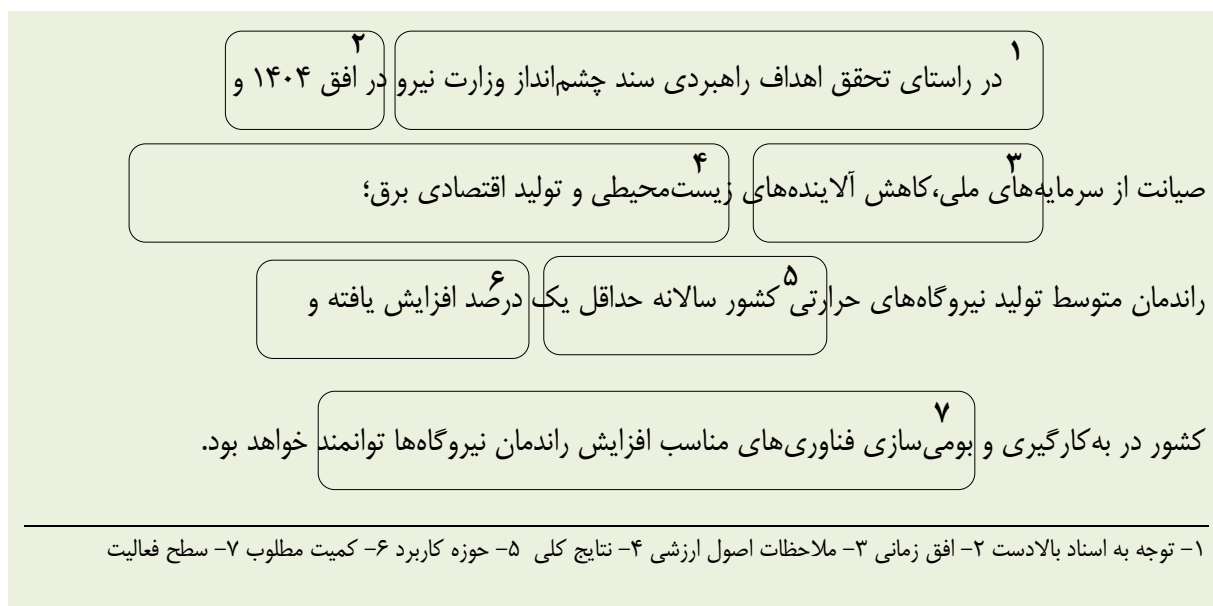
در پایان با توجه به نظرات خبرگان و ابعاد مختلف چشم‌انداز، بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور در افق ۱۴۰۴ در کمیته راهبری مربوطه تایید و نهایی شد. لازم به ذکر است نظرات نهایی اعضا در جلسه کمیته راهبری ملاک عمل قرار گرفته است و نتایج به دست آمده از تحلیل پرسشنامه تنها به منظور ملاحظه اولیه و ورودی تحلیل در جلسه، خدمت اعضا ارائه شده است. در این بین از میان گزینه‌های تعیین مستقیم راندمان مطلوب (اعداد ۴۲ درصد، ۴۵ درصد و ۴۶ درصد) و گزینه بیان درصد رشد، رشد سالیانه یک درصد مد نظر قرار گرفت. سرانجام بیانیه چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور به صورت زیر ارائه شد.

" در راستای تحقق اهداف راهبردی سند چشم‌انداز وزارت نیرو^۱ در افق ۱۴۰۴ و صیانت از سرمایه‌های ملی، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و تولید اقتصادی برق؛ راندمان متوسط تولید نیروگاه‌های حرارتی کشور سالانه حداقل یک درصد افزایش یافته و کشور در به‌کارگیری و بومی‌سازی فناوری‌های مناسب افزایش راندمان نیروگاه‌ها توانمند خواهد بود."

^۱ 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.

لازم به ذکر است عبارت بومی‌سازی فناوری در بیانیه چشم‌انداز شامل برخی از فناوری‌های اولویت‌دار می‌باشد و همه فناوری‌ها را در بر نخواهد گرفت. ضمن آنکه منظور توانمندی کشور در این فناوری‌ها در افق ۱۴۰۴ توانمندی بالفعل می‌باشد نه توانمندی بالقوه.

همانطور که پیش از این ذکر شد محدوده پروژه حاضر، ناظر بر نیروگاه‌های حرارتی موجود می‌باشد که در بخش اهداف کلان، راندمان مطلوب آن‌ها با عنایت به چشم‌انداز فوق تعیین خواهد شد. همچنین راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی که در این بخش مطرح شد در بخش اهداف کلان مطرح می‌شود. شکل زیر اجزا مختلف بیانیه چشم‌انداز را به تصویر می‌کشد.



شکل ۲-۱۱- نمایش ابعاد مختلف چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌ها

۱-۶- فرآیند تدوین اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌ها

با تأکید بر مؤلفه‌های موجود در بیانیه چشم‌انداز، و با در نظر داشتن اصول ارزشی می‌توان اهداف کلان را تدوین نمود. به عبارت دیگر اهداف کلان، ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند. با توجه به مطالب فصل پیشین چهار حوزه زیر را می‌توان به‌عنوان ابعاد ضروری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری در سطح ملی در نظر داشت:

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

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

فناوری

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

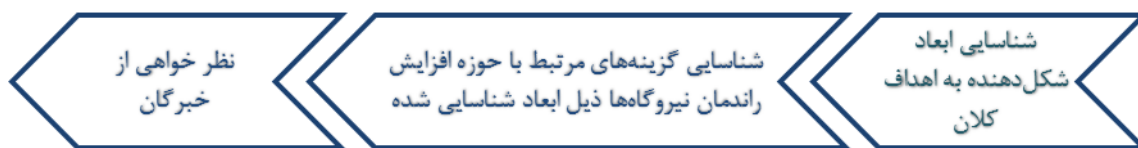
مشروعیت‌بخشی

• نوآوری: بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول و فرآیند

با توجه به ویژگی‌های پروژه و چشم‌انداز این حوزه که ناظر بر عدم تمرکز بر جنبه‌های رقابتی می‌باشد بعد اول به موقعیت عملکردی (به جای موقعیت رقابتی) تغییر یافت و اهداف اولیه‌ای مبتنی بر ارقام مطلوب راندمان با توجه به نظرات تیم مجری مطرح شده و بر این اساس پرسشنامه‌ای جهت نظرسنجی از خبرگان تهیه شد. در این بعد مهم‌ترین اهدافی که نیازمند نظرخواهی از خبرگان می‌باشند ناظر بر تبیین راندمان انواع نیروگاه‌های حرارتی اعم از گازی، بخاری و سیکل ترکیبی در افق چشم‌انداز می‌باشند. به عبارت دیگر با توجه به این که اهداف کلان ترجمان چشم‌انداز در قالبی جزئی‌تر می‌باشند، راندمان مطلوب بیان شده برای نیروگاه‌های حرارتی در چشم‌انداز می‌بایست به صورت کلی و مجزا برای انواع نیروگاه‌های حرارتی اعم از گازی، بخاری و سیکل ترکیبی مشخص شود.

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

با توجه به چشم‌انداز تدوین شده که ناظر بر به کارگیری و بومی‌سازی فناوری‌های افزایش راندمان می‌باشد و در نتیجه مفهوم نوآوری در آن، در معنای رادیکال آن نیست، بُعد ارتقاء توان نوآوری از حیث تعریف اهداف کلان دارای مشابهت با بُعد ظرفیت‌سازی برای رشد فناوری در این حوزه بوده و بر این اساس در پرسشنامه مورد بحث واقع نخواهد شد. فرآیند تدوین اهداف کلان در پروژه حاضر به صورت زیر نشان داده شده است.

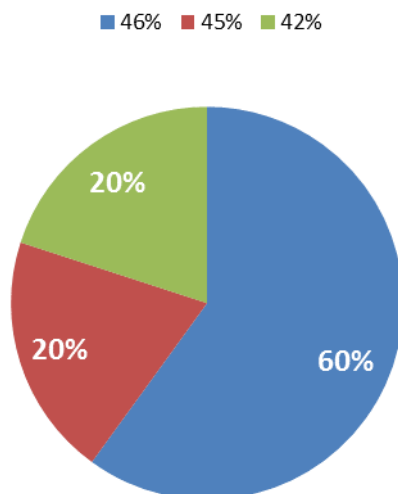


شکل ۲-۱۲- فرآیند کلی تدوین اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌ها

تدوین اهداف کلان براساس فرآیند نشان داده شده در شکل ۱-۳ (صفحه ۱۳)، مستلزم لحاظ آینده‌پژوهی فناوری نیز می‌باشد که محتوای مربوط به آن در حوزه افزایش راندمان در گزارشات پیشین مورد بحث قرار گرفته بود و فناوری‌های مشخصی در این زمینه معرفی شده بودند، اما به دو دلیل مطالب مربوط به آینده‌پژوهی، ورودی ویژه‌ای برای فرآیند تدوین اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌ها نداشته‌اند؛ دلیل اول این که حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها طیف متنوعی از فناوری‌ها را در بر می‌گیرد و در نتیجه شناسایی یک روند مشخص و یکپارچه تحت عنوان روند آتی فناوری افزایش راندمان نیروگاه‌ها، برای آن امکانپذیر نمی‌باشد چه آنکه فناوری‌های متعددی برای تحقق این منظور وجود دارند. بنابراین موضوعی تحت عنوان روند آتی فناوری در تدوین اهداف کلان مدخلیت ندارد. دلیل دوم این که احتمال تجاری‌سازی فناوری‌های شناسایی شده در بخش آینده‌پژوهی، طبق نظر کمیته راهبری، در افق برنامه‌ریزی مورد نظر (افق ده ساله) بسیار پایین می‌باشد. در نتیجه نمی‌توان برای تحقق اهداف افزایش راندمان نیروگاه‌ها در افق زمانی مذکور، مبادرت به تعیین اهدافی از جنس توسعه این فناوری‌ها نمود.

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

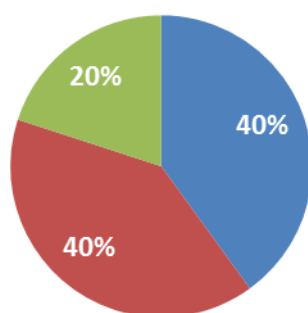
پس از تهیه پرسشنامه مربوط به اهداف کلان (پیوست ۱)، که شامل پرسش‌های مربوط به راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی و راندمان نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی موجود به عنوان اهداف کلان، می‌باشد، نظرات خبرگان (شامل افراد معرفی شده در جدول ۱-۳) در ارتباط با آن‌ها، جمع‌آوری گردیده و نتایج حاصل از تحلیل آن‌ها در نمودارهای زیر ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است نمودارهای ذیل تنها نشان دهنده وضعیت آماری و فراوانی رای دهندگان به گزینه‌های مختلف است و مبنای تصمیم‌گیری، جمع‌بندی نهایی کمیته راهبری بر پایه این تحلیل‌ها خواهد بود.



شکل ۲-۱۳- نظر خبرگان پیرامون متوسط راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی در افق چشم‌انداز

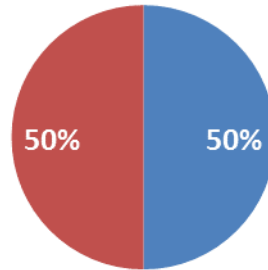
راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی در افق چشم‌انداز، به عنوان هدف اول، بیان دیگری از چشم‌انداز است که در اهداف کلان نیز مورد تاکید مجدد قرار گرفته است.

■ 40% ■ 39% ■ 38%



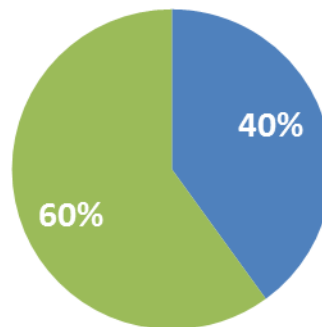
شکل ۲-۱۴- نظر خبرگان پیرامون راندمان نیروگاه‌های بخاری موجود در افق چشم‌انداز

■ 36% ■ 35% ■ 34%



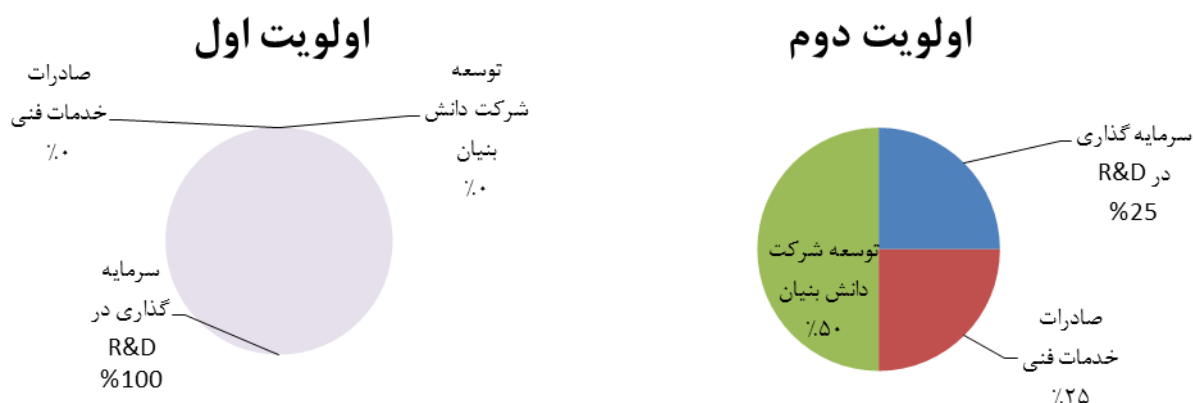
شکل ۲-۱۵- نظر خبرگان پیرامون راندمان نیروگاه‌های گازی موجود در افق چشم‌انداز

■ 52% ■ 51% ■ 50%



شکل ۲-۱۶- نظر خبرگان پیرامون راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی موجود در افق چشم‌انداز

پرسش بعدی ناظر بر اهداف مربوط به بعد ظرفیت‌سازی برای رشد فناوری می‌باشد. به بیان دیگر می‌بایست مشخص شود که به منظور توانمند شدن در به کارگیری و بومی‌سازی فناوری (مندرج در چشم‌انداز) چه شاخصی نمایانگر رشد و پیشرفت فناوری در این حوزه می‌باشد، که طبق نظرات خبرگان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه به عنوان اولویت اول و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان به عنوان اولویت دوم مطرح شده‌اند.



شکل ۲-۱۷- نظر خبرگان پیرامون شاخص مناسب رشد و پیشرفت فناوری در حوزه افزایش راندمان

در پایان اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در افق زمانی ۱۴۰۴، که مورد موافقت کمیته راهبردی قرار گرفتند، عبارتند از:

- راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی در افق ۱۴۰۴ حداقل ۴۶ درصد می‌باشد.
- ✓ با توجه به هدف فوق، راندمان مورد هدف برای نیروگاه‌های حرارتی موجود در افق ۱۴۰۴، ۴۴ درصد می‌باشد.
- راندمان نیروگاه‌های بخاری موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۳۹ درصد می‌باشد.
- راندمان نیروگاه‌های گازی موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۳۵ درصد می‌باشد.
- راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۵۰ درصد می‌باشد.
- تحقق توانمندی فناورانه در به‌کارگیری و بومی‌سازی فناوری‌های حوزه افزایش راندمان با تاکید بر موارد زیر:
 - ✓ تخصیص بودجه تحقیقاتی مشخص سالیانه برای سرمایه‌گذاری در حوزه تحقیق و توسعه برای فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها
 - ✓ توسعه شرکت‌های دانش بنیان در حوزه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور

۱-۸- جمع بندی

در این فصل پس از مرور مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان، براساس بررسی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان صنعتی و دانشگاهی، چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور تدوین و پیشنهاد گردید راندمان متوسط تولید نیروگاه‌های حرارتی کشور سالانه حداقل یک درصد افزایش یابد. اهداف کلان متناسب با این چشم‌انداز تدوین شده و در قالب مقادیر راندمان مورد هدف، به تفکیک نیروگاه‌ها بیان شدند.

فصل ۲- انتخاب، اولویت‌بندی و اکتساب فناوری

۲-۱- مقدمه

در این فصل پس از بیان مفاهیم و روش انتخاب و اکتساب فناوری، فرآیند انتخاب فناوری‌های حوزه افزایش راندمان تشریح شده و اولویت‌های فناوری مشخص خواهند شد. پس از آن روش اکتساب فناوری‌های منتخب تشریح خواهند گردید. لازم به ذکر است مکانیسم انتخاب فناوری‌ها در این حوزه مبتنی بر فرآیند خاصی است که با توجه به اقتضات این پروژه تدوین شده است، این اقتضات ناشی از لزوم ارتباط اولویت‌های فناوری با اهداف تعیین شده در این حوزه ناشی می‌گردند.

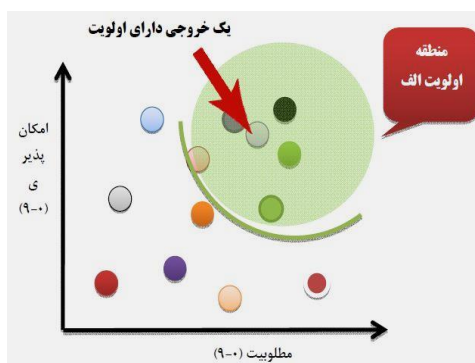
۲-۲- مفاهیم و روش اولویت‌بندی فناوری

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

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

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

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



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

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

• اشتغال‌زایی

• ایجاد بازار برای مواد خام

¹ Bi-dimensional matrix of attractiveness-capability

- پتانسیل برای صادرات
- غرور ملی
- جلوگیری از خروج ارز
- صرفه‌جویی در هزینه‌های نیروی کار

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

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

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

✓ سطح ۲: (تطبیق) توسعه یا تولید نسبتاً پیچیده‌ای با همکاری گسترده خارجی، احتمالاً از طریق کسب لیسانس انجام می‌شود. ممکن است فعالیت‌هایی برای وفق دادن فناوری با شرایط داخلی صورت گیرد.

✓ سطح ۳: (درحال ترقی دادن^۱) شرکت‌های محلی فعالانه درگیر ترقی دادن برخی از مراحل توسعه (لزوماً نه تمامی مراحل) فناوری نسبتاً جدید هستند. به عنوان مثال ممکن است تحقیقات پایه و طراحی

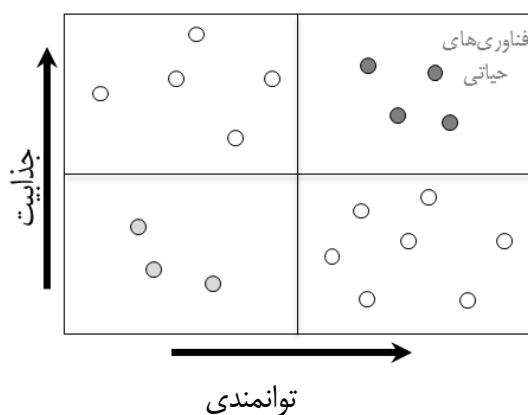
¹ Use

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

✓ سطح ۴: (جامع) تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، طراحی و توسعه، نوآوری در فرایند و تولید نهایی در داخل کشور انجام می‌شود. فناوری‌ها و خدمات حامی اغلب در داخل کشور هستند. در این حالت کشور کاملاً قادر به انجام کلیه مراحل است ولی ممکن است بنابه دلایل اقتصادی یا سیاسی نتایج مرحله‌ای از توسعه را از کشور دیگری کسب نماید.

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

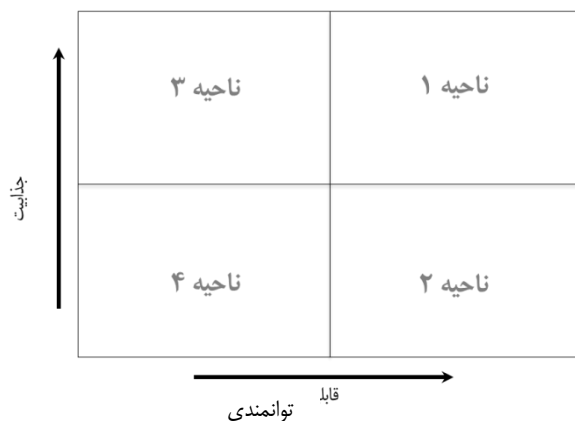
در نهایت پس از ارزیابی جذابیت و ارزیابی توانمندی در فناوری‌های شناسایی شده، ماتریسی مطابق با شکل زیر تدوین شده و تحلیل‌های مربوطه براساس آن انجام می‌گیرد.



شکل ۲-۲- ماتریس جذابیت- توانمندی (امکان‌پذیری)

در این ماتریس، نحوه و موقعیت ترسیم خطوط متقاطع، بسته به موضوع مورد مطالعه متفاوت بوده و بستگی به موقعیت مکانی فناوری‌های مختلف در ماتریس دارد. پس از تقسیم‌بندی نواحی ماتریس، چهار ناحیه ۱، ۲، ۳، و ۴ ایجاد می‌شود. هر ناحیه

تصمیمات راهبردی متفاوتی را نسبت به فناوری‌ها و زیرفناوری‌های قرار گرفته در آن اعمال می‌نماید. معمولاً ترتیب اولویت-دهی حوزه‌های فناورانه در این ماتریس به ترتیب نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴ است.



شکل ۲-۳- تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی

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

- ناحیه ۱ در بردارنده حوزه‌هایی است که امکان ساخت با طراحی بومی (به صورت جزئی یا کامل) آنها در ۵ سال آینده وجود دارد و از جذابیت بالایی برخوردار هستند. در این زمینه دولت بایستی حمایت‌های لازم را در توسعه حوزه‌های فناورانه به عمل بیاورد.
- ناحیه ۲ شامل حوزه‌هایی از فناوری است که در ظرف ۵ سال آینده قابلیت ساخت آنها در کشور می‌تواند فراهم شود، اما جذابیت آنها پایین است. در این رابطه، لزومی به حمایت دولت در توسعه این بخش‌ها نیست و با فراهم آمدن توانمندی، توسعه این حوزه‌ها نیز به وقوع می‌پیوندد.
- ناحیه ۳ مشتمل بر حوزه‌هایی می‌شود که اگر چه جذابیت بالایی دارند اما تا ۵ سال آینده امکان ساخت بومی آنها در کشور ایجاد نخواهد شد. در این حوزه‌ها، دولت باید با پیروی هوشمندانه، به دنبال کردن پیشروان فناوری پرداخته تا در آینده دور، امکان تولید بومی آنها نیز محقق شود.
- ناحیه ۴ نیز بخش‌هایی را در بر دارد که نه جذابیت بالایی دارند و نه امکان ساخت آنها ظرف ۵ سال آینده ایجاد شدنی است. این حوزه‌ها از حیطه‌ی تمرکز خارج هستند.

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

۲-۳- مفاهیم اکتساب فناوری

در هر یک از حوزه‌های فناورانه اولویت‌بندی شده، یکی از سه سبک تحقیق و توسعه داخلی، همکاری فناورانه و خرید فناورانه برای توسعه فناوری انتخاب می‌گردد. تحقیق و توسعه داخلی متکی بر روش‌های آزمایشات و تحقیقات پایه‌ای می‌باشد. اما سبک‌های همکاری فناورانه و خرید فناورانه مفهومی است که می‌تواند از روش‌های مختلف به انجام برسد. چهارده روش مختلف برای این حوزه وجود دارند که عبارتند از: (۱)

- تملک شرکتی^۱: بنگاهی یک بنگاه دیگر را به تملک خود در می‌آورد تا بتواند به فناوری یا شایستگی فناورانه مورد نظر دست یابد.
- تملک آموزشی^۲: بنگاهی جهت اکتساب فناوری، متخصصین مربوطه را استخدام و یا شرکت کوچک دیگر را به منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی‌های فناورانه و یا شایستگی‌های مدیریتی خریداری می‌کند.
- ادغام^۳: در این روش بنگاه با بنگاهی دیگری که دارای فناوری و یا شایستگی فناورانه مورد نظر می‌باشد ادغام شده و بنگاه جدیدی از ادغام این دو مورد به وجود می‌آید.
- خرید حق امتیاز^۴: شرکت امتیاز تولید فناوری خاصی را به دست می‌آورد.
- مشارکت با سهام^۵: در این روش شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای فناوری یا شایستگی فناورانه بوده می‌خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.

1 Acquisition

2 Educational Acquisition

3 Merger

4 Licensing

5 Minority Equity

- سرمایه‌گذاری مشترک^۱: شرکت‌ها از طریق سهام، سرمایه‌گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سومی به وجود می‌آید و هدف مشخص نوآوری فناوری دنبال می‌شود.
- تحقیق و توسعه مشترک^۲: یک شرکت با شرکت‌های دیگر توافق می‌کند که مشترکاً روی یک فناوری و یا حوزه فناورانه فعالیت نمایند و هیچ‌گونه شراکتی در مالکیت به وجود نمی‌آید.
- قرارداد تحقیق و توسعه^۳: شرکت می‌پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت‌های نوآور کوچک در زمینه فناوری مشخص تحقیق نموده و هزینه‌های آن‌را بپردازد.
- سرمایه‌گذاری در تحقیقات^۴: شرکت در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت‌های کوچک نوآور سرمایه‌گذاری نموده و فرصت‌ها و ایده‌ها را دنبال می‌نماید.
- اتحاد^۵: شرکت منابع فناورانه را با شرکت‌های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری فناورانه را تعقیب می‌کند.
- کنسرسیوم^۶: چندین مؤسسه و شرکت مشترکاً تلاش می‌کنند به هدف کلی نوآوری فناورانه نایل شوند.
- ایجاد شبکه^۷: شرکت شبکه‌ای از روابط را برقرار می‌سازد تا در همراهی با شتاب نوآوری فناورانه قرار داشته و فرصت‌ها و روندهای تکاملی را دنبال نماید.
- برون‌سپاری^۸: بنگاه فعالیت‌های فناورانه را از خود خارج نموده و صرفاً به خرید محصول فناوری اکتفا می‌کند.
- خرید خدمات مشاوره‌ای: شرکت در راستای توسعه فناوری فعالیت نموده و در این مسیر از خدمات مشاوره‌ای یک شرکت دارنده فناوری استفاده می‌نماید.

1 Joint Venture

2 Joint R&D

3 R&D Contract

4 Research Funding

5 Alliance

6 Consortium

7 Networking

8 Outsourcing

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

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

۲-۴- انتخاب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

پس از شناخت چشم‌انداز و اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌ها، لازم است راهبردهای توسعه فناوری مرتبط با آن‌ها مشخص شوند. به این منظور در گام اول می‌بایست اولویت‌های فناوری معین شده و در گام بعد نحوه اکتساب آن‌ها مشخص شوند.

همانطور که در بخش ۲-۲، بیان شد اولویت‌بندی فناوری مبتنی بر معیارهای مشخصی است که در دو بعد جذابیت و توانمندی قرار می‌گیرند. در پروژه حاضر ارزیابی جذابیت فناوری‌ها طی فرآیند ویژه‌ای انجام شده است و ارزیابی توانمندی به مرحله تعیین سبک اکتساب فناوری انتقال یافته و در آن بخش لحاظ خواهد گردید. به عبارت دیگر ابتدا فناوری‌های جذاب شناسایی شده و به ترتیب اولویت، معرفی می‌گردند، سپس برای تعیین سبک اکتساب آن‌ها، فاکتور توانمندی تحت عنوان شکاف فناوری در کنار دیگر فاکتورها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نتیجه در مرحله اولویت‌بندی فناوری، تحلیل توانان جذابیت و توانمندی از طریق ماتریس مربوطه صورت نخواهد گرفت و پس از اولویت‌بندی فناوری‌ها از طریق ارزیابی جذابیت، در مرحله تعیین سبک اکتساب فناوری، ارزیابی توانمندی انجام خواهد شد.

این امر بدان جهت صورت می‌پذیرد که در این پروژه، هدف دستیابی به چشم‌انداز و اهداف تعیین شده در مرحله قبل می‌باشد، و برای دست‌یافتن به آن می‌بایست فناوری‌های جذاب انتخاب شده و بکارگرفته شوند و حتی اگر توانمندی کشور در آن فناوری‌های جذاب پایین باشد. در حقیقت بحث توانمندی در مورد فناوری بیشتر به مکانیزم و سبک اکتساب فناوری مرتبط می‌باشد و در صورت عدم توانمندی کشور در فناوری، می‌بایست برای نیل به اهداف تعیین شده، فناوری از منابع خارج از کشور

تأمین شود. حال ممکن است در صورتی که از تحلیل توأمان جذابیت و توانمندی استفاده شود، فناوری‌های جذاب اما با توانمندی پایین انتخاب نشده و این امر موجب عدم دستیابی به اهداف تعیین شده شود.

در حقیقت با توجه به لزوم همسویی راهبردها با اهداف کلان و با لحاظ اهداف ذکر شده در بخش قبل برای حوزه افزایش راندمان، می‌بایست اقدام به طراحی راهبردهایی نمود که مقدار مورد هدف راندمان نیروگاه‌ها (۴۴٪) را در افق برنامه‌ریزی محقق نمایند. به طوری که پس از اجرای راهبردها، راندمان به دست آمده در سطح نیروگاه‌ها، مقدار راندمان ذکر شده در بخش اهداف کلان را پوشش داده باشد. در این راستا به منظور دستیابی به مقادیر مورد هدف راندمان می‌بایست ظرفیت بهینه و اقتصادی به کارگیری فناوری‌ها در ناوگان نیروگاهی، مشخص شوند تا معلوم گردد با چه میزانی از پیاده‌سازی آن‌ها در سطح نیروگاه‌ها، هدف مورد نظر پوشش داده خواهد شد. در نتیجه اولویت‌بندی، می‌بایست با توجه به حداقل راندمان مندرج در اهداف کلان، ظرفیت به کارگیری فناوری‌ها در سطح نیروگاه‌ها، محدودیت بودجه کشور و ... و با توجه به اهداف کلان این حوزه از قبیل کمینه‌سازی قیمت تمام شده برق، کاهش مصرف سوخت نیروگاه‌ها، کاهش آلاینده‌گی و ... انجام شود که این امر با توجه به ماهیت صورت مسئله از مدلسازی برنامه‌ریزی خطی انجام خواهد شد.

فرآیند فوق، فناوری‌های اولویت‌دار از منظر ملی را مشخص خواهد نمود و معیارهای مورد علاقه بخش خصوصی را مدنظر قرار نمی‌دهد. اما با توجه به خصوصی بودن بخش قابل توجهی از نیروگاه‌ها، لازم است فناوری‌های جذاب برای این بخش نیز شناسایی شوند تا دستیابی به اهداف تسهیل گردد. در نتیجه اولویت‌بندی فناوری از منظر معیارهای مورد توجه بخش خصوصی نیز مدنظر قرار گرفته است که این امر به سیاست‌گذاران در جهت تسهیل تحقق اهداف افزایش راندمان با لحاظ نقش بخش خصوصی، یاری می‌رساند.

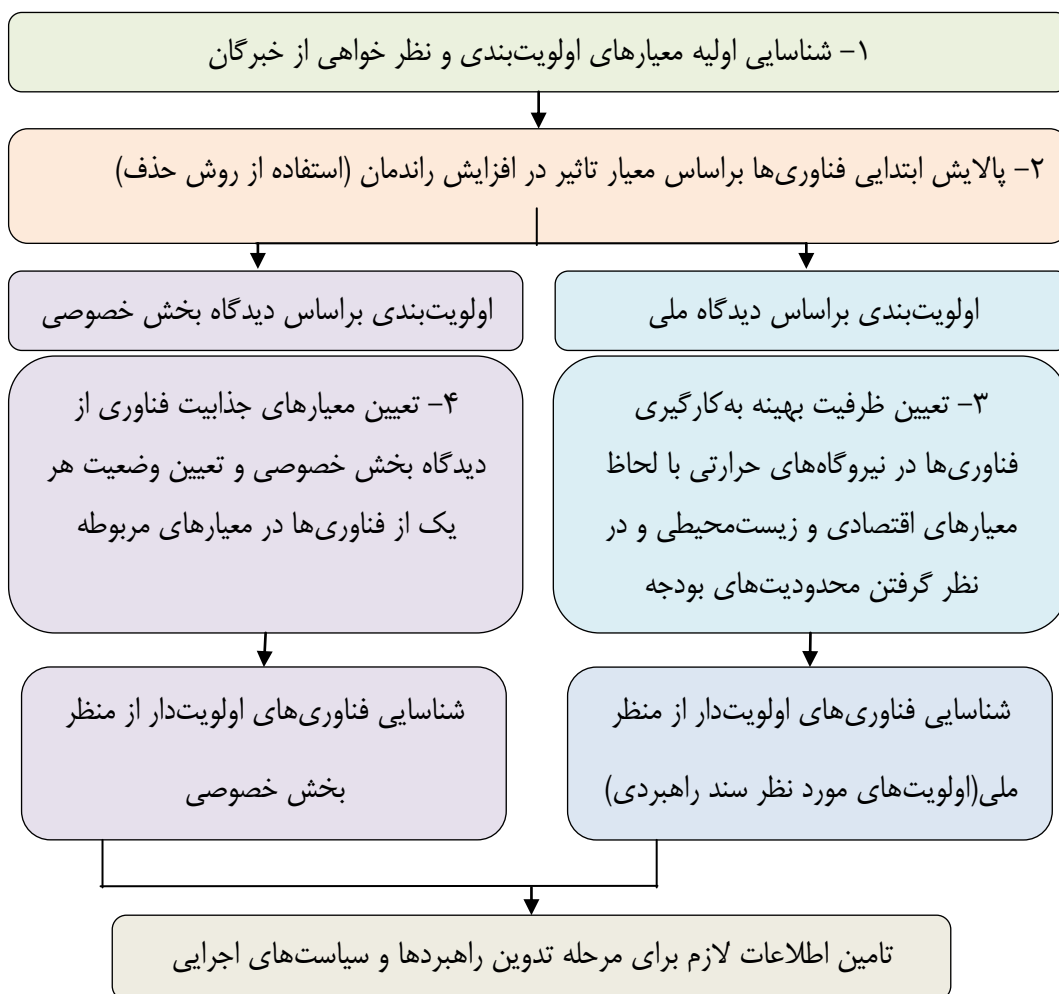
به هر حال با وجود تحلیل مضاعفی که در این زمینه صورت می‌گیرد، طبیعی است که اولویت‌های فناوری مورد نظر این سند راهبردی، همان فناوری‌های اولویت‌دار از منظر ملی، خواهند بود و بررسی اولویت‌های فناوری بخش خصوصی تنها با هدف ارزیابی و امکان‌سنجی نقش بخش خصوصی در تحقق اهداف، صورت پذیرفته است.

۲-۵- فرآیند انتخاب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

فرآیند انتخاب و اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان با شناسایی اولیه مجموعه‌ای از معیارهای جذابیت فناوری آغاز می‌شود. در این مرحله مجموعه‌ای از معیارهای فنی و اقتصادی با توجه به نظرات تیم مجری شناسایی و برای نظرخواهی از خبرگان آماده شدند.

همچنین مبتنی بر یک مورد از مهم‌ترین معیارها مطابق با نظر خبرگان، یک پالایش ابتدایی از فناوری‌های شناسایی شده انجام می‌شود (روش حذفی_ استفاده از معیار غیر جبرانی). این کار به دلیل کاهش صعوبت اولویت‌بندی فناوری که ناشی از گستردگی و کثرت فناوری‌های شناسایی شده می‌باشد، صورت می‌پذیرد.

پس از پالایش و غربالگری ابتدایی فناوری‌ها، در گام بعد شناسایی اولویت‌های فناوری براساس دو دیدگاه ملی و خصوصی پی گرفته می‌شود. به عبارت دیگر فناوری‌های جذاب از دیدگاه ملی براساس معیارها و مکانیسمی متفاوت از بخش خصوصی تعیین می‌گردد. به این منظور در بخش دیدگاه ملی، براساس اهداف کلان تعیین شده در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی و براساس یک مدل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی، میزان به‌کارگیری این فناوری‌ها با لحاظ پارامترهای اقتصادی و در سناریوهای مختلف بودجه‌ای تعیین می‌شوند. بدیهی است که اگر میزان به‌کارگیری یک فناوری، در سطح بودجه‌ای معین، صفر شود، آن فناوری کمترین جذابیت را در آن سطح از بودجه خواهد داشت. از دیدگاه خصوصی نیز معیارهای متفاوتی در نظر گرفته شده و فناوری‌های جذاب شناسایی می‌گردند. شکل زیر نشان‌دهنده فرآیند فوق می‌باشد.



شکل ۲-۴- فرآیند اجرایی اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

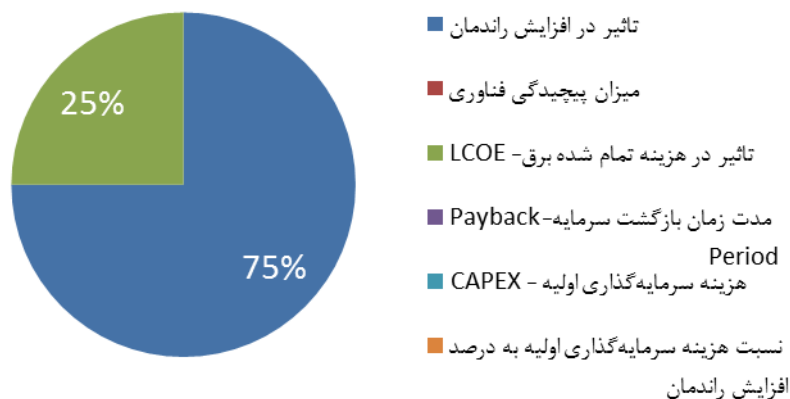
لازم به ذکر است این اولویت‌بندی با توجه به سهم ارتقاء راندمان نیروگاه‌های موجود از میزان افزایش مورد هدف در چشم‌انداز، انجام می‌شود و سهم نیروگاه‌های جدید از راندمان هدف، تفکیک شده است. به عبارت دیگر هدف، شناسایی اولویت‌های فناوری برای افزایش راندمان نیروگاه‌های موجود است، که مقدار آن برابر با ۴۴ درصد در نظر گرفته شده است.

۲-۶- شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار افزایش راندمان نیروگاه‌ها

مطابق با فرآیند تشریح شده در شکل ۲-۴، در گام اول می‌بایست معیارهای اولویت‌بندی شناسایی شوند، این معیارها که شامل مجموعه‌ای از معیارهای فنی و اقتصادی می‌باشند، براساس مطالعات انجام شده و با توجه به نظرات تیم مجری به طور اولیه شناسایی و در قالب پرسشنامه‌ای (پیوست ۲) برای نظرخواهی از خبرگان (مطابق جدول ۱-۱) آماده شدند. این معیارها عبارتند

- تاثیر در افزایش راندمان
- میزان پیچیدگی فناوری
- تاثیر در هزینه تمام شده برق (LCOE)
- مدت زمان بازگشت سرمایه (Payback Period)
- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (CAPEX)
- نسبت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه به افزایش راندمان

معیار تاثیر در افزایش راندمان براساس نظر خبرگان برای پالایش ابتدایی فناوری‌ها در گام دوم فرآیند، در نظر گرفته شد. نتیجه نظرسنجی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۵- نظرات خبرگان پیرامون معیار پالایش کننده در ارزیابی جذابیت فناوری‌های افزایش راندمان

به علاوه از میان معیارهای فوق، معیار میزان پیچیدگی فناوری کم اهمیت تشخیص داده شد و معیار نسبت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه به افزایش راندمان به دلیل همپوشانی با معیار هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، کنار گذاشته شد. سه معیار ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازگشت داخلی (IRR) و هزینه زیست‌محیطی نیز توسط خبرگان به معیارها اضافه شدند. از این معیارها فراخور مراحل مختلف فرآیند استفاده شده است، برخی از این معیارها مانند هزینه تمام شده برق، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه زیست‌محیطی در مرحله سوم فرآیند تشریح شده در شکل ۲-۴، و معیارهای دیگر نیز در گام چهارم فرآیند استفاده خواهند شد. چون برخی مناسب دیدگاه ملی و برخی دیگر مناسب دیدگاه بخش خصوصی می‌باشند.

۲-۶-۱- پالایش ابتدایی فناوری‌ها براساس معیار تاثیر در افزایش راندمان (روش حذف_ استفاده از روش غیرجبرانی)

همانطور که در بخش قبل تشریح گردید، بر اساس خروجی‌های پرسشنامه شناسایی معیارها، و بر اساس نظرات اعضای کمیته راهبری پروژه، معیار تاثیر در افزایش راندمان به عنوان یک معیار غیر جبرانی انتخاب گردید، و فیلتر نمودن اولیه فناوری‌ها بر اساس این معیار انجام گردید. لذا فناوری‌هایی که تاثیر اندکی بر افزایش راندمان دارند از چرخه تصمیم‌گیری حذف خواهند شد. جدول ۱-۲ فناوری‌های افزایش راندمان را به همراه میزان پتانسیل افزایش راندمان نشان می‌دهد. لازم به ذکر است مقادیر میزان تاثیر در افزایش راندمان به صورت کیفی بیان شده است. مقدار پایین به معنی تاثیر کمتر از ۰/۵ درصد در افزایش راندمان، مقدار متوسط به معنی تاثیر بین ۰/۵ و ۱ درصد در افزایش راندمان و مقدار بالا به معنی افزایش راندمان بالای ۱ درصد است.

جدول ۱-۲- فناوری‌ها و میزان تاثیر آنها در افزایش راندمان

ردیف	واحد نیروگاهی	نام فناوری	میزان تاثیر در افزایش راندمان
۱	واحد گازی	سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش مدیا	متوسط
۲		سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش فاگ	بالا
۳		سیستم خنک‌کاری هوای ورودی کمپرسور به روش تبریدی	بالا
۴		سیستم‌های سرمایشی مبتنی بر ذخیره‌سازی سرما	بالا
۵		سیستم فیلتراسیون پیشرفته هوای ورودی	متوسط
۶		سیستم شستشوی آنالاین پره‌های کمپرسور	بالا
۷		سیل‌های پیشرفته	متوسط
۸		سیستم تنظیم بهینه پره‌های ورودی کمپرسور	متوسط
۹		سیستم پایش محفظه احتراق	پائین
۱۰		توزیع بخار به داخل محفظه احتراق	پائین
۱۱		عایق‌های پیشرفته	پائین
۱۲		مشعل‌های پیشرفته	پائین
۱۳		پره‌های پیشرفته با طراحی سه‌بعدی	بالا

میزان تأثیر در افزایش راندمان	نام فناوری	واحد نیروگاهی	ردیف
بالا	افزایش دمای ورودی توربین	واحد بخار	۱۴
پائین	خنک‌کاری پیشرفته پره‌های توربین		۱۵
پائین	سیستم خنک‌کاری پیشرفته روغن روانکاری		۱۶
پائین	سیستم خنک‌کاری پیشرفته ژنراتور		۱۷
بالا	سیستم پایش عملکرد آنلاین واحد		۱۸
بالا	تبدیل به سیکل ترکیبی		۱۹
بالا	سیستم تولید همزمان برق، حرارت، سرما و آب شیرین		۲۰
بالا	توربین انبساطی		۲۱
متوسط	سطوح حرارتی و سیل‌های پیشرفته برای پایش گرمکن هوای بویلر		۲۲
متوسط	سیستم‌های پیشرفته تمیزکاری سطوح حرارتی بویلر		۲۳
پائین	مشعل‌های پیشرفته		۲۴
پائین	سیستم تنظیم بهینه احتراق در بویلر		۲۵
پائین	عایق‌های پیشرفته		۲۶
پائین	فن‌های پیشرفته (GR, FD, ID) بویلر		۲۷
بالا	پره‌های پیشرفته توربین با طراحی سه بعدی		۲۸
متوسط	سیل‌های پیشرفته توربین		۲۹
پائین	هیترهای پیشرفته آب تغذیه		۳۰
پائین	سطوح حرارتی پیشرفته برای کندانسور		۳۱
متوسط	سیستم نوین تمیزکاری کندانسور		۳۲
پائین	سیستم کنترل شیمیایی پیشرفته سیکل آب و بخار		۳۳
متوسط	پکینگ‌های پیشرفته برای برج‌های خنک‌کن تر		۳۴
پائین	سیستم‌های خنک‌کن پیشرفته	۳۵	
پائین	سیستم بهینه‌سازی فن‌های برج‌های خنک‌کن خشک	۳۶	
متوسط	کنترل بهینه دبی آب تغذیه و آب اسپری	۳۷	
بالا	سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحد	۳۸	
متوسط	بهره برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۳۹	
متوسط	درايو‌های دور متغیر برای پمپ‌های آب تغیه	۴۰	
بالا	بازتوانی واحدهای بخار قدیمی	۴۱	
بالا	تولید همزمان برق، حرارت و سرما	۴۲	
بالا	توربین‌های انبساطی	۴۳	

میزان تأثیر در افزایش راندمان	نام فناوری	واحد نیروگاهی	ردیف
بالا	سیستم توزیع بار بهینه بین واحدهای بلوک سیکل ترکیبی	واحد سیکل ترکیبی	۴۴
پائین	بهینه‌سازی عملکرد مشعل‌های کانالی		۴۵
بالا	سیستم پایش عملکرد آنلاین بلوک سیکل ترکیبی		۴۶

همانطور که ذکر شد، فناوری‌هایی که در جدول ۲-۱ دارای تأثیر بر افزایش راندمان پایین هستند (کمتر از نیم درصد) از چرخه تصمیم‌گیری حذف می‌شوند. همچنین فناوری‌های مشابه دسته بندی شده است. این کار به دو دلیل انجام گرفته، یکی کاهش پیچیدگی فرایند تصمیم‌گیری و دیگری جلوگیری از اولویت‌دهی به فناوری‌های یکسان و امکان اولویت‌دهی به فناوری‌ها با کارکردهای مختلف. در پایان نتایج حاصل از پالایش ابتدایی فناوری‌ها براساس معیار تاثیر در افزایش راندمان به تفکیک نیروگاه‌ها در جداول ۲-۲ و ۲-۳ خلاصه شده است. لازم به ذکر است میزان پتانسیل افزایش راندمان، مبتنی بر مطالعات تیم مجری به دست آمده‌اند.

جدول ۲-۲- فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان برای نیروگاه‌های بخار موجود

ردیف	نام فناوری	پتانسیل افزایش راندمان (%)
۱	بازتوانی	۱۳-۲۰
۲	پایش و تحلیل عملکرد واحد	۱
۳	بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۱-۱,۵
۴	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	۰,۵-۱
۵	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	۰,۵-۱
۶	بسته ارتقای توربین	۱-۲

جدول ۲-۳- فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان برای نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی موجود

ردیف	نام فناوری	پتانسیل افزایش راندمان (%)
۱	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	۱۳-۲۰
۲	پایش عملکرد آنلاین واحد	۱

رتبه	نام فناوری	پتانسیل افزایش راندمان (%)
۳	شستشوی آنالین کمپرسور	۱-۱,۵
۴	ارتقای توربین‌های گازی	۰,۵-۱
۵	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۰,۵-۱
۶	تبدیل واحدهای گازی به CHP	۱۵-۳۰

۲-۶-۲- فناوری‌های اولویت‌دار از منظر ملی

مطابق با فرآیند تشریح شده در شکل ۲-۴، پس از پالایش ابتدایی فناوری‌ها، در گام سوم می‌بایست فناوری‌های اولویت‌دار از دیدگاه ملی و به منظور تحقق راندمان هدف، تعیین شوند. در این راستا میزان ظرفیت بهینه به کارگیری فناوری‌ها در سطح نیروگاه‌های موجود با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شود. به عبارت دیگر معلوم می‌گردد در چه ظرفیتی از به کارگیری فناوری‌ها، مجموع پنج فاکتور (معیار) کاهش قیمت تمام شده برق، صرفه‌جویی انرژی (ناشی از افزایش راندمان)، کاهش آلاینده‌ها، افزایش توان الکتریکی و توان حرارتی، بیشینه می‌گردند. این مدل در ادامه تشریح شده است.

تعریف مقادیر و متغیر تصمیم:

• X_i : میزان به کارگیری فناوری i ام (KW) ($i: 1, \dots, 12$) (متغیر تصمیم)

• CF_i : ضریب ظرفیت (%)

• $L_{i,b}$: قیمت تمام شده تولید برق (LCOE) پیش از به کارگیری فناوری i (cent/KWh)

• $L_{i,a}$: قیمت تمام شده تولید برق (LCOE) پس از به کارگیری فناوری i (cent/KWh)

• G_p : قیمت گاز (cent/m^3)

• $\eta_{i,b}$: مقدار راندمان نیروگاه پیش از پیاده‌سازی فناوری i (%)

• $\eta_{i,a}$: مقدار راندمان نیروگاه پس از پیاده‌سازی فناوری i (%)

• C_p : هزینه زیست‌محیطی (cent/m^3)

• E_p : قیمت الکتریسیته تولیدی (cent/KWh)

- ΔP_i : ضریب بهبود نسبی توان پس از به کارگیری فناوری i (نسبت بهبود توان ایجاد شده به کل ظرفیت)
- A_i : حداکثر ظرفیت عملی برای پیاده‌سازی فناوری نام (KW)
- A_{chp} : حداکثر ظرفیت عملی برای تبدیل واحدهای گازی به CHP (KW)
- P : حداقل مقدار افزایش توان پس از به کارگیری فناوری‌ها (KW)
- β_i : ضریب تولید حرارت، نسبت حرارت تولیدی به ظرفیت الکتریکی (KW_{th}/KW_e)
- B_E : بازده بویلر (%)
- C_i : هزینه سرمایه‌گذاری فناوری i (\$/KW)
- $\eta_{T,a}$: مقدار کل راندمان پس از پیاده‌سازی فناوری‌های منتخب (%)
- $\eta_{g,b}$: مقدار راندمان کل نیروگاه‌های گازی/سیکل ترکیبی پیش از پیاده‌سازی فناوریها (%)
- $\eta_{st,b}$: راندمان کل نیروگاه‌های بخاری پیش از پیاده‌سازی فناوریها (%)
- $\Delta \eta_i$: میزان تغییر راندمان نیروگاه پس از پیاده‌سازی فناوری i (%)
- S_g : درصد سهم نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی از کل تولید (%)
- S_{st} : درصد سهم نیروگاه‌های بخاری از کل تولید (%)
- A_g : ظرفیت تولید نیروگاه‌های گازی (KW)
- A_{st} : ظرفیت تولید نیروگاه‌های بخاری (KW)
- B : بودجه (\$)

جدول ۲-۴- فناوری‌های مندرج در مدل

نام فناوری	i	نام فناوری	i
بازتوانی واحدهای بخار	۷	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	۱
پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخار	۸	پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل	۲

ترکیبی		
۳	شستشوی آنالاین کمپرسور	۹ بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه
۴	ارتقای توربین‌های گازی	۱۰ بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن
۵	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۱۱ بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر
۶	تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی	۱۲ بسته ارتقای توربین بخار

$$\max Z = \sum_{i=1}^{12} X_i * 8760 / 100 * CF_i * \left[(L_{i,b} - L_{i,a}) + G_p \left(\frac{10}{\eta_{i,b}} - \frac{10}{\eta_{i,a}} \right) + C_p \left(\frac{10}{\eta_{i,b}} - \frac{10}{\eta_{i,a}} \right) + (E_p * \Delta P_i) + \left(\frac{\beta_i}{B_E * 10} * G_p \right) \right]$$

S.to:

$$X_i \leq A_i \quad \text{محدودیت حداکثر ظرفیت به کارگیری فناوری‌ها؛}$$

$$\sum_{i=1}^{12} \Delta P_i X_i \geq P \quad \text{محدودیت حداقل مقدار افزایش توان پس از به کارگیری فناوری‌ها؛}$$

$$\sum_{i=1}^{12} C_i X_i \leq B \quad \text{محدودیت بودجه؛}$$

• لازم به ذکر است عبارت $\left(\frac{10}{\eta_{i,b}} - \frac{10}{\eta_{i,a}} \right)$ نشان‌دهنده تغییر در مصرف انرژی حرارتی (مصرف سوخت) با واحد (m^3)

است و عبارت $\frac{\beta_i}{B_E * 10}$ نیز نشان‌دهنده افزایش تولید حرارت با یکای (m^3 / KWh) می‌باشد، که با توجه به

واحدهای ذکر شده برای دیگر فاکتورهای تابع هدف، یکای مقدار کلی تابع هدف (با لحاظ تبدیل واحد پولی سنت به

دلار؛ تقسیم به ۱۰۰)، به دلار بیان می‌شود.

جهت محاسبه راندمان به دست آمده پس از به کارگیری فناوری‌ها، نیز از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\eta_{T,a} = \frac{1}{\frac{S_g}{\eta_{g,b} + \sum_{i=1}^6 \frac{X_i \Delta \eta_i}{A_g}} + \frac{S_{st}}{\eta_{st,b} + \sum_{i=7}^{12} \frac{X_i \Delta \eta_i}{A_{st}}}}$$

مدل فوق شامل تابع هدفی است که مجموع پنج مقدار زیر را بیشینه می‌سازد:

- تغییر کلی در قیمت تمام شده برق به ازاء هر کیلووات ساعت به کارگیری مجموعه فناوری‌ها به دلار، با لحاظ ضریب ظرفیت (CF_i)، ضریب تبدیل واحد کیلووات به کیلووات ساعت (۸۷۶۰) و تبدیل واحد پولی سنت به دلار (تقسیم به

$$100) : \left[\sum_{i=1}^{12} X_i * 8760 / 100 * CF_i * [(L_{i,b} - L_{i,a})] \right]$$

- تغییر کلی در هزینه مصرف انرژی حرارتی به ازاء هر کیلووات ساعت به کارگیری مجموعه فناوری‌ها به دلار، با لحاظ قیمت گاز، ضریب ظرفیت (CF_i)، ضریب تبدیل واحد کیلووات به کیلووات ساعت (۸۷۶۰) و تبدیل واحد پولی سنت به

$$\text{دلار (تقسیم به ۱۰۰)} : \left[\sum_{i=1}^{12} X_i * 8760 / 100 * CF_i * \left[G_p \left(\frac{10}{\eta_{i,b}} - \frac{10}{\eta_{i,a}} \right) \right] \right]$$

- تغییر کلی در هزینه زیست‌محیطی به ازاء هر کیلووات ساعت به کارگیری مجموعه فناوری‌ها به دلار، با لحاظ قیمت فروش کربن، ضریب ظرفیت (CF_i)، ضریب تبدیل واحد کیلووات به کیلووات ساعت (۸۷۶۰) و تبدیل واحد پولی سنت به دلار (تقسیم به ۱۰۰)؛

$$\left[\sum_{i=1}^{12} X_i * 8760 / 100 * CF_i * \left[C_p \left(\frac{10}{\eta_{i,b}} - \frac{10}{\eta_{i,a}} \right) \right] \right]$$

- عواید حاصل از افزایش توان الکتریکی به ازاء هر کیلووات ساعت به کارگیری مجموعه فناوری‌ها به دلار، با لحاظ قیمت فروش الکتریسیته، ضریب ظرفیت (CF_i)، ضریب تبدیل واحد کیلووات به کیلووات ساعت (۸۷۶۰) و تبدیل واحد پولی سنت به دلار (تقسیم به ۱۰۰)؛

$$\left[\sum_{i=1}^{12} X_i * 8760 / 100 * CF_i * [(E_p * \Delta P_i)] \right]$$

- عواید حاصل از افزایش توان حرارتی به ازاء هر کیلووات ساعت به کارگیری مجموعه فناوری‌ها به دلار، با لحاظ قیمت گاز، ضریب ظرفیت (CF_i)، ضریب تبدیل واحد کیلووات به کیلووات ساعت (۸۷۶۰) و تبدیل واحد پولی سنت به

$$\text{دلار (تقسیم به ۱۰۰)} : \left[\sum_{i=1}^{12} X_i * 8760 / 100 * CF_i * \left[\left(\frac{\beta_i}{\beta_{E*10}} * G_p \right) \right] \right]$$

محدودیت‌های مربوطه نیز شامل موارد زیر است:

- حداکثر ظرفیت به کارگیری فناوری‌ها: از آنجا که هر کدام از فناوری‌های مندرج در جدول فوق تا حد مشخصی قابلیت به کارگیری در نیروگاه‌ها را دارند، می‌بایست میزان به کارگیری هر کدام از فناوری‌ها مقید به ظرفیت حداکثر به کارگیری شوند.

• محدودیت حداقل مقدار افزایش توان پس از به کارگیری فناوری‌ها: با توجه به اینکه اکثر فناوری‌ها، علاوه بر راندمان، توان را نیز افزایش می‌دهند و همچنین به دلیل اهمیت بسیار زیاد افزایش توان برای سیاستگذاران این حوزه، حداقل بهبود توان نیز به عنوان یک قید در مدل وارد شد. به عبارت دیگر توان افزایش یافته ناشی از پیاده‌سازی فناوری‌های منتخب با بودجه معین، حداقل می‌بایست توان افزایش یافته ناشی از فناوری سیکل ترکیبی را پوشش دهد. مقدار سمت راست محدودیت نیز با توجه به این واقعیت که می‌توان با ۷۰۰ دلار یک کیلووات افزایش توان ایجاد نمود، مطابق با بودجه تعیین می‌گردد. به عنوان مثال اگر بودجه ۷ میلیارد دلار باشد، حداقل افزایش توان می‌بایست ۱۰ هزار مگاوات باشد. ضرایب به کار گرفته شده تحت عنوان ΔP_i نسبی بوده و معادل میزان تغییر توان (به کیلووات)، تقسیم بر حداکثر ظرفیت می‌باشد.

• محدودیت بودجه: با توجه به ضرایب هزینه‌ای به کارگیری فناوری‌ها، قید بودجه نیز به مدل اضافه گردید.

در نهایت مدل برنامه‌ریزی خطی فوق براساس مقادیر جدول زیر و در ۱۲ سناریوی خاص که بودجه و بالطبع حداقل افزایش توان متفاوت دارند، حل شده و مقادیر خروجی ارائه شده‌اند. مقادیر بودجه در سناریوهای مختلف، به ترتیب از رقم یک میلیارد دلار آغاز شده و به رقم دوازده میلیارد دلار ختم می‌گردند تا مشخص شود در چه سطحی از بودجه مقدار مورد هدف راندمان محقق می‌شود و در حالات دیگر بودجه‌ای، چه سطوحی از راندمان و ظرفیت به کارگیری فناوری‌ها به دست می‌آیند. لازم به ذکر است فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، به دو روش قابل اجرا می‌باشد، در روش اول راندمان ۲۱ درصد افزایش یافته و در روش دیگر راندمان ۴۱ درصد افزایش می‌یابد که برای هر دو حالت مقادیر خروجی ارائه شده‌اند.

جدول ۲-۵- مقادیر و اطلاعات ورودی مدل

β	ΔP_i	$\Delta \eta_i$	$\eta_{i,a}$	$\eta_{i,b}$	$L_{i,a}$	$L_{i,b}$	C_i	CF_i	A_i	نام فناوری	ردیف
۰	۰,۵۰	۱۶	۵۰	۳۴	۵	۶,۵۶	۵۰۰	۶۴	۱۹۰۰۰۰۰۰	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	۱
۰	۰,۰۲۳	۰,۳	۳۳,۳	۳۳	۶,۵۲	۶,۵۶	۰,۶	۶۴	۳۱۰۰۰۰۰۰	پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی	۲
۰	۰,۰۳۸	۱,۰	۳۴	۳۳	۶,۴۴	۶,۵۶	۱۲	۶۴	۳۱۰۰۰۰۰۰	شستشوی آنلاین کمپرسور	۳
۰	۰,۱۱	۱,۶	۳۴,۶	۳۳	۶,۵۶	۶,۵۶	۱۱۱	۶۴	۳۱۰۰۰۰۰۰	ارتقای توربین‌های گازی	۴

β	ΔP_i	$\Delta \eta_i$	$\eta_{i,a}$	$\eta_{i,b}$	$L_{i,a}$	$L_{i,b}$	C_i	CF_i	A_i	نام فناوری	\hat{q}_i
۰	۰,۱۱۵	۰,۴	۳۳,۴	۳۳	۶,۴۶	۶,۵۶	۶	۲۱	۳۱۰۰۰۰۰۰	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۵
۰,۸۲	۰,۴۸	۲۱	۵۴	۳۳	۴,۹۲	۶,۵۶	۴۷۸	۶۴	۳۰۰۰	تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی	۶
		۴۱	۷۴		۴,۲۲						
۰	۱,۶۲	۱۹	۵۵	۳۶	۴,۷	۶,۴	۱۰۷۵	۸۰	۲۶۰۰۰۰۰	بازتوانی واحدهای بخار	۷
۰	۰,۰۱۹	۰,۳	۳۷,۳	۳۷	۵,۹۱	۶,۴	۱,۲۵	۸۰	۱۴۰۰۰۰۰۰	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخار	۸
۰	۰	۱,۵	۳۸,۵	۳۷	۵,۷۹	۶,۴	۱۲,۵	۸۰	۱۴۰۰۰۰۰۰	بهره‌برداری بهینه از هیت‌های آب تغذیه	۹
۰	۰,۰۱۹	۰,۵	۳۷,۵	۳۷	۵,۸۸	۶,۴	۳,۱	۸۰	۱۴۰۰۰۰۰۰	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	۱۰
۰	۰	۱,۰	۳۸	۳۷	۵,۸۳	۶,۴	۳,۱	۸۰	۱۴۰۰۰۰۰۰	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	۱۱
۰	۰	۳,۰	۴۰	۳۷	۵,۶۹	۶,۴	۳۹	۸۰	۵۰۰۰۰۰۰۰	بسته ارتقای توربین بخار	۱۲
سایر داده‌ها											
۱۵ سنت										قیمت گاز G_p	
۴,۲۸ سنت										هزینه واحد آلاینده C_p	
۷ سنت برای هر کیلووات ساعت										قیمت الکتریسیته E_p	
۸۰ درصد										بازده بویلر B_E	
۳۶ درصد										$\eta_{g,b}$	
۳۸ درصد										$\eta_{st,b}$	
۷۷ درصد										S_g	
۲۳ درصد										S_{st}	
۳۹۰۰۰۰۰۰ کیلووات										A_g	
۱۴۰۰۰۰۰۰ کیلووات										A_{st}	

- مقادیر P (حداقل افزایش توان) و B (بودجه) مطابق با حالات مختلف مندرج در جداول بعدی می‌باشند.

لازم به ذکر است جداول زیر که نتایج و خروجی‌های حاصل از حل مدل را نشان می‌دهند برای ۲ حالت ارائه شده‌اند: (۱) میزان ظرفیت به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۵۴ درصد برای اجرای فناوری CHP، (۲) میزان ظرفیت به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۷۴ درصد برای اجرای فناوری CHP.

افزایش توان (مگاوات)	راندمان (%)	سهم فناوری‌ها (مگاوات)*										حداقل افزایش توان (مگاوات)*	بودجه (میلیارد دلار)				
		بسته ارتقای توربین بخار	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	کننداسور و برج خشک‌کن بهره‌برداری بهینه از هیتزهای آب تغذیه	بهره‌برداری بهینه از واحدهای بخار	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخار	بارتوانی واحدهای بخار	CHP سیکل ترکیبی	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	تمددهای گازی	خنک کاری هوای ورودی			ارتقای توربین‌های گازی	شستشوی آنلاین کمپرسور	پایش عملکرد گازی-سیکل ترکیبی	تبدیل به سیکل ترکیبی
۷																	
۱۳۳۱ ۷	۴۱,۵۰	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۳۵۵	۱۰۰۰	۷	
۱۴۳۱ ۷	۴۲,۱۶	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۵۳۵۵	۱۱۴۰	۸	
۱۵۳۱ ۷	۴۲,۱۲	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۷۳۵۵	۱۲۸۰	۹	
۱۶۳۱ ۷	۴۳,۴۸	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۹۳۵۵	۱۴۲۰	۱۰	
۱۷۳۱ ۷	۴۴,۱۳	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۱۱۳۵ ۵	۱۵۷۰	۱۱	
۱۸۳۱ ۷	۴۴,۷۷	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۱۳۳۵ ۵	۱۷۱۰	۱۲	

* مقادیر خروجی مدل، جهت سهولت، به مگاوات ارائه شده‌اند

جدول ۲-۷- منافع حاصل از به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۵۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP

بودجه (میلیارد دلار)	صرفه جویی سوخت (دلار)	بهبود در قیمت تمام شده (دلار)	بهبود هزینه زیست محیطی (دلار)	عواید ناشی از افزایش توان الکتریکی (دلار)	عواید ناشی از افزایش توان حرارتی (دلار)	حجم کاهش انتشار CO ₂ (تن)
۱	۷۴۹,۴۹۱,۰۲۱	۲,۶۴۷,۸۲۷,۶۹۸	۲۱۳,۸۵۴,۷۷۱	۱,۴۶۲,۱۶۹,۲۶۸	۰	۷,۴۸۴,۹۱۷
۲	۹۷۵,۷۵۴,۲۲۳	۲,۹۰۸,۸۰۴,۲۹۳	۲۷۸,۴۱۵,۲۰۵	۱,۸۲۳,۲۹۲,۳۴۳	۱۳۲,۱۹۶,۸۴۰	۹,۷۴۴,۵۳۲
۳	۱,۱۲۷,۴۲۴,۹۹۷	۳,۰۶۰,۷۵۲,۲۳۰	۳۲۱,۶۹۱,۹۳۳	۲,۳۷۶,۶۶۹,۸۵۱	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۱,۲۵۹,۲۱۸
۴	۱,۲۲۱,۲۶۰,۰۹۳	۳,۱۷۱,۵۷۶,۴۱۶	۳۴۸,۴۶۶,۲۱۳	۳,۱۱۵,۹۳۲,۳۶۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۲,۱۹۶,۳۱۷
۵	۱,۳۱۵,۰۹۵,۱۸۸	۳,۲۸۲,۴۰۰,۶۰۲	۳۷۵,۲۴۰,۴۹۴	۳,۸۵۵,۱۹۴,۸۷۴	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۳,۱۳۳,۴۱۷
۶	۱,۴۵۲,۶۱۰,۵۸۶	۳,۴۳۶,۶۵۵,۸۹۵	۴۱۴,۴۷۸,۲۲۱	۴,۳۵۹,۴۵۵,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۴,۵۰۶,۷۳۸
۷	۱,۶۱۰,۹۰۸,۹۳۹	۳,۶۱۱,۵۷۵,۵۷۵	۴۵۹,۶۴۶,۰۱۷	۴,۷۵۱,۹۰۳,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۶,۰۸۷,۶۱۱
۸	۱,۷۶۹,۲۰۷,۲۹۲	۳,۷۸۶,۴۹۵,۲۵۵	۵۰۴,۸۱۳,۸۱۴	۵,۱۴۴,۳۵۱,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۷,۶۶۸,۴۸۳
۹	۱,۹۲۷,۵۰۵,۶۴۵	۳,۹۶۱,۴۱۴,۹۳۵	۵۴۹,۹۸۱,۶۱۱	۵,۵۳۶,۷۹۹,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۹,۲۴۹,۳۵۶
۱۰	۲,۰۸۵,۸۰۳,۹۹۸	۴,۱۳۶,۳۳۴,۶۱۵	۵۹۵,۱۴۹,۴۰۷	۵,۹۲۹,۲۴۷,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۰,۸۳۰,۲۲۹
۱۱	۲,۲۴۴,۱۰۲,۳۵۱	۴,۳۱۱,۲۵۴,۲۹۵	۶۴۰,۳۱۷,۲۰۴	۶,۳۲۱,۶۹۵,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۲,۴۱۱,۱۰۲
۱۲	۲,۴۰۲,۴۰۰,۷۰۴	۴,۴۸۶,۱۷۳,۹۷۵	۶۸۵,۴۸۵,۰۰۱	۶,۷۱۴,۱۴۳,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۳,۹۹۱,۹۷۵

جدول ۲-۸- میزان ظرفیت به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۷۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP

افزایش توان (مگاوات)	راندمان (%)	سهم فناوری‌ها (مگاوات)*														
		بسته ارتقای توربین بخار	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	کندا نسور و برج خشک کن بهره‌برداری بهینه از هیترهاى آب تغذیه	بهره‌برداری بهینه از واحدهای بخار	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخار	بازتوانی واحدهای بخار	CHP سیکل ترکیبی	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	تمهیدات گازی	خنک کاری هوای ورودی	ارتقای توربین‌های گازی	شستشوی آنلاین کمپرسور	پایش عملکرد گازی-سیکل ترکیبی	تبدیل به سیکل ترکیبی	حداقل افزایش توان (مگاوات)*
۷۶۸۱	۳۸,۳۳	۳۲۹۷	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۰	۱۴۰۰	۱
۷۶۹۸	۴۰,۰۲	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۱۹۱۷	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۰	۲۸۰۰	۲
۸۱۴۰	۴۱,۰۵	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۴۳۹	۲۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۰	۴۲۰۰	۳
۹۶۴۷	۴۱,۳۱	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۳۶۹	۲۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۰	۵۷۰۰	۴
۱۱۱۵۴	۴۱,۵۵	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۳۰۰	۲۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۰	۷۱۰۰	۵
۱۲۳۱۷	۴۲,۰۸	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	۰	۱۴۰۰	۱۳۵۵	۸۵۰۰	۶

افزایش توان (مگاوات)	راندمان (%)	سهم فناوری‌ها (مگاوات)*														
		بسته ارتقای توربین بخار	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	کندا سور و برج خشک کن بهره‌برداری بهینه از هیتزهای آب تغذیه	بهره‌برداری بهینه از واحدهای بخار	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخار	بازتوانی واحدهای بخار	CHP سیکل ترکیبی	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	تمدد های گازی	خنک کاری هوای ورودی	ارتقای توربین‌های گازی	شستشوی آنلاین کمپرسور	پایش عملکرد گازی-سیکل ترکیبی	تبدیل به سیکل ترکیبی	حداقل افزایش توان (مگاوات)*
۱۳۳۱ ۷	۴۲,۷۴	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۳۳۵۵	۱۰۰۰	۷
۱۴۳۱ ۷	۴۳,۴۰	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۵۳۵۵	۱۱۴۰	۸
۱۵۳۱ ۷	۴۴,۰۵	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۷۳۵۵	۱۲۸۰	۹
۱۶۳۱ ۷	۴۴,۶۹	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۹۳۵۵	۱۴۲۰	۱۰
۱۷۳۱ ۷	۴۵,۳۳	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۳۵	۱۵۷۰	۱۱
۱۸۳۱ ۷	۴۵,۹۶	۵۰۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۳۵	۱۷۱۰	۱۲

* مقادیر خروجی مدل، جهت سهولت، به مگاوات ارائه شده‌اند

جدول ۲-۹- منافع حاصل از به کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان در ۱۲ سناریوی بودجه‌ای با فرض راندمان ۷۴ درصد برای اجرای فناوری‌های CHP

بودجه (میلیارد دلار)	صرفه جویی سوخت (دلار)	بهبود در قیمت تمام شده (دلار)	بهبود هزینه زیست محیطی (دلار)	عواید ناشی از افزایش توان الکتریکی (دلار)	عواید ناشی از افزایش توان حرارتی (دلار)	حجم کاهش انتشار CO ₂ (تن)
۱	۷۴۹,۴۹۱,۰۲۱	۲,۶۴۷,۸۲۷,۶۹۸	۲۱۳,۸۵۴,۷۷۱	۱,۴۶۲,۱۶۹,۲۶۸	۰	۷,۴۸۴,۹۱۷
۲	۱,۰۵۶,۴۴۲,۷۴۱	۲,۹۸۴,۰۳۸,۲۶۷	۳۰۱,۴۳۸,۳۲۹	۱,۸۲۳,۲۹۲,۳۴۳	۱۳۲,۱۹۶,۸۴۰	۱۰,۵۵۰,۳۴۲
۳	۱,۲۵۳,۶۹۵,۲۶۸	۳,۱۷۸,۴۸۶,۶۳۰	۳۵۷,۷۲۱,۰۵۰	۲,۳۷۶,۶۶۹,۸۵۱	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۲,۵۲۰,۲۳۷
۴	۱,۳۴۷,۵۳۰,۳۶۳	۳,۲۸۹,۳۱۰,۸۱۶	۳۸۴,۴۹۵,۳۳۰	۳,۱۱۵,۹۳۲,۳۶۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۳,۴۵۷,۳۳۷
۵	۱,۴۴۱,۳۶۵,۴۵۸	۳,۴۰۰,۱۳۵,۰۰۲	۴۱۱,۲۶۹,۶۱۱	۳,۸۵۵,۱۹۴,۸۷۴	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۴,۳۹۴,۴۳۶
۶	۱,۵۷۸,۸۸۰,۸۵۷	۳,۵۵۴,۳۹۰,۲۹۵	۴۵۰,۵۰۷,۳۳۸	۴,۳۵۹,۴۵۵,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۵,۷۶۷,۷۵۷
۷	۱,۷۳۷,۱۷۹,۲۱۰	۳,۷۲۹,۳۰۹,۹۷۵	۴۹۵,۶۷۵,۱۳۴	۴,۷۵۱,۹۰۳,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۷,۳۴۸,۶۳۰
۸	۱,۸۹۵,۴۷۷,۵۶۳	۳,۹۰۴,۲۲۹,۶۵۵	۵۴۰,۸۴۲,۹۳۱	۵,۱۴۴,۳۵۱,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۱۸,۹۲۹,۵۰۳
۹	۲,۰۵۳,۷۷۵,۹۱۵	۴,۰۷۹,۱۴۹,۳۳۵	۵۸۶,۰۱۰,۷۲۸	۵,۵۳۶,۷۹۹,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۰,۵۱۰,۳۷۵
۱۰	۲,۲۱۲,۰۷۴,۲۶۸	۴,۲۵۴,۰۶۹,۰۱۵	۶۳۱,۱۷۸,۵۲۵	۵,۹۲۹,۲۴۷,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۲,۰۹۱,۲۴۸
۱۱	۲,۲۱۲,۰۷۴,۲۶۸	۴,۲۵۴,۰۶۹,۰۱۵	۶۳۱,۱۷۸,۵۲۵	۵,۹۲۹,۲۴۷,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۲,۰۹۱,۲۴۸
۱۲	۲,۵۲۸,۶۷۰,۹۷۴	۴,۶۰۳,۹۰۸,۳۷۵	۷۲۱,۵۱۴,۱۱۸	۶,۷۱۴,۱۴۳,۸۷۳	۲۰۶,۸۷۶,۱۶۰	۲۵,۲۵۲,۹۹۴

۲-۶-۳- تحلیل نتایج

براساس نتایج ارائه شده در جداول ۲-۵ و ۲-۶ (راندمان ۵۴ درصد برای فناوری CHP) و در سناریو حداکثر بودجه (۱۲ میلیارد دلار) و محدودیت افزایش توان ۱۷۱۰۰ مگاوات، راندمان به دست آمده بیش از ۴۴ درصد خواهد بود که راندمان هدف برای نیروگاه‌های موجود در افق ده ساله (۴۴ درصد) را محقق می‌سازد. صرفه‌جویی در مصرف سوخت در این حالت نیز بیش از ۲,۴ میلیارد دلار خواهد بود و توانی بیش از ۱۸۰۰۰ مگاوات اضافه خواهد شد. میزان تغییر در قیمت تمام شده نیز بیش از ۴,۴ میلیارد دلار است. مقادیر کاهش هزینه زیست محیطی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نیز قابل توجه بوده و به ترتیب بیش از ۶۸۵ میلیون دلار و ۲۳ میلیون تن می‌باشند. عواید حاصل از افزایش توان الکتریکی و افزایش توان حرارتی در این سطح بودجه‌ای به ترتیب حدود ۶,۷ میلیارد دلار و ۲۰۶ میلیون دلار برآورد می‌شود. در این سناریو تمامی فناوری‌ها به جز فناوری‌های تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی و ارتقای توربین‌های گازی، در ظرفیت حداکثر خود به کار گرفته خواهند شد. ظرفیت به کارگیری فناوری تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی، بخشی از ظرفیت حداکثر تعیین شده در مدل را پوشش داده و فناوری ارتقای توربین گازی انتخاب نشده است.

در سناریوی حداقل بودجه (۱ میلیارد دلار) و محدودیت افزایش توان ۱۴۰۰ مگاوات، راندمان به دست آمده در حدود ۳۸ درصد خواهد بود که راندمان هدف برای نیروگاه‌های موجود در افق ده ساله یعنی ۴۴ درصد را محقق نمی‌سازد. صرفه‌جویی در مصرف سوخت در این حالت نیز بیش از ۷۴۹ میلیون دلار خواهد بود و توانی بیش از ۵۹۰۰ مگاوات اضافه خواهد شد. میزان تغییر در قیمت تمام شده برق نیز بیش از ۲,۶ میلیارد دلار است. مقادیر کاهش هزینه زیست محیطی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نیز به ترتیب بیش از ۲۱۳ میلیون دلار و ۷,۴ میلیون تن می‌باشند. عواید حاصل از افزایش توان الکتریکی در این سطح بودجه‌ای حدود ۱,۴ میلیارد دلار بوده و عواید ناشی از افزایش توان حرارتی وجود نخواهد داشت، زیرا که فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، انتخاب نشده است. به علاوه فناوری‌های تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی، ارتقای توربین‌های گازی و بازتوانی، نیز انتخاب نشده‌اند. فناوری ارتقا توربین بخار نیز در ظرفیت حداکثر خود قرار ندارد. ظرفیت به کارگیری دیگر فناوری‌ها، حداکثر تعیین شده در مدل را پوشش داده‌اند.

با توجه به ارقام مندرج در جدول ۲-۵ می‌توان دریافت که با افزایش بودجه به ۳ میلیارد دلار، فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، در حداکثر مقدار خود قرار می‌گیرد و فناوری بازتوانی دارای ظرفیت خواهد شد و با افزایش بودجه به ۶ میلیارد دلار فناوری تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی نیز دارای ظرفیت شده و در هیچ سطحی از بودجه (تا رقم ۱۲ میلیارد دلار) فناوری ارتقا توربین گازی دارای ظرفیت نشده است.

براساس نتایج ارائه شده در جداول ۲-۷ و ۲-۸ (راندمان ۷۴ درصد برای فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP) و در سناریو حداکثر بودجه (۱۲ میلیارد دلار) و محدودیت افزایش توان ۱۷۱۰۰ مگاوات، راندمان به دست آمده بیش از ۴۵ درصد خواهد بود که راندمان هدف برای نیروگاه‌های موجود در افق ده ساله یعنی ۴۴ درصد را محقق می‌سازد. صرفه‌جویی در مصرف سوخت در این حالت نیز بیش از ۲٫۵ میلیارد دلار خواهد بود و توانی بیش از ۱۸۰۰۰ مگاوات اضافه خواهد شد. میزان تغییر در قیمت تمام شده نیز بیش از ۴٫۶ میلیارد دلار است. مقادیر کاهش هزینه زیست محیطی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نیز قابل توجه بوده و به ترتیب بیش از ۷۲۱ میلیون دلار و ۲۵ میلیون تن می‌باشند. عواید حاصل از افزایش توان الکتریکی و افزایش توان حرارتی در این سطح بودجه‌ای به ترتیب حدود ۶٫۷ میلیارد دلار و ۲۰۶ میلیون دلار برآورد می‌شود. در این سناریو تمامی فناوری‌ها به جز فناوری‌های تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی و ارتقای توربین‌های گازی، در ظرفیت حداکثر خود به کارگرفته خواهند شد. ظرفیت به کارگیری فناوری تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی، بخشی از ظرفیت حداکثر تعیین شده در مدل را پوشش داده و فناوری ارتقای توربین گازی انتخاب نشده است.

در سناریو حداقل بودجه (۱ میلیارد دلار) و محدودیت افزایش توان ۱۴۰۰ مگاوات، راندمان به دست آمده در حدود ۳۸ درصد خواهد بود که راندمان هدف برای نیروگاه‌های موجود در افق ده ساله یعنی ۴۴ درصد را محقق نمی‌سازد. صرفه‌جویی در مصرف سوخت در این حالت نیز بیش از ۷۴۹ میلیون دلار خواهد بود و توانی بیش از ۵۹۰۰ مگاوات اضافه خواهد شد. میزان تغییر در قیمت تمام شده برق نیز بیش از ۲٫۶ میلیارد دلار است. مقادیر کاهش هزینه زیست محیطی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نیز به ترتیب بیش از ۲۱۳ میلیون دلار و ۷٫۴ میلیون تن می‌باشند. عواید حاصل از افزایش توان الکتریکی در این سطح بودجه‌ای حدود ۱٫۴ میلیارد دلار بوده و عواید ناشی از افزایش توان حرارتی وجود نخواهد داشت، زیرا که فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، انتخاب نشده است. به علاوه فناوری‌های تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی، ارتقای

توربین‌های گازی و بازتوانی، نیز انتخاب نشده‌اند. فناوری ارتقا توربین بخار نیز در ظرفیت حداکثر خود قرار ندارد. ظرفیت به کارگیری دیگر فناوری‌ها، حداکثر تعیین شده در مدل را پوشش داده‌اند.

در جدول ۲-۷ نیز با توجه به ارقام مندرج در جدول می‌توان دریافت که با افزایش بودجه به ۳ میلیارد دلار، فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، در حداکثر مقدار خود قرار می‌گیرد و فناوری بازتوانی دارای ظرفیت خواهد شد و با افزایش بودجه به ۶ میلیارد دلار فناوری تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی نیز دارای ظرفیت شده و در هیچ سطحی از بودجه (تا رقم ۱۲ میلیارد دلار) فناوری ارتقا توربین گازی دارای ظرفیت نشده است. به علاوه همانطور که مشخص است با فرض راندمان ۷۴ درصد برای فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، راندمان مطلوب ۴۴ درصدی در سطح بودجه ۹ میلیارد دلار محقق می‌گردد و افزایش توانی بیش از ۱۵۰۰۰ مگاوات حاصل خواهد شد.

در پایان می‌توان اولویت فناوری‌ها را از منظر ملی مطابق با تحلیل نتایج به دست آمده ارائه نمود. به این صورت که با افزایش تدریجی بودجه از حداقل ممکن برای انتخاب اولین فناوری با ظرفیت کامل، گام به گام فناوری‌های اولویت‌دار شناسایی می‌شوند. بر این اساس سطوح بودجه‌ای که طی آن یک فناوری دارای ظرفیت کامل شده و پس از آن روند اشباع ظرفیت به کارگیری فناوری‌های دیگر آغاز می‌گردد، به ترتیب در جدول زیر ارائه شده است (این جدول با فرض راندمان ۵۴ درصد برای فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP، تهیه شده است).

لازم به ذکر است برای فناوری تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی، طبق توضیحاتی که در ادامه خواهد آمد، دو حالت ظرفیت کامل ۱۹ هزار مگاوات و ظرفیت ۱۱ هزار مگاوات در نظر گرفته شده است.

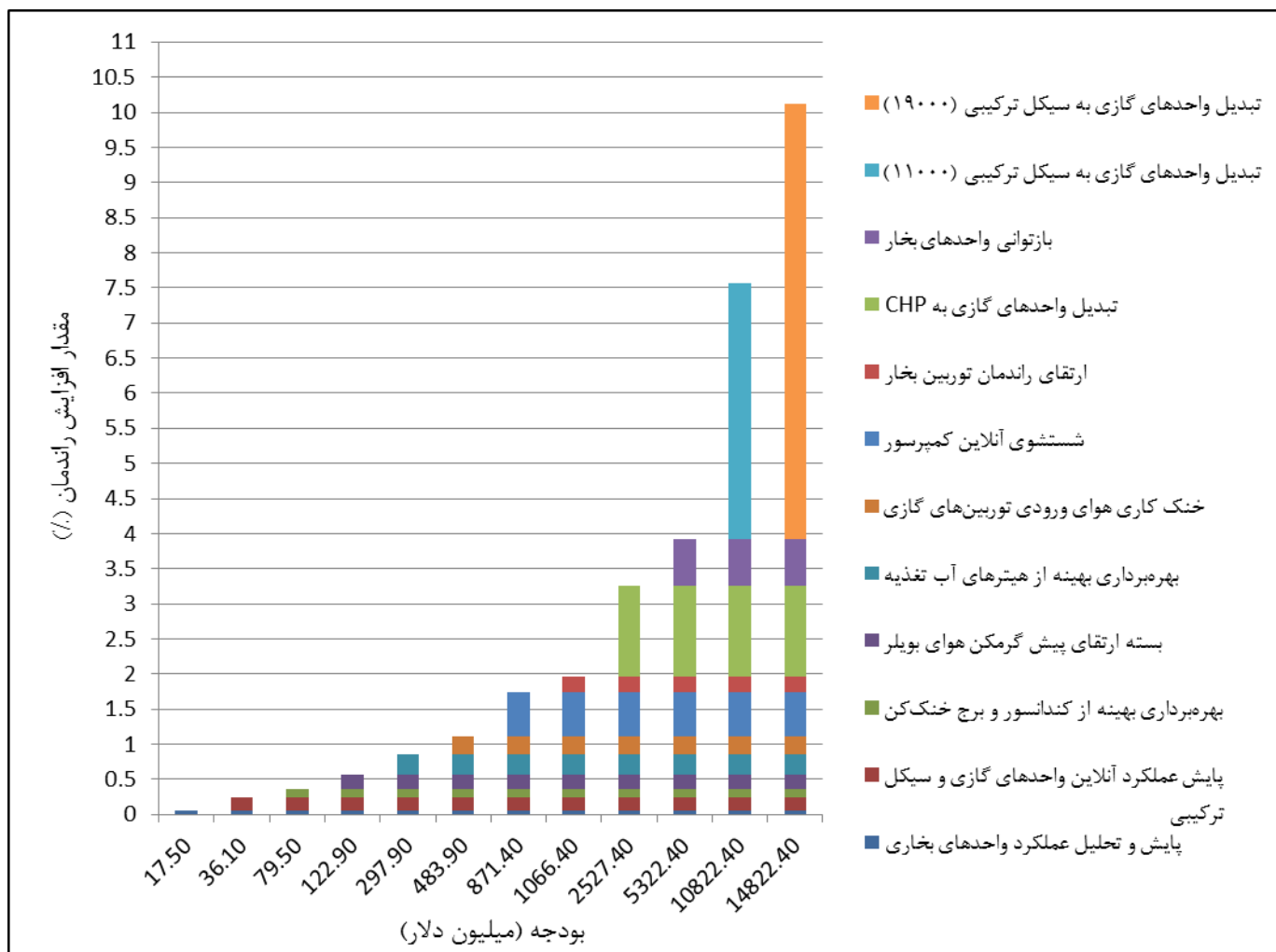
جدول ۲-۱۰- توالی انتخاب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی طبق بودجه‌های مختلف

افزایش راندمان (%)	راندمان (%)	ترتیب و توالی انتخاب فناوری‌ها (با ظرفیت کامل برای پیاده‌سازی)	میزان تغییر (افزایش) بودجه (میلیون دلار)	سطح بودجه (میلیون دلار)
۰,۰۶	۳۶,۵	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری	-	۱۷,۵
۰,۲۵	۳۶,۶۹	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی	۱۸,۶	۳۶,۱
۰,۳۶	۳۶,۸	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	۴۳,۴	۷۹,۵
۰,۵۶	۳۷	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	۴۳,۴	۱۲۲,۹
۰,۸۵	۳۷,۲۹	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر ۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۱۷۵	۲۹۷,۹
۱,۱۱	۳۷,۵۵	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر ۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه ۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۱۸۶	۴۸۳,۹

افزایش راندمان (%)	راندمان (%)	ترتیب و توالی انتخاب فناوری‌ها (با ظرفیت کامل برای پیاده‌سازی)	میزان تغییر (افزایش) بودجه (میلیون دلار)	سطح بودجه (میلیون دلار)
۱,۷۵	۳۸,۱۹	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر ۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه ۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی ۷. شستشوی آنالاین کمپرسور	۳۸۷,۵	۸۷۱,۴
۱,۹۶	۳۸,۴۰	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر ۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه ۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی ۷. شستشوی آنالاین کمپرسور ۸. ارتقای راندمان توربین بخار	۱۹۵	۱۰۶۶,۴
۳,۲۶	۳۹,۷	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر ۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه ۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی ۷. شستشوی آنالاین کمپرسور ۸. ارتقای راندمان توربین بخار ۹. تبدیل واحدهای گازی به CHP	۱۴۶۱	۲۵۲۷,۴
۳,۹۳	۴۰,۳۷	۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری ۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی ۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن ۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر ۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۲۷۹۵	۵۳۲۲,۴

افزایش راندمان (%)	راندمان (%)	ترتیب و توالی انتخاب فناوری‌ها (با ظرفیت کامل برای پیاده‌سازی)	میزان تغییر (افزایش) بودجه (میلیون دلار)	سطح بودجه (میلیون دلار)
		<p>۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی</p> <p>۷. شستشوی آنالاین کمپرسور</p> <p>۸. ارتقای راندمان توربین بخار</p> <p>۹. تبدیل واحدهای گازی به CHP</p> <p>۱۰. بازتوانی واحدهای بخار</p>		
۷,۵۷	۴۴,۰۱	<p>۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری</p> <p>۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی</p> <p>۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن</p> <p>۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر</p> <p>۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه</p> <p>۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی</p> <p>۷. شستشوی آنالاین کمپرسور</p> <p>۸. ارتقای راندمان توربین بخار</p> <p>۹. تبدیل واحدهای گازی به CHP</p> <p>۱۰. بازتوانی واحدهای بخار</p> <p>۱۱. تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی</p> <p>(کمتر از ظرفیت کامل: ۱۱ هزار مگاوات از ۱۹ هزار مگاوات)</p>	۵۵۰۰	۱۰۸۲۲,۴
۱۰,۱۲	۴۶,۵۶	<p>۱. پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری</p> <p>۲. پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی</p> <p>۳. بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن</p> <p>۴. بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر</p> <p>۵. بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه</p> <p>۶. خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی</p> <p>۷. شستشوی آنالاین کمپرسور</p> <p>۸. ارتقای راندمان توربین بخار</p> <p>۹. تبدیل واحدهای گازی به CHP</p> <p>۱۰. بازتوانی واحدهای بخار</p> <p>۱۱. تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی</p> <p>(با ظرفیت کامل: ۱۹ هزار مگاوات)</p>	۹۵۰۰	۱۴۸۲۲,۴

همانطور که در ستون دوم جدول فوق و همچنین در نمودار زیر مشاهده می‌شود، افزایش بودجه و راندمان با ورود اولویت هشتم به بعد ارقام قابل توجهی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر هشت مورد اول با بودجه‌ای در حدود یک میلیارد دلار اجرایی می‌گردند اما راندمان تنها ۳۸,۴ خواهد شد که نسبت به راندمان هدفگذاری شده (۴۴٪) فاصله دارد و فقط ۱,۹۶ درصد موجب بهبود راندمان کلی می‌گردد، با اضافه شدن فناوری نهم (تبدیل واحدهای گازی به CHP) بودجه مورد نیاز برای پیاده‌سازی کامل نهم مورد فناوری، بیشتر شده و بیش از یک میلیارد دلار افزایش بودجه نیاز است.



شکل ۲-۶- مقادیر افزایش راندمان در سطوح مختلف بودجه براساس توالی انتخاب فناوری‌های اولویت‌بندی شده

با ورود فناوری بازتوانی به لیست اولویت‌ها، بودجه مورد نیاز بیش از ۲,۵ میلیارد دلار افزایش یافته و راندمان نیز بیش از ۴۰ درصد خواهد شد و همانطور که مشخص است برای دستیابی به راندمان هدف، ظرفیت فناوری تبدیل واحدهای گازی به سیکل

ترکیبی، تعیین کننده خواهد بود. زمانی که این ظرفیت براساس بودجه، به رقم ۱۱ هزار مگاوات می‌رسد، راندمان ۴۴ درصد محقق می‌گردد (معادل با سناریوی ۱۱ میلیارد دلاری در جدول ۲-۵) و زمانی که ظرفیت کامل برای آن در نظر گرفته شود، ضمن افزایش ۹۵۰۰ میلیارد دلاری بودجه مورد نیاز، راندمان بیش از ۴۶,۵ درصد خواهد شد.

در نتیجه با توجه به جدول و نمودار فوق اولویت‌های فناوری مطابق با جدول زیر خواهد بود. لازم به ذکر است فناوری ارتقا توربین‌های گازی تنها در بودجه‌های بالاتر از ۱۴,۹ میلیارد دلار و پس از کامل شدن ظرفیت فناوری تبدیل به سیکل ترکیبی، دارای ظرفیت خواهد شد و در نتیجه در اولویت آخر قرار گرفته است.

جدول ۲-۱۱- اولویت فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی

اولویت	نام فناوری
اول	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری
دوم	پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی
سوم	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن
چهارم	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر
پنجم	بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه
ششم	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی
هفتم	شستشوی آنالاین کمپرسور
هشتم	ارتقای راندمان توربین بخار
نهم	تبدیل واحدهای گازی به CHP
دهم	بازتوانی واحدهای بخار
یازدهم	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی
دوازدهم	ارتقای توربین‌های گازی

۲-۶-۴- فناوری‌های اولویت‌دار از منظر بخش خصوصی

همانطور که در بخش ۲-۴ بیان شد با توجه به خصوصی بودن بخشی از نیروگاه‌ها، لازم است فناوری‌های جذاب برای این بخش نیز شناسایی شوند تا دستیابی به اهداف تسهیل گردد. در نتیجه اولویت‌بندی فناوری از منظر معیارهای مورد توجه بخش خصوصی نیز مدنظر قرار گرفته است که این امر به سیاستگذاران در جهت تسهیل تحقق اهداف افزایش راندمان با لحاظ نقش

بخش خصوصی، یاری می‌رساند. به طور معمول معیارهای اقتصادی برای بخش خصوصی دارای اهمیت ویژه‌ای هستند، بنابراین با توجه به نظرات تیم فنی و نظرات خبرگان (طبق مطالب بخش ۲-۶)، معیارهای اولیه‌ای چون مدت زمان بازگشت سرمایه، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی در نظر گرفته شدند. اطلاعات اولیه مرتبط با این معیارها در جدول زیر مشخص شده‌اند.

جدول ۲-۱۲- مقادیر مربوط به فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان از منظر بخش خصوصی

ردیف	نام فناوری	LCOE (سنت بر کیلووات ساعت)	NPV (میلیون دلار)	IRR (%)	مدت بازگشت سرمایه (سال)
۱	بازتوانی	۳,۶۷	۸۷۹	۳۷	۵
۲	پایش و تحلیل عملکرد واحد (بخاری)	۴,۶۲	۲۶	۳۴۴۴	۰,۰۳
۳	بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۴,۵۹	۲۹	۸۸	۱,۳
۴	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	۴,۶۸	۱۶	۵۹	۲
۵	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	۴,۶۳	۱۷	۶۱	۱,۹۵
۶	بسته ارتقای توربین بخار	۴,۴۹	۶۵	۱۶۸	۰,۶۶
۷	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	۴,۰۳	۲۴۲	۲۵	۷,۲
۸	پایش عملکرد آنالاین واحد (گازی)	۴,۹۲	۱۵	۱۷۵۱	۰,۱
۹	شستشوی آنالاین کمپرسور	۴,۹۴	۱۵	۱۰۶	۱,۰۴
۱۰	ارتقای توربین‌های گازی	۵,۰۳	۱۲	۳۲	۴,۰۸
۱۱	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۵,۰۱	۹	۹۵	۱,۱۹
۱۲	تبدیل واحدهای گازی به CHP گازی	۵,۱۲	۱۰۷	۶۱	۱,۹
۱۳	تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی	۴,۸۳	۴۲۶	۳۴	۳,۶

از میان شاخص‌های فوق می‌توان فناوری‌های اولویت‌دار از منظر بخش خصوصی را مشخص نمود، که با توجه به نظر خبرگان حاضر در کمیته راهبردی معیار نرخ بازده داخلی (IRR)، مد نظر قرار گرفت و مقرر گردید برای دقت بیشتر، چنانچه معیار دیگری به جز این معیار در مطالعات معتبر بین‌المللی وجود داشت، به تحلیل اضافه گردد. طبق بررسی‌های به عمل آمده و مطابق با گزارش آژانس بین‌المللی انرژی^۱ تحت عنوان "مواجهه با چالش‌های سرمایه‌گذاری در بخش تولید برق"^۲، هزینه سرمایه‌گذاری به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی ریسک برای سرمایه‌گذاران در بخش تولید نیرو شناسایی شده است، (۱۱) در نتیجه این شاخص به عنوان یک فاکتور تکمیلی در نظر گرفته شده و از میان فناوری‌ها به ترتیب نرخ بازده داخلی آن‌ها، انتخاب صورت می‌گیرد.

جدول ۲-۱۳- فناوری‌های افزایش راندمان از منظر معیارهای مهم برای بخش خصوصی

ردیف	اولویت	نام فناوری	IRR (%)	هزینه سرمایه‌گذاری (میلیون دلار)
۱	اول	پایش و تحلیل عملکرد واحد (بخاری)	۳۴۴۴	۰,۴
۲		پایش عملکرد آنلاین واحد (گازی)	۱۷۵۱	۰,۱
۳	دوم	بسته ارتقای توربین بخار	۱۶۸	۱۲,۵
۴	اول	شستشوی آنلاین کمپرسور	۱۰۶	۲
۵		خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۹۵	۱
۶		بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۸۸	۴
۷		بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	۶۱	۱
۸		بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	۵۹	۱
۹	سوم	بازتوانی	۳۷	۳۴۴
۱۰		تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی	۳۴	۲۰,۵
۱۱	دوم	ارتقای توربین‌های گازی	۳۲	۸
۱۲	سوم	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	۲۵	۱۶۰

¹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA)

² Tackling Investment Challenges in Power Generation

همانطور که مشخص است هشت مورد ابتدایی (به جز بسته ارتقای توربین بخار) که از نظر هر دو معیار وضعیت جذابتری دارند، به این معنا که نرخ بازده داخلی آن‌ها قابل توجه بوده و در مقابل هزینه سرمایه‌گذاری آن‌ها به طور نسبی پایین است، در میان فناوری‌های اولویت‌دار بخش خصوصی قرار خواهند گرفت و در نتیجه در زمینه ایجاد محرک‌ها و سیاست‌های تشویقی وضعیت بحرانی ندارند. فناوری ارتقای توربین بخار، ممکن است با توجه به هزینه سرمایه‌گذاری به نسبت بالاتری که دارد، در عمل نیازمند سیاست‌های تشویقی بیشتری باشد. فناوری ارتقا توربین گازی با نرخ بازده داخلی پایین تر، هزینه سرمایه‌گذاری متعادل‌تری نسبت به فناوری ارتقای توربین بخار دارد و از این حیث می‌توان گفت در اولیوی مشابه به این فناوری قرار می‌گیرد و گرچه در اولویت آخر از رویکرد ملی است، اما در صورت فراهم بودن شرایط و ایجاد الزام برای حمایت، سیاست‌های تشویقی مشابه را می‌طلبد.

از سوی دیگر سه فناوری حیاتی و تعیین کننده‌ی افزایش راندمان که در رویکرد ملی شناسایی شدند، در رویکرد بخش خصوصی نیز با توجه به نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری بالا (مطابق جدول فوق)، نیاز جدی به سیاست‌های تشویقی و محرک‌های مناسب از سوی دولت برای پیاده‌سازی توسط بخش خصوصی دارند. به عبارت دیگر ممکن است در عمل بخش خصوصی امکان تعهد هزینه‌های مربوط به این فناوری‌ها را نداشته باشد.

به عنوان نتیجه‌گیری از بحث، با توجه به این که هدف از اولویت‌بندی با دیدگاه بخش خصوصی تسهیل دستیابی به اهداف می‌باشد، اولویت‌بندی فوق سهم شایانی در ترسیم مسیر دستیابی به اهداف پروژه ایفا خواهد نمود که در ادامه گزارش مورد بحث واقع خواهند شد.

۲-۷- سبک اکتساب فناوری‌های منتخب

پس از شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار، لازم است نحوه تامین و اکتساب این فناوری‌ها مشخص گردد، به طور کلی سه سبک اکتساب فناوری رسمی و رایج وجود دارند که عبارتند از "توسعه درونزا (بهره‌گیری از توانمندی داخلی)"، "همکاری فناورانه" و "خرید فناوری" که از این میان سبک همکاری فناوری شامل طیف وسیعی از روش‌ها می‌گردد که در بخش ۲-۳ تشریح شدند. این که یک فناوری براساس کدام یک از سبک‌های فوق تامین شود، بستگی به معیارهای گوناگونی دارد. براساس مدل

اكتساب فناوری‌های اولویت‌دار صنعت برق (۱۲)، سه معیار چرخه عمر فناوری، میزان به کارگیری (حجم بازار) و شکاف فناوری، جهت تعیین سبک اکتساب فناوری به کار گرفته خواهند شد.

چرخه عمر فناوری شامل مراحل معرفی، رشد و بلوغ، و زوال می‌باشد که هر کدام بر تعیین سبک اکتساب فناوری، تاثیرگذار می‌باشند. به طوری که برای فناوری‌های نوظهور و در حال معرفی، امکان خرید و همکاری فناورانه از نوع تجاری آن وجود ندارد و برای فناوری‌های رو به زوال که به نوعی جانشین آن‌ها در حال ظهور می‌باشد، نیز انتخاب سبک‌های تحقیق و توسعه و همکاری فناوری منطقی نیستند. در مراحل رشد و یا بلوغ نیز برای تعیین سبک اکتساب معیارهای بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرند. معیار حجم بازار، گستره نیاز و تقاضای داخلی برای محصول منتج از توسعه فناوری را ارزیابی نموده و در صورتی که مقدار آن (از حیث ارزش مالی) قابل توجه نبوده و در نتیجه توسعه توانمندی در آن به صرفه نباشد، سبک خرید محصول پیشنهاد می‌گردد (البته در صورت نبود توانمندی داخلی). اما در صورت قابل توجه بودن این مقدار، به جهت جلوگیری از خروج ارز در حجم زیاد، سبک خرید فناوری را نادیده گرفته و جهت تعیین سبک اکتساب از میان توسعه درونزا و همکاری فناوری، لازم است فاکتور شکاف فناوری مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که توانمندی فناوری مناسبی وجود داشته باشد و شکاف فناوری در افق برنامه‌ریزی قابل پوشش باشد، سبک توسعه درونزا و در غیر این صورت سبک همکاری فناوری پیشنهاد می‌گردد.

اطلاعات مربوط به فاکتورهای فوق مبتنی بر گزارش فاز اول و اطلاعات خبرگان طی جلسه‌ای تهیه شده و در جدول زیر ارائه شده است. به عبارت دیگر به منظور تعیین نحوه تامین فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور، وضعیت فناوری‌ها براساس چرخه عمر فناوری، میزان به کارگیری (حجم بازار) و توانمندی داخلی، مشخص و در جدول زیر ارائه شده است. لازم به ذکر است بند سوم از جدول زیر مجموعه‌ای است از فناوری‌های حوزه بهینه‌سازی بهره‌برداری واحدها که شامل موارد زیر می‌باشند:

- پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری
- بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه
- بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن

• پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی

• شستشوی آنلاین کمپرسور

جدول ۲-۱۴- ارزیابی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی از حیث معیارهای اکتساب فناوری

ردیف	نام فناوری	چرخه عمر فناوری	حجم بازار	شکاف فناوری
۱	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	بلوغ	بالا	کم
۲	بازتوانی نیروگاه‌های بخار قدیمی	رشد	متوسط	متوسط
۳	بهینه‌سازی بهره‌برداری نیروگاه‌های حرارتی موجود	بلوغ	بالا	متوسط
۴	ارتقای توربین‌های گازی موجود	رشد	بالا	کم
		رشد	متوسط	متوسط
۵	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	رشد	بالا	کم
۶	ارتقای راندمان توربین بخار	رشد	کم (تنوع زیاد)	زیاد
۷	ارتقای راندمان بویلر نیروگاه‌های بخار	رشد	بالا	متوسط
۸	تبدیل واحدهای گازی به CHP	رشد	بالا	متوسط

روش‌های مناسب تامین این فناوری‌ها براساس معیارهای فوق و منطق تشریح شده، و طبق تحلیل کلی وضعیت این فناوری‌ها، می‌توانند تعیین شوند که برای هر یک از فناوری‌ها به صورت زیر تشریح شده است:

• تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی: مطابق با نظرات اعضای محترم کمیته راهبری، این فناوری، از نظر چرخه عمر در مرحله بلوغ خود قرار داشته و در نتیجه سبک‌های سه گانه اکتساب فناوری برای آن قابل بررسی است. از سوی دیگر با توجه به حجم بالای منابع مالی لازم به منظور پوشش تقاضا برای این فناوری، سبک خرید فناوری حذف شده و براساس وضعیت شکاف فناوری و سطح توانمندی کشور در افق زمانی، انتخاب از میان دو سبک همکاری فناوری و توسعه درونزا، انجام می‌پذیرد. با توجه به توانمندی مناسب کشور در این حوزه و وجود شرکت مپنا به عنوان یک بازیگر

صنعتی و توانمند در این فناوری، شکاف فناورانه کم و قابل پوشش بوده و در نتیجه سبک اکتساب بهره‌گیری از توانمندی داخلی انتخاب شده است.

• بازتوانی نیروگاه‌های بخار قدیمی: این فناوری در مرحله رشد از چرخه عمر فناوری خود قرار داشته و حجم بازار آن متوسط تشخیص داده شده است و در نتیجه سبک خرید فناوری حذف شده و با توجه به وضعیت شکاف فناوری، سبک همکاری فناورانه پیشنهاد شده است. به عبارت دیگر سطح توانمندی داخلی طوری است که در بخش توربین بخار در این حوزه نیاز به همکاری وجود دارد و پوشش شکاف فناوری در این مورد به وسیله تحقیق و توسعه داخلی در افق زمانی مورد نظر، امکانپذیر نمی‌باشد. البته لازم به ذکر است طی روند همکاری برای بخش توربین بخار می‌بایست انتقال فناوری نیز صورت گرفته تا در افق زمانی توان بومی‌سازی آن حاصل گردد.

• بهینه سازی بهره‌برداری نیروگاه‌های حرارتی موجود: مجموعه فناوری‌های بهینه‌سازی بهره‌برداری نیروگاه‌های حرارتی، در مرحله بلوغ از چرخه عمر فناوری تشخیص داده شده‌اند و حجم بازار آن‌ها بالاست، و در نتیجه سبک خرید فناوری حذف شده و با توجه به این که توانمندی داخلی و وضعیت شکاف فناوری در این حوزه طوری است که با انجام تحقیق و توسعه داخلی می‌توان در افق زمانی مبادرت به توسعه داخلی این فناوری‌ها نمود، سبک بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی، پیشنهاد می‌گردد.

• ارتقای توربین‌های گازی: گرچه این فناوری به عنوان آخرین اولویت مورد گزینش قرار گرفته است اما در صورت پیاده‌سازی می‌تواند با توجه به منطق فوق به صورت زیر تامین گردد. در مورد ارتقای توربین‌های گازی از نوع V94.2، با توجه به این که از نظر چرخه عمر در مرحله رشد قرار داشته و حجم بازار آن بالا بوده و شکاف فناوری (به دلیل توانمندی مپنا) کم است، می‌توان بهره‌گیری از توانمندی داخلی را پیشنهاد نمود، اما در مورد ارتقای توربین‌های گازی از نوع GE-F9، با توجه به سطح توانمندی داخلی و وضعیت شکاف فناوری، نیاز به همکاری وجود دارد و پوشش شکاف فناوری در این مورد به وسیله تحقیق و توسعه داخلی در افق زمانی مورد نظر، امکانپذیر نمی‌باشد. همچنین در این مورد نیز طی روند همکاری می‌بایست انتقال فناوری نیز صورت گرفته تا در افق زمانی توان بومی‌سازی آن حاصل گردد.

ارتقای راندمان توربین بخار: این فناوری در مرحله رشد از چرخه عمر قرار داشته و بازار آن متکثر است، به این معنا که توربین‌های موجود در نیروگاه‌های بخاری کشور همسان نبوده و متنوع می‌باشند، و از آن جا که شکاف فناوری زیاد بوده و با تحقیق و توسعه در افق زمانی پوشش داده نمی‌شود، سبک اکتساب این فناوری، خرید فناوری یا به عبارت دقیق‌تر برون‌سپاری طرح، پیشنهاد شده است. به عبارت دیگر با توجه به عدم یکپارچگی تقاضا از یک سو و شکاف فناوری غیر قابل پوشش در افق زمانی از سوی دیگر، در صورت ایجاد توانمندی فناورانه در یک نوع از توربین‌های موجود، امکان کاربرد توانمندی فناورانه در سایر توربین‌های بخار، وجود نداشته و در نتیجه توسعه توانمندی در این حوزه به صرفه نخواهد بود.

- بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر: این فناوری در مرحله رشد از چرخه عمر فناوری تشخیص داده شده و حجم بازار آن‌ها بالاست، و در نتیجه سبک خرید فناوری حذف شده و با توجه به این که توانمندی داخلی و وضعیت شکاف فناوری در این حوزه طوری است که با انجام تحقیق و توسعه داخلی می‌توان در افق زمانی مبادرت به توسعه داخلی این فناوری نمود، سبک بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی، پیشنهاد می‌گردد.

- تبدیل واحدهای گازی به CHP: این فناوری در مرحله رشد از چرخه عمر فناوری قرار داشته و حجم بازار آن‌ها قابل توجه برآورد شده است و در نتیجه سبک خرید فناوری حذف شده و با توجه به این که توانمندی داخلی و وضعیت شکاف فناوری در این حوزه طوری است که با انجام تحقیق و توسعه داخلی می‌توان در افق زمانی مبادرت به توسعه داخلی این فناوری نمود، سبک بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی، پیشنهاد می‌گردد.

نتایج تحلیل‌های فوق در جدول زیر مشخص شده است.

جدول ۲-۱۵- سبک اکتساب فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی

ردیف	نام فناوری	سبک اکتساب فناوری
۱	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	بهره‌گیری از تحقیق و توسعه درون‌زا
۲	بازتوانی نیروگاه‌های بخار قدیمی	آغاز با همکاری فعالانه به سوی بومی‌سازی خدمات، (نیاز به همکاری در بخش توربین بخاری و بهره‌گیری از توان‌مندی داخلی در سایر موارد)
۳	بهینه‌سازی بهره‌برداری نیروگاه‌های حرارتی موجود*	بهره‌گیری از توان‌مندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی
۴	ارتقای توربین‌های گازی V94.2 و GE-F9 موجود	برای V94.2: بهره‌گیری از توان‌مندی داخلی و برای GE-F9: آغاز با همکاری فعالانه به سوی بومی‌سازی خدمات
۵	خنک‌کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	بهره‌گیری از توان‌مندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی
۶	ارتقای راندمان توربین بخار	برون‌سپاری (خرید فناوری به علت تنوع در نوع واحدها)
۷	بسته‌ارتقای پیش‌گرمکن هوای بویلر	بهره‌گیری از توان‌مندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی
۸	تبدیل واحدهای گازی به CHP	بهره‌گیری از توان‌مندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

۲-۸- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این فصل ضمن بیان مفاهیم و روش اولویت‌بندی و اکتساب فناوری، فرآیند ویژه‌ای برای اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها تشریح شد. در این فرآیند روش اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور تعیین و یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای شناسایی اولویت‌ها از منظر ملی توسعه یافت. به علاوه فناوری‌های دارای اهمیت از منظر بخش خصوصی نیز از حیث معیارهای متناسب با علائق فعالان بخش خصوصی مشخص شدند تا به منظور تسهیل اجرای فناوری‌ها مدنظر قرار گیرند.

در پایان نیز به منظور تکمیل مرحله طراحی راهبرد فناوری در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، سبک اکتساب این فناوری‌ها براساس معیارهای سه‌گانه چرخه عمر فناوری، حجم بازار و شکاف فناوری، و تحلیل‌های متناسب با وضعیت هر یک از فناوری‌ها، تعیین شدند.

نتیجه گیری

در این گزارش به بررسی و ارائه ارکان جهت ساز توسعه فناوریهای افزایش راندمان نیروگاه ها پرداخته شد. در فصل اول پس از بررسی نظرات خبرگان، چشم انداز و اهداف کلان توسعه فناوری افزایش راندمان نیروگاه ها ارائه گردیدند. بدین جهت چشم انداز توسعه فناوری افزایش راندمان به صورت زیر تدوین گردید:

" در راستای تحقق اهداف راهبردی سند چشم‌انداز وزارت نیرو^۱ در افق ۱۴۰۴ و صیانت از سرمایه‌های ملی، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و تولید اقتصادی برق؛ راندمان متوسط تولید نیروگاه‌های حرارتی کشور سالانه حداقل یک درصد افزایش یافته و کشور در به‌کارگیری و بومی‌سازی فناوری‌های مناسب افزایش راندمان نیروگاه‌ها توانمند خواهد بود."

در راستای چشم انداز، اهداف کلان افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در افق زمانی ۱۴۰۴، که مورد موافقت کمیته راهبری قرار گرفتند، عبارتند از:

- راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی در افق ۱۴۰۴ حداقل ۴۶ درصد می‌باشد.
- ✓ با توجه به هدف فوق، راندمان مورد هدف برای نیروگاه‌های حرارتی موجود در افق ۱۴۰۴، ۴۴ درصد می‌باشد.
- راندمان نیروگاه‌های بخاری موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۳۹ درصد می‌باشد.
- راندمان نیروگاه‌های گازی موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۳۵ درصد می‌باشد.
- راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۵۰ درصد می‌باشد.
- تحقق توانمندی فناوریانه در به‌کارگیری و بومی‌سازی فناوری‌های حوزه افزایش راندمان با تاکید بر موارد زیر:

^۱ 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.

✓ تخصیص بودجه تحقیقاتی مشخص سالیانه برای سرمایه‌گذاری در حوزه تحقیق و توسعه برای

فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

✓ توسعه شرکت‌های دانش بنیان در حوزه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور

در فصل دوم به راهبرد فناوری توسعه فناوری افزایش راندمان نیروگاه‌ها پرداخته شد. در این فصل پس از بیان مفاهیم و روش اولویت بندی و سبک اکتساب، فرایند ویژه ای برای اولویت بندی فناوری ها افزایش راندمان نیروگاه ها تشریح شد. در این فرآیند روش اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور تعیین و یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای شناسایی اولویت‌ها از منظر ملی توسعه یافت. به علاوه فناوری‌های دارای اهمیت از منظر بخش خصوصی نیز از حیث معیارهای متناسب با علائق فعالان بخش خصوصی مشخص شدند تا به منظور تسهیل اجرای فناوری‌ها مدنظر قرار گیرند. در نهایت اولویت فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه ها حرارتی در جدول ۲-۱۱ و اولویت فناوری های افزایش راندمان از منظر معیارهای مهم برای بخش خصوصی در جدول ۲-۱۳ ذکر گردیدند.

در پایان نیز به منظور تکمیل مرحله طراحی راهبرد فناوری در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، سبک اکتساب این فناوری‌ها براساس معیارهای سه‌گانه چرخه عمر فناوری، حجم بازار و شکاف فناوری، و تحلیل‌های متناسب با وضعیت هر یک از فناوری‌ها، تعیین شدند. سبک اکتساب فناوری‌های اولویت دار در جدول ۲-۱۵ ارائه شد.



پیوست‌ها

پیوست ۱- پرسشنامه چشم‌انداز و اهداف کلان

به نام خدا

با سلام و احترام

فرهیخته گرامی؛

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

۱. چشم‌انداز

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

ابعاد مندرج در چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور		پاسخ
۱. در بیانیه چشم‌انداز، وضعیت مطلوب راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور به صورت کیفی مورد اشاره قرار گیرد یا کمی؟		<input type="checkbox"/> کیفی <input type="checkbox"/> کمی
۲. در حالت هدف‌گذاری کیفی، جایگاه و رتبه‌ی کشور از لحاظ متوسط راندمان نیروگاه‌های حرارتی (بر مبنای نوع سوخت مصرفی) در چه سطحی می‌تواند باشد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)	<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/>
۳. در حالت هدف‌گذاری کمی، رشد سالانه متوسط راندمان نیروگاه‌های حرارتی در چه سطحی می‌تواند باشد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)		<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>
<input type="checkbox"/> حداقل سالانه ۱٪ <input type="checkbox"/> طی ده سال ۱۰٪ <input type="checkbox"/> حداقل سالانه ۰.۵٪		<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>
• سایر گزینه‌های پیشنهادی		

پاسخ					ابعاد مندرج در چشم‌انداز افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور
<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> کل نیروگاه‌های حرارتی کشور (کل نیروگاه‌های حرارتی متصل به شبکه برق) 		۴. حوزه هدف‌گذاری چشم‌انداز در چه سطحی باشد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)
<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> نیروگاه‌های حرارتی دولتی 		
<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> نیروگاه‌های حرارتی دولتی و خصوصی تحت نظارت وزارت نیرو 		
<ul style="list-style-type: none"> سایر گزینه‌های پیشنهادی 					
<input type="text" value="۵"/>	<input type="text" value="۴"/>	<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	۵. کدامیک از نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه فناوری افزایش راندمان، برای اشاره در بیانیه چشم‌انداز از اهمیت بیشتری برخوردار است؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)
<input type="text" value="۵"/>	<input type="text" value="۴"/>	<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> تولید اقتصادی برق
<input type="text" value="۵"/>	<input type="text" value="۴"/>	<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> کاهش آلاینده‌های زیست محیطی
<input type="text" value="۵"/>	<input type="text" value="۴"/>	<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> اثر مثبت بر تراز تجاری انرژی
<input type="text" value="۵"/>	<input type="text" value="۴"/>	<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> امنیت عرضه انرژی
<input type="text" value="۵"/>	<input type="text" value="۴"/>	<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> افزایش استقلال انرژی
<ul style="list-style-type: none"> سایر گزینه‌های پیشنهادی 					
<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان 		۶. سطح توانمندی فناوریانه در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور می‌بایست در چه سطحی قرار داشته باشد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)
<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> به‌کارگیری فناوری‌های افزایش راندمان و بومی‌سازی حوزه‌های امکانپذیر 		
<input type="text" value="۳"/>	<input type="text" value="۲"/>	<input type="text" value="۱"/>	<ul style="list-style-type: none"> بومی‌سازی فناوری‌های افزایش راندمان 		
<ul style="list-style-type: none"> سایر گزینه‌های پیشنهادی 					

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

نمونه‌ای از بیانیه پیشنهادی چشم‌انداز

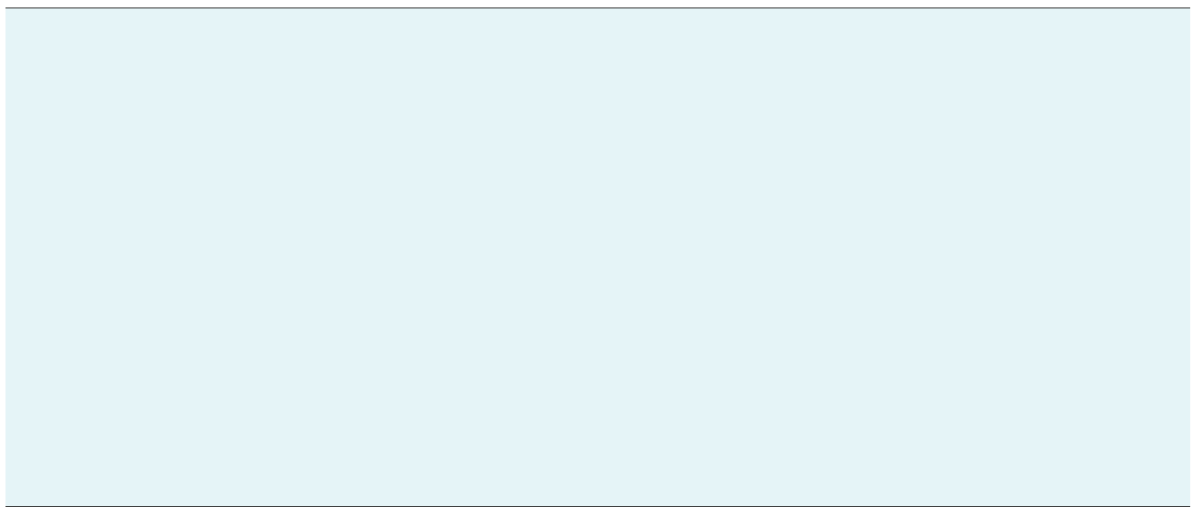
در راستای تحقق اهداف راهبردی سند چشم‌انداز وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴ و صیانت از سرمایه‌های ملی، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و تولید اقتصادی برق؛ متوسط راندمان تولید نیروگاه‌های حرارتی کشور در سطح قابل قبولی نسبت به استانداردهای جهانی^{**} قرار داشته و کشور در به‌کارگیری و بومی‌سازی^{***} فناوری‌های مناسب افزایش راندمان نیروگاه‌ها توانمند خواهد بود.

** مرجع: گزارش منتشر شده در سال ۲۰۱۳ توسط ECOFYS براساس آمار سال ۲۰۱۲ آژانس بین‌المللی انرژی:

متوسط راندمان ۱۵ کشور منتخب در سال ۲۰۱۰، با سوخت گاز طبیعی ۴۷٪، با سوخت مایع نفتی ۳۵٪ و با سوخت زغال سنگ ۳۵٪ می‌باشد. (کشورهای منتخب شامل کشورهای آلمان، آمریکا، انگلیس، استرالیا، ایرلند، ایسلند، چین، دانمارک، ژاپن، سوئد، کره جنوبی، فرانسه، فنلاند، نروژ و هند می‌باشند).

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

پیشنهادهات:



^۱ وزارت نیرو در افق چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران، سازمانی است بالنده که با برخورداری از مدیریت دانش‌محور، منابع انسانی کارآمد، ساختاری فراگیر و اتریخس، 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.

۲. اهداف کلان

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

در این مرحله نیز آنچه حائز اهمیت است تعیین وضعیت مجموعه اجزا و عناصر شکل‌دهنده به اهداف کلان می‌باشد. لذا خواهشمند است ویژگی‌های مربوط به اهداف کلان را براساس موارد طرح شده و با توجه به بیانیه چشم‌انداز و وضعیت فعلی مشخص نموده و پیشنهادات خود را ارائه نمایید.

ابعاد	عناصر شکل‌دهنده به اهداف کلان	پاسخ
موقعیت عملکردی و رقابتی	۱. متوسط راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی (گازی، بخاری و سیکل ترکیبی) تا افق ۱۴۰۴ به چه رقمی می‌تواند دست یابد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)	<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>
	• ۴۶ درصد	
	• ۴۵ درصد	
	• ۴۲ درصد	
	• سایر گزینه‌های پیشنهادی	
	
	۲. راندمان نیروگاه‌های بخاری ^۲ موجود تا افق ۱۴۰۴ به چه رقمی می‌تواند دست یابد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)	<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>
	• ۴۰ درصد	
	• ۳۹ درصد	
	• ۳۸ درصد	
	• سایر گزینه‌های پیشنهادی	
	
	۳. راندمان نیروگاه‌های گازی ^۳ موجود تا افق ۱۴۰۴ به چه رقمی می‌تواند دست یابد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)	<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>
	• ۳۶ درصد	
	• ۳۵ درصد	
	• ۳۴ درصد	
• سایر گزینه‌های پیشنهادی		
.....		
۴. راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ^۴ موجود تا افق ۱۴۰۴ به چه رقمی می‌تواند دست یابد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)	<input type="text" value="۱"/> <input type="text" value="۲"/> <input type="text" value="۳"/>	
• ۵۲ درصد		
• ۵۱ درصد		
• ۵۰ درصد		
• سایر گزینه‌های پیشنهادی		
.....		

^۲ در پایان سال ۹۲ متوسط راندمان نیروگاه‌های بخاری کشور ۳۷،۱ درصد بوده است.

^۳ در پایان سال ۹۲ متوسط راندمان نیروگاه‌های گازی کشور ۲۹،۶ درصد بوده است.

^۴ در پایان سال ۹۲ متوسط راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی کشور ۴۳،۶ درصد بوده است.

پاسخ			عناصر شکل‌دهنده به اهداف کلان	ابعاد
۳	۲	۱	<ul style="list-style-type: none"> • سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (درصدی از بودجه) • صادرات خدمات فنی • توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان • سایر گزینه‌های پیشنهادی <p>.....</p>	۵. به منظور رشد و پیشرفت فناوری در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کدام یک از شاخص‌های زیر برای هدف‌گذاری مناسب است دارد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)
۳	۲	۱		کیفیت‌سازی
۳	۲	۱		
۳	۲	۱		
در پایان چنانچه پیشنهاد دیگری مدنظر جنابعالی می‌باشد، مبذول فرمایید.				

پیوست ۲- پرسشنامه اولویت‌بندی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

به نام خدا

با سلام و احترام

فرهیخته گرامی؛

از اینکه فرصتی برای پاسخگویی به پرسش‌های این پرسشنامه صرف می‌کنید، بسیار سپاسگزاریم. پرسشنامه حاضر بخشی از فرآیند شناسایی اولویت‌های فناوری در سند راهبردی و نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور را شکل می‌دهد که طی آن براساس ارزیابی جذابیت فناوری می‌توان به شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار در این حوزه پرداخت. این مرحله پس از شناسایی فناوری در گام پیشین که در قالب درخت فناوری ارائه گردید، براساس معیارهای معینی در پی انتخاب فناوری می‌باشد. این انتخاب مبتنی بر ارزیابی فناوری‌های شناسایی شده در دو بعد جذابیت و توانمندی و تحلیل ماتریس مربوطه صورت می‌پذیرد.

در مرحله اول لازم است فناوری‌های دارای جذابیت شناسایی شوند و سپس توانمندی کشور در فناوری‌های مذکور ارزیابی گردد. ارزیابی جذابیت فناوری‌ها با استفاده از معیارهای جذابیت انجام می‌پذیرد. معیارهای جذابیت بیانگر ابعاد ذاتی از فناوری‌های شناسایی شده است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. این معیارها اغلب در دو دسته فنی و اقتصادی قابل تقسیم‌بندی می‌باشند که برای پروژه حاضر در جدول زیر ارائه شده‌اند.

در این بخش لازم است میزان اهمیت هر یک از معیارها در گام اول مشخص شود. لذا خواهشمند است براساس مقیاس زیر، رقمی را برای نشان دادن اهمیت هر یک از معیارها مشخص فرمایید.

بسیار زیاد ۱۰ متوسط ۵ بسیار کم ۱

دسته	معیار	میزان اهمیت (۱-۱۰)
فنی	۱. تاثیر در افزایش راندمان	
	۲. میزان پیچیدگی فناوری	
اقتصادی	۱. تاثیر در هزینه تمام شده برق (LCOE)	
	۲. مدت زمان بازگشت سرمایه (Payback Period)	
	۳. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (CAPEX)	
	۴. نسبت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه به درصد افزایش راندمان	

همچنین لازم به ذکر است با توجه به کثرت فناوری‌های شناسایی شده در قالب درخت فناوری و لزوم تقلیل داده‌ها برای سهولت جمع‌آوری اطلاعات، می‌بایست براساس حداکثر دو مورد از معیارهای جدول فوق یک پالایش ابتدایی از فناوری‌ها صورت پذیرفته و مجموعه مشخصی از فناوری‌ها وارد فرآیند ارزیابی جذابیت شوند. لذا خواهشمند است حداکثر دو مورد از معیارهای فوق را برای پالایش ابتدایی مطرح فرمایید.

معیارهای لازم برای پالایش ابتدایی فناوری‌های درخت فناوری
۱.
۲.

مراجع

1. Organizing for technological collaborations: a managerial perspective. Chiesa, V and Manzini, R. s.l. : R&D Management, 1998. pp. 199-212.
2. Allison, M., and Kaye, J. Strategic Planning for Nonprofit Organizations. 1998.
3. Kaplan, R.S. and Norton, D.P. The balanced scorecard: translating strategy into action. United states of America : Harvard Business Press, 1996.
۴. دیوید، فرد آر، ترجمه دکتر علی پارسائیان و دکتر سید محمد اعرابی. مدیریت استراتژیک. تهران : دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۱.
۵. مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی. تهران : در دست چاپ، ۱۳۹۲.
۶. اعرابی، سیدمحمد. تدوین استراتژی گمرک ایران. تهران : گمرک جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۸.
7. APCTT. Atlas technology: a framework for technology planning. s.l. : Asian and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT) publication, 1989.
8. Wolcott, P, Goodman, S. and Burkhart, G. The information technology Capability of Nations: A framework for Analysis. s.l. : MOSAIC Group Report, 1997.
9. UNIDO. Technology Foresight Manual,. Vienna : UNIDO, 2005a.
10. Agency, International Energy. Energy Technology Roadmaps: a guide to development and implementation. Paris : OECD/IEA, 2014.
11. (IEA), International Energy Agency. Tackling Investment Challenges in Power Generation. Paris : International Energy Agency (IEA), Head of Publications Service, 2007.
۱۲. موسوی، سید مسلم؛ زمانی میان‌دستی، محمد؛ کرمانی، محمدحسن؛ تدوین مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار صنعت برق. گروه نوآوری و توسعه فناوری دفتر برنامه‌ریزی وزارت نیرو، شرکت مشاوره مدیریتی آتی اندیشان شریف، ۱۳۹۱.

فهرست مطالب

۱- مرور ادبیات.....	۲
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- تعاریف و مفاهیم سیاست‌گذاری.....	۲
۳-۱- ویژگی‌ها و اصول تدوین سیاست‌های کلان.....	۴
۴-۱- طراحی سیاست‌های کلان.....	۷
۵-۱- فرآیند تدوین سیاست.....	۹
۶-۱- نظام نوآوری فناورانه.....	۱۰
۷-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....	۲۵
۲- تدوین سیاستها و اقدامات پشتیبان.....	۲۶
۱-۲- مقدمه.....	۲۶
۲-۲- اقدامات سیاستی.....	۲۶
۱-۲-۲- مقدمه.....	۲۶
۲-۲-۲- موانع و چالش‌های حوزه افزایش راندمان.....	۲۷
۳-۲-۲- اقدامات سیاستی پیشنهادی در جهت برطرف‌سازی موانع و چالش‌ها.....	۲۹
۳-۲- اقدامات فنی.....	۳۲
۱-۳-۲- مقدمه.....	۳۲
۲-۳-۲- اقدامات فنی پیشنهادی در جهت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان.....	۳۲
۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....	۳۴
مراجع.....	40

فهرست شکلها

شکل ۱- چارچوب طراحی سیاستهای کلان ۷

شکل ۲- طبقه بندی چالشهای پیش روی توسعه فناوری ۲۷

فهرست جداول

- جدول ۱- فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان ۱۴
- جدول ۲- کارکردهای پیشنهادی برگرفته از (BERGEK ET AL., 2008; HEKKERT AND NEGRO,) ۱۶
- جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های کمی و کیفی ۲۲
- جدول ۴- لیست و مشخصات خبرگان ۲۸
- جدول ۵- طبقه بندی چالش‌های پیش روی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی ۲۸
- جدول ۶- سیاست‌های پیشنهادی جهت مقابله با چالش‌های اصلی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی ۲۹
- جدول ۷- لیست اقدامات فناورانه در جهت تحقق اهداف کلان ۳۳

مقدمه

پس از تعیین اولویت‌های توسعه و سبک اکتساب فناوری در فاز سوم پروژه، لازم است مبادرت به تدوین سیاست‌های کلان و خرد اجرایی نمود که گزارش به آن می‌پردازد. این مرحله به منظور تعیین خطوط راهنما و رفع موانع و چالش‌های پیش روی توسعه فناوری انجام می‌پذیرد. در این بین موانع و چالش‌های ساختاری از اهمیت قابل توجهی برخوردار بوده و بنابراین لازم است مجموعه‌ای از سیاست‌ها نیز در راستای رفع آن‌ها تدوین گردد و با استفاده از ابزارهایی مانند نگاشت نهادی و تحلیل ساختار موجود، سیاست‌های بهبود ساختار فعلی شناسایی شوند. در نتیجه در این گزارش ابتدا ادبیات مربوط به این موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه پس از مرور مفاهیم و تعاریف سیاست‌ها، به معرفی نوع‌شناسی آن‌ها و ارائه روشی برای طراحی این سیاست‌ها پرداخته می‌شود.

۱- مرور ادبیات

۱-۱- مقدمه

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

۱-۲- تعاریف و مفاهیم سیاست‌گذاری

برای سیاست یا خطی‌مشی تعاریف متعددی ارائه شده است. در اینجا به عنوان نمونه به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود: (۵)

- سیاست عبارت است از تصمیم بسیط و از پیش گرفته شده‌ای که برای هدایت یا جایگزینی تصمیم‌گیری‌های تکراری در مدیریت بکار برده می‌شود.

- سیاست نوعی تصمیم است؛ تصمیمی اولیه، کلی، بنیادی و فراگیر که پس از جمع‌بندی افکار و تصمیمات فراوان دیگر اتخاذ می‌شود. سیاست یک تصمیم عام است و در عین حال با تصمیمات جزئی رابطه همپوشانی دارد. این دو باید مؤید یکدیگر باشند. به عبارت دیگر، باید در طول و نه در عرض یکدیگر باشند.

- سیاست، قاعده کلی اجرای عملیات است و به مدیریت ویژگی عملی داده، آن را از حوزه نظری و ذهنی به حوزه عملیاتی وارد می‌کند.

- سیاست، قانون انتخاب یا گزینش راه و سپس اتخاذ تصمیم است.

- سیاست، حاصل و نتیجه مطالعات و تصمیم‌های مدیران عالی سازمان و جامعه برای تخصیص منابع و امکانات با آینده‌نگری‌های معقول است.

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

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

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

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

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

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

در کنار این دو مفهوم، مفهوم سیاست‌های کلان قرار می‌گیرند که ماهیتی متمایز از دو تعریف ارائه شده دارند. سیاست‌های کلان مفهومی نزدیک به راهبردها است. راهبرد، راه رسیدن به اهداف تعیین شده است. این راه در حقیقت منتخبی از گزینه-

^۱ Mowery

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

۱-۳- ویژگی‌ها و اصول تدوین سیاست‌های کلان

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

- دارا بودن هدف‌های کلی و فراگیر: هدف‌های کلی، بخش اصلی سیاست‌های کلان را تشکیل می‌دهند و تصمیم‌گیرندگان در انتخاب سیاست‌ها، از آن‌ها بهره‌بردار می‌برند. به‌عنوان مثال اهدافی چون استقلال و آزادی، حفظ تمامیت ارضی کشور، توسعه اقتصادی و غیره در سیاست‌های کلان، اجزای اصلی و عمده را تشکیل می‌دهند.
- تعیین حد و مرز سایر ابعاد ارکان جهت‌ساز و نیز برنامه اقدامات و سیاست‌ها: سیاست‌های کلان باید تعیین‌کننده حد و مرز سایر ابعاد توسعه باشند. به‌عبارت دیگر، باید حیطه ارکان جهت‌ساز و خرد در سیاست‌های کلان معین شود.
- تعیین اولویت زمانی برنامه اقدامات و سیاست‌ها: سیاست‌های کلان، تعیین‌کننده اهداف زمانی سایر ابعاد توسعه می‌باشند. این بعد سیاست کلان، مشخص می‌کند که چه بخش‌هایی از برنامه اقدامات و سیاست‌ها باید بلافاصله عملی گردند و چه بخش‌هایی باید به مرور زمان به انجام رسند. به‌عبارت دیگر، سیاست‌های کلان، تعیین‌کننده زمان مناسب-تری است که باید اقدامات و سیاست‌های اجرایی در آن زمان اجرا گردند. در این راه مسائلی مانند حساسیت‌های سیاسی، بحرانی بودن اوضاع اجتماعی، احتیاج فوری به برآوردن یک نیاز و آماده نمودن جامعه برای پذیرش بعضی از مسائل، بر مهلت زمانی اولویت‌ها و برنامه‌ها تأثیر می‌گذارد.

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

• هدف‌داری: یکی دیگر از خصوصیات سیاست‌های کلان، هدف‌دار بودن آن است، سیاست‌های کلان به‌طور ارادی و از روی قصد و نیت قبلی، تنظیم و وضع می‌گردند و هدف معینی را دنبال می‌کنند. بنابراین این سیاست‌ها، موضوعاتی اتفاقی و تصادفی نیستند و رسوم و آداب و عادات اجتماعی، محتوای آن‌ها را تشکیل نمی‌دهد. اگرچه این عوامل در شکل‌گیری آن‌ها تأثیر فراوانی دارد.

• توجه به توسعه شبکه و مراکز توانمندی: توسعه شبکه و مراکز توانمندی می‌تواند باعث افزایش کارایی نظام ملی نوآوری گردد. طبق این مفهوم، هر کنش‌گر در نظام ملی نوآوری یک کشور می‌تواند به‌عنوان یک مرکز توانمندی عمل کند که شرکت‌های نوآور، سازمان‌های تحقیقاتی، و نهادهای دولتی را به‌هم ارتباط می‌دهد. توجه ویژه در دهه اخیر بر مفهوم شبکه و شبکه‌سازی برای خلق و انتشار نوآوری نیز مؤید همین مطلب است. بر همین اساس، لازم است تا سیاست‌هایی در سطح کلان وجود داشته باشند که بر این مفهوم به‌عنوان یک اصل مهم که در کلیه اقدامات و برنامه‌ها و اقدامات بر آن توجه شود، در نظر گرفته شود.

• اصل سازمان‌های تحقیقاتی یادگیرنده: این اصل بر این موضوع تأکید دارد که سازمان‌های تحقیقاتی نیازمند میزان قابل ملاحظه‌ای انعطاف‌پذیری سازمانی و مدیریتی برای پردازش تجارب کسب شده و اطلاعات جدید و برآورده ساختن اهداف تحقیق که طی توسعه اقتصادی تغییر می‌کنند، می‌باشند. بر این اساس، کلیه کنش‌گران لازم است تا از انعطاف-پذیری بالا در محیط توسعه فناوری برخوردار باشند. این انعطاف‌پذیری را می‌توان ابزاری برای غلبه بر اینرسی و لختی به وجود آمده از نظام‌های فنی و اجتماعی موجود به شمار آورد. در صورت وجود این اینرسی، کلیه اقدامات و برنامه‌ها در سطوح پایین‌تر بدون نتیجه باقی خواهد ماند و تغییر در ماهیت کلان نظام به‌وجود نمی‌آید. بنابراین ضرورت وجود سیاست‌های کلانی که با رعایت این اصل با ترویج انعطاف‌پذیری بر اینرسی موجود غلبه نمایند احساس می‌شود.

• اصل رقابت: رقابت مستلزم این است که دولت‌ها از چارچوب‌های قانونی و تنظیمی مبتنی بر بازار برای بهبود رقابت بین کنش‌گران نظام نوآوری ملی استفاده نمایند. تمرکز بر این چارچوب‌های مبتنی بر بازار بیشتر نگاهی است که در مکتب اقتصادی نئوکلاسیک بر آن تأکید می‌گردد. اما از نگاه سایر مکاتب اقتصادی (مانند نهادگرا)، اتکا تنها بر شکل-دهی به بازار در شرایطی که زیرساخت‌هایی ابتدایی و بنیادین نوآوری ضعیف است، شاید نتواند برآورده کننده شرایط

رقابت کامل باشد. بنابراین رقابت برای ایجاد شرایط نوآوری (نه فقط تنظیم بازار) می‌تواند موضوع سیاست‌های کلان باشد.

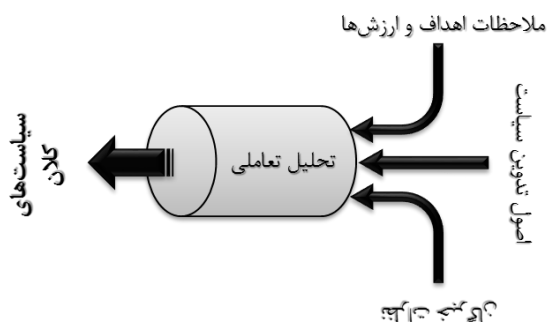
• اصل سازمان‌های تحقیقاتی ناب: این اصل بر دوری جستن از مشکلات بروکراتیک تأکید دارد. خصوصاً رویه‌های اداری وقت‌گیر که مانع تحقیق، بهره‌برداری، و کاربرد نتایج تحقیق می‌شود.

• اصل ارزیابی مستمر: گذشت زمان منجر به ایجاد تغییرات در محیط توسعه فناوری می‌گردد. این تغییرات ضرورتی برای بازنگری در اهداف و اقدامات به‌وجود می‌آورند. بر این اساس، در قالب سیاست‌های کلان ضروری است تا بر مفهوم تغییر و پویایی که جزء جدایی‌ناپذیر محیط توسعه است، تأکید گردد.

• اصل تکمیل‌کنندگی: توانایی سطوح مختلف دولت در حل مشکلات، تعیین‌کننده‌ی نحوه‌ی تخصیص توانمندی‌های سیاستی و مسئولیت‌های دولتی می‌باشد. بنابراین، هر واحد تصمیم‌گیری سیاستی تنها برای وظایفی مسئولیت نشان می‌دهد که نمی‌تواند توسط نهادهای دولتی یا خصوصی زبردست برعهده گرفته شود. با تحقق اصل تکمیل‌کنندگی، اقدامات بخش خصوصی تقویت خواهد شد.

۱-۴- طراحی سیاست‌های کلان

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



شکل ۱- چارچوب طراحی سیاست‌های کلان

ورودی

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

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

- تکنوکرات‌ها شامل دانشمندان، دانشگاهیان، و سایر متخصصانی که برای تشخیص میزان و ماهیت مسئله، همچنین تحلیل فنی علل و راه‌حل‌ها اطلاعات ارائه می‌کنند.
- بروکرات‌ها علاقه‌مند به استفاده از ساختار دولت‌اند، به‌گونه‌ای که به بهترین شکل برای مورد خطاب قرار دادن موضوعات مناسب باشد، و اغلب در پی حفظ یا توسعه بروکراسی موجود باشند.
- گروه‌های ذی‌نفع به‌طور عمده برای نمایندگی درباره نگرانی‌های گروه‌های خاصی از مردم تشکیل می‌شوند. آن‌ها درصدد این هستند که اطمینان حاصل کنند نظرات گروه‌های ذی‌نفع شنیده شده و در تصمیمات سیاست در نظر گرفته می‌شوند.
- سیاست‌مداران که معمولاً تصمیم‌گیران نهایی هستند.

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

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

۱-۵- فرآیند تدوین سیاست

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

خروجی

خروجی این چارچوب، سیاست‌هایی کلان تنظیم‌گر برای تسهیل فرآیندهای توسعه فناوری است. این سیاست‌ها، سیاست‌هایی قابل انعطاف هستند. به‌عبارت دیگر، طی زمان و با توجه به یادگیری، تغییر و تطابق با محیط پیرامون، سیاست‌های کلان هم در بلندمدت دستخوش تغییر می‌شوند. به‌طور کلی سیاست‌ها مقوله‌ای مرتبط با آینده هستند. اگر آینده به‌طور دقیق قابل پیش‌بینی بود، سیاست‌های ارجح می‌توانستند از طریق بررسی آینده‌های ممکن حاصل از اجرای هر سیاست و انتخاب مطلوب‌ترین

^۱ Interactive analysis

نتایج تعیین شوند. برای بیشتر سیستم‌های مورد توجه امروز، چنین پیش‌بینی‌هایی ممکن نیست. حتی بهترین مدل‌ها نیز نمی‌تواند جزئیات رفتار سیستم را پیش‌بینی نماید. بنابراین رویکرد کلاسیک انتخاب یک سیاست بر مبنای نتایج یک مدل بهترین تخمین دیگر نمی‌تواند معتبر باشد [۳]. با توجه به اینکه سیاست‌ها باید نوعاً طی زمان اجرا و تغییر یابند، سیاست‌های مبتنی بر تحلیل ایستا در یک نقطه از زمان بسیار غیر واقع‌بینانه خواهد بود. بنابراین، استعاره مناسب برای یک سیاست تعادل است تا بهینه‌سازی. بسیاری از سیاست‌ها باید علی‌رغم وجود عدم اطمینان درباره آینده تدوین شوند. هنگامی که تعدادی زیادی سناریو ممکن برای آینده وجود دارند، ایجاد یک سیاست واحد که در تمامی آن‌ها خوب عمل کند احتمال غیرممکن خواهد بود.

۱-۶- نظام نوآوری فناورانه

نظام‌های نوآوری فناورانه^۱ به تحلیل گذار از منظر تغییرات نهادی، سازمانی، اقتصادی، سیاسی، و فنی پیرامون ظهور فناوری‌های جدید می‌پردازد. این رویکرد بر پایه‌ی نظر کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) درباره نوآوری شکل گرفته است که مهمترین محرک‌های خلق، انتشار، و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه را در تعاملات نظام‌مند کنش‌گران، تحت زیرساخت‌های نهادی می‌داند. این برداشت از گسترش نوآوری فناورانه با الهام از تئوری بلوک‌های توسعه^۲ (Dahmén, 1988) و نیز در ارتباط با رویکردهای نظام ملی نوآوری^۳ (Freeman, 1988; Nelson, 1988) و نظام بخشی نوآوری^۴ (Breschi and Malerba, 1997) است.

از زمان توسعه اولیه این رویکرد در سال ۱۹۹۱، تغییرات مختلف و بهبودهای متفاوتی در مفهوم و ابزارهای عملیاتی آن صورت پذیرفته است. تمرکز بر فناوری‌های مشخص^۵ به جای تمرکز بر فناوری‌های عمومی و گسترده^۶، تاکید بر وقوع نوآوری‌های بنیادین به‌عنوان محرک گذارهای اجتماعی-فنی به‌جای تاکید بر نوآوری فناورانه به‌عنوان ابزاری در ایجاد رشد اقتصادی، و توجه به فناوری‌های نوظهور (و غالباً پایدار) به‌جای توجه به سایر انواع فناوری، نمونه‌هایی از تغییرات و همگرایی‌هایی صورت گرفته در این حوزه است. علاوه بر این‌ها، شناسایی مجموعه‌ی فرایندهای لازم برای توسعه نوآوری تحت عنوان کارکردهای

¹ Technological innovation systems (TIS)

² Development blocks

³ National innovation systems (NIS)

⁴ Sectoral innovation systems (SIS)

⁵ Specific technology

⁶ Generic technology

نظام نوآوری فناورانه، شناسایی مجموعه‌ی مکانیزم‌های اثرگذار بر شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه در قالب موانع و محرک‌های توسعه، ارائه‌ی تحلیل‌های ساختاری در قالب نقش کنش‌گران، نهادها، و شبکه‌ها در شکل‌گیری نوآوری، گسترش مفهوم شکست‌های بازار و با ارائه‌ی تعریفی جدید تحت عنوان شکست‌های سیستمی^۱، برقراری ارتباط و ایجاد سازگاری میان رویکردهای مختلف گذار (مانند رویکرد TIS و MLP) و ارائه‌ی رویکردهایی برای راهبری شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه، نمونه‌هایی از بهبودهای صورت پذیرفته در رویکرد نظام‌های نوآوری فناورانه در طول زمان است.

به کار بردن رویکرد سیستمی در مطالعه‌ی تغییرات فناورانه، بستری برای درک توسعه فناوری را فراهم می‌نماید. نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از این رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه^۲ یاد می‌گردد. بر این اساس، کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) این مفهوم را به صورت زیر تعریف می‌کنند:

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

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

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

- تاکید بر نقش شایستگی اقتصادی، به معنی توانایی در توسعه و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید کسب‌وکار در ایجاد نوآوری فناورانه. بر این اساس، بهره‌برداری و ترکیب دانش‌های موجود جز جدایی ناپذیر نوآوری فناورانه می‌باشد. در

¹ Systemic failures

^۲ این اصطلاح توسط محققین مختلف به گونه‌های متفاوت بکار گرفته شده است. Carlsson and Stankiewicz (۱۹۹۱) اصطلاح سیستم‌های تکنولوژیکی را بکار برده‌اند و محققان سوئدی

حقیقت بر خلاف سایر رویکردها که تفکری کلان از نوآوری داشتند، این ویژگی بر اهمیت نیروهای کارآفرین به- عنوان منابع نوآوری تاکید دارد.

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

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

▪ سیستم (نه تک‌تک اجزا) به‌عنوان واحد تحلیل قرار می‌گیرد. این فرض در سایر مدل‌های نظام نوآوری نیز مشابه است.

▪ سیستم ماهیتی پویا دارد. بنابراین در نظر گرفتن بازخوردها برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم‌ها ضروری می‌باشد.

▪ فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های فناورانه صورت پذیرد. به‌عبارت دیگر، بالابردن توانایی جذب اهمیت بیشتری از توانایی تولید فناوری جدید دارد.

▪ هر بازیگر در چارچوب خردپذیری محدود^۱ عمل میکند. به‌عبارت دیگر، بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند.

در کنار رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مفهوم بلوک‌های شایستگی^۲ قرار می‌گیرد. بلوک‌های شایستگی از جانب طرف تقاضا (محصول یا بازار) و به‌عنوان مجموع زیرساخت‌های لازم برای ساخت، انتخاب، تشخیص دادن، انتشار و بهره‌برداری از ایده- های جدید در خوشه‌هایی از بنگاه‌ها تعریف می‌گردد. نمونه‌ای از تحلیل با این رویکرد را می‌توان در بلوک شایستگی برای نظام سلامت کشور سوئد جستجو نمود که در آن اجزای تشکیل‌دهنده نظام‌های نوآوری فناوری مختلف محصولات و فناوری‌های لازم بخش سلامت را تامین میکنند، به‌تصویر کشیده شده است.

۱-۶-۱- شناخت کارکردی نظام نوآوری

1 Bounded rationality

2 Competence block

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به‌کار برد (Hekkert and Negro, 2009). از آن‌جایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تمام جوانب تغییرات فناورانه را در نظر گرفت، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده‌ی چارچوبی برای تحلیل کارکردی^۱ نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. ادکوئیست (۲۰۰۴) دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد میکند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق فرایندهای اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح اول سیستم (زیرکارکرد) شناسایی کرده‌اند^۲.

۱ کارکردها عوامل فرایندی مؤثر بر توسعه‌ی فناوری محسوب می‌شوند.

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

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

مراجع	کارکردها
(Suurs and Hekkert, 2009; Suurs et al., 2010; Suurs et al., 2009)	فعالیت‌های کافرینی توسعه دانش انتشار دانش جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع حمایت از سوی گروه-های پشتیبان
(Van Alphen et al., 2009b)	فعالیت‌های کافرینی توسعه دانش انتشار دانش جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع ایجاد مشروعیت
(van Alphen et al., 2009a)	فعالیت‌های کافرینی خلق دانش انتشار دانش جهت دهی به جستجو ایجاد بازار تامین و تخصیص منابع مشروعیت‌بخشی
(Bergek et al., 2008b; Jacobsson, 2008)	آزمایش‌های کارآفرینی توسعه و انتشار دانش تاثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع مشروعیت‌بخشی توسعه اثرات جانبی مثبت
(Alkemade et al., 2007; Hekkert and Negro, 2009; Hekkert et al., 2007a; Negro et al., 2008)	فعالیت‌های کارآفرینی توسعه دانش انتشار دانش از طریق شبکه‌ها جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر
(Negro et al., 2007)	فعالیت‌های کافرینی توسعه دانش انتشار دانش از طریق شبکه‌ها جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان
(Edquist, 2005)	تحقیق و توسعه مزیت‌سازی فراهم کردن خدمات مشاوره‌ای شبکه‌سازی تامین حدافل‌های کیفی ایجاد و تغییر ساختار صنعتی ایجاد و تغییر قواعد
(Jacobsson and Bergek, 2004)	ایجاد دانش جدید هدایت فرایند جستجو هموار کردن شکل-گیری بازار تامین منابع هموار کردن ایجاد اثرات جانبی مثبت
(Liu and White, 2001)	اجرا تحقیق ارتباط مصرف نهایی آموزش
(Rickne, 2000b)	ایجاد و انتشار محصول جدید ایجاد و انتشار فرصت نوآورانه انجام تحقیقات بازار افزایش شبکه‌سازی هدایت تکنولوژی ایجاد بازار و انتشار دانش بازار حمایت حمایت هموارسازی تامین مالی ایجاد بازار نیروی کار



غلبه بر مقاومت در برابر تغییر

ایجاد و شبیه‌سازی بازار تامین منابع

کانستن از عدم تعیین هدایت فرایند جستجو

هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات

(Johnson, 1998)

شناسایی پتانسیل‌های توسعه

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

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

کارکرد	توصیف
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.
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 درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت‌ها هستند.
انتشار دانش	دربگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است با هدف پراکنده‌سازی ^۱ و به‌اشتراک‌گذاری ^۲ دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده‌تر، شبکه‌هایی از بازیگران از پیش‌نیازهای این کارکرد به‌شمار می‌رود.
جهت‌دهی به سیستم	اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود.
شکل‌گیری بازار	شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می‌گردد.
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.
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 فناورانه است.

همان‌طور که اشاره شد، نظام‌های نوآوری تکنولوژیک را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات تکنولوژیک به‌کار برد. دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به‌تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد می‌کند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق کارکرد اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح

1 Dissemination

2 Sharing

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

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

الف) فعالیت‌های کارآفرینی

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

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

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

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

ب) خلق دانش

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

- پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ی انجام شده با هدف توسعه‌ی دانش در زمینه‌های ساخت و طراحی توسط سازمان‌های مختلف (در بخش‌های صنعت، دانشگاه و دولت) شامل:

○ مطالعات کتابخانه‌ای

○ طرح‌های پایلوت

○ توسعه‌ی نمونه‌های اولیه (Prototype)

- انتقال فناوری

- مهندسی معکوس

- سرمایه‌گذاری‌های مشترک با هدف توسعه‌ی دانش

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

ج) انتشار دانش

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

- استفاده از رسانه‌های جمعی برای انتشار مطالب پیرامون فناوری شامل اطلاعات فنی و غیرفنی (مانند بازار)

- فراهم‌آوری بسترهای لازم برای اطلاع‌رسانی در رابطه با دانسته‌های موجود (بدانیم که چه می‌دانیم) مانند فراهم‌آوری

پایگاه‌های اطلاعاتی یکپارچه

- میزان فعالیت شبکه‌های دانشی موجود

- برگزاری کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی

- پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران با هدف تبادل دانش

د) جهت‌دهی به سیستم

به‌علت محدود بودن منابع در دسترس، می‌بایست از میان گزینه‌های مختلف فناورانه موجود دست به انتخاب زد. بدون انجام این کار، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه‌ی وسیعی از گزینه‌ها پراکنده شده و به‌هدر می‌رود. برای جلوگیری از هدررفتن منابع، کارکرد جهت‌دهی به جستجو در روند توسعه‌ی فناورانه تعریف می‌گردد.

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

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

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

ه) شکل‌دهی به بازار

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

- ایجاد مزیت رقابتی بوسیله سیاست‌های مالیاتی بر فناوری و صنایع رقیب
- کاهش هزینه‌های مصرف فناوری
- وضع آیین‌نامه‌ها و قواعد تنظیم‌کننده بازار در مورد فناوری
- معافیت‌های مالیاتی بر فناوری
- اعطای تسهیلات در صورت استفاده از فناوری

- تعیین حداقلی از سهم استفاده از فناوری
- اقدامات انجام‌شده برای بازاریابی محصولات تولیدشده از فناوری

و) بسیج منابع

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

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

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

ز) مشروعیت بخشی

ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی همراه می‌شود. بنابراین، می‌بایست بازیگران فناوری نوظهور، بر این لختی غلبه نمایند. این امر، از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام تکنولوژیکی نوآوری صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد. این کارکرد، به‌میزان زیادی با کارکرد جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی شباهت دارد. بزرگترین تفاوت بین آن‌ها این است که در کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، قواعد موجود در نظام تکنولوژیکی نوآوری تغییر نمی‌کنند. این کارکرد تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان می‌پردازد. سپس، رسمیت‌بخشیدن

به فناوری از طریق وضع قواعد جدید، توسط نهادهای پشتیبان صورت می‌پذیرد. فعالیت وضع قوانینی در حمایت از فناوری نیز مربوط به کارکردهای دیگر (مانند جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی و تأمین منابع) است.

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

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

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

جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های کمی و کیفی

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد فرصت‌های		تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی
	جدید		تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری
توسعه‌ی دانش		ورود شرکت‌های موجود به عرصه‌ی فناوری	حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده
		نمایش فرصت‌های	برگزاری نمایشگاه تکنولوژی
		جدید	انجام پروژه‌های نمایشی
		فنی	تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی
		تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی	تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه

تکنولوژی		
اندازه‌ی سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه		
تکنولوژی		
تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از تکنولوژی		
تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از		
تکنولوژی (Prototype)		
تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار	غیرفنی	
تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده		
تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک	فنی	انتشار دانش
صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)		
تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با		
فناوری		
تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام		
تکنولوژیک		
اندازه‌ی شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام		
تکنولوژیک		
میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل - کرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی		
تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار	غیرفنی	
تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده		
قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی	رسمی (وضع نهادها)	جهت‌دهی به سیستم
استانداردهای تدوین شده		
وضع چشم‌اندازهای جدید برای	غیررسمی	
توسعه‌ی تکنولوژی و یا موارد دیگر	(شکل‌گیری	
که بر تکنولوژی اثرگذارند	انتظارات)	
شکل‌گیری محرک‌هایی برای		
توسعه‌ی تکنولوژی یا نوع خاصی از		
آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع		
مصرفی تکنولوژی)		

شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی	
رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر	
ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی)	
شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی تکنولوژی	
شفاف‌سازی پتانسیل بازار	شکل‌گیری بازار
میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران	
شناسایی مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار	
تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی	
تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار	
کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)	مالی
سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری	بسیج منابع
در دسترس بودن نیروی انسانی فنی	انسانی
در رابطه با تکنولوژی موردنظر	
تأمین مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای توسعه‌ی تکنولوژی از خارج از کشور	مواد
توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل	دارایی‌های مکمل
میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری تکنولوژیک در حال توسعه	مشروعیت بخشی
میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی تکنولوژی و محصولات مربوط به آن	

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

۱-۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این فصل پس از بیان تعاریف و مفاهیم تدوین سیاست‌های کلان، به بیان ویژگی‌ها و اصول تدوین سیاست‌های کلان پرداخته شد. سپس چارچوبی جهت طراحی سیاست‌های کلان ارائه گردید. در این چارچوب نظرات خبرگان، اصول تدوین سیاست و ملاحظات اهداف کلان توسعه به عنوان ورودی تدوین سیاست‌های توسعه در نظر گرفته می‌شود.

۲- تدوین سیاست‌ها و اقدامات پشتیبان

۱-۸- مقدمه

در این فصل تلاش می‌شود به منظور دستیابی به چشم‌انداز و اهداف کلان، اقدامات و سیاست‌های پشتیبان تحقق ارکان جهت‌ساز تعیین شود. برای نیل به هدف تعیین شده در بخش ارکان جهت‌ساز یعنی دستیابی به راندمان حداقل ۴۴ درصد برای نیروگاه‌های موجود کشور، این سیاست‌ها و اقدامات در قالب دو دسته کلی ارائه می‌گردد:

۱- اقدامات سیاستی

۲- اقدامات فنی

به منظور تدوین اقدامات سیاستی در گام نخست می‌بایست موانع و چالش‌های پیشروی این حوزه شناسایی شده و بر اساس آن اقدامات سیاستی لازم در جهت برطرف‌سازی موانع شناسایی شده ارائه شود. تیم پروژه به منظور شناسایی موانع و مشکلات از قالب عوامل کارکردی و ساختاری نظام نوآوری فناورانه (که در فصل اول این گزارش معرفی گردید) استفاده نموده است و موانع و مشکلات شناسایی شده را در این قالب دسته‌بندی نموده است.

همچنین لیست اقدامات فنی (اقدامات مربوط به توسعه فناوری و اقدامات اجرایی) نیز به منظور تحقق هدف متوسط راندمان ۴۶ درصدی با استفاده از نظرات خبرگان و نیز مطالعات تیم مجری پروژه تهیه شده است که در بخش مربوط به خود تشریح خواهد شد.

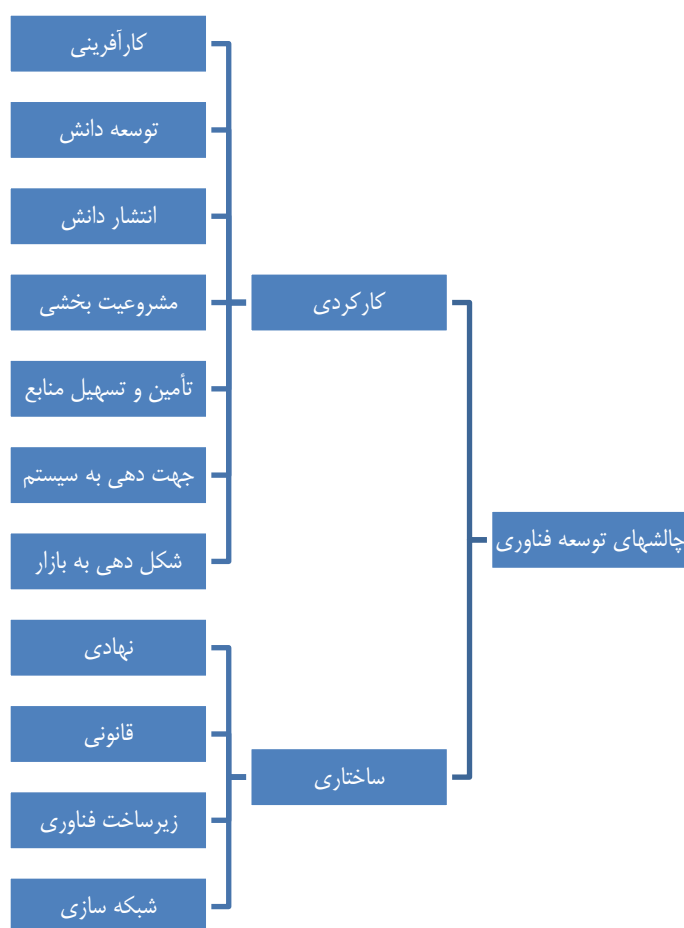
۱-۹- اقدامات سیاستی

۱-۹-۱- مقدمه

همانطور که در بخش قبل تشریح گردید، مقدمه تدوین اقدامات سیاستی، شناسایی موانع و چالش‌های پیشروی توسعه می‌باشد و تیم پروژه به منظور شناسایی موانع و مشکلات از قالب عوامل کارکردی و ساختاری نظام نوآوری فناورانه استفاده نموده است.

۱-۹-۲- موانع و چالش‌های حوزه افزایش راندمان

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



شکل ۲- طبقه‌بندی چالش‌های پیش روی توسعه فناوری

در این راستا مجموعه اولیه‌ای از چالش‌ها در حوزه افزایش راندمان با همکاری خبرگان این حوزه شناسایی شدند که در پیوست ۱ ارائه شده است. در پایان از میان این مجموعه از چالش‌ها با کمک نظرات خبرگان ذکر شده در جدول ۴، پنج چالش کلی و جامع پیش روی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان شناسایی شدند. به عبارت دیگر این پنج چالش، همه چالش‌های شناسایی

شده در این حوزه را پوشش می‌دهند و مجموعه چالش‌های مندرج در پیوست ۱، هر کدام به نوعی در قالب این پنج چالش قرار می‌گیرند. این ۵ چالش عبارتند از:

- ❖ عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف انرژی کشور و نبود یک متولی مشخص
- ❖ کمبود منابع و مشوق‌های مالی
- ❖ کمبود قوانین، مقررات و استانداردها
- ❖ عدم توجه کافی به مقوله افزایش راندمان
- ❖ کمبود آموزش‌های تخصصی

جدول ۴- لیست و مشخصات خبرگان

نام خبرگان	مسئولیت	نقش
مهندس غلامرضا مهرداد	مدیر کل دفتر پشتیبانی فنی تولید شرکت توانیر	مسئول، صاحب اختیار
مهندس سید محسن افتخاری	مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق شهید محمد منتظری	مسئول
مهندس فرید بشیری	مدیر عامل شرکت مدیریت تولید برق دماوند	مسئول
دکتر رامین حقیقی خوشخو	عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی	مشاور و مطلع
دکتر مجید صفار اول	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
مهندس مسعود سلطانی حسینی	پژوهشگاه نیرو	مشاور و مطلع
مهندس حبیب الله بی طرف	وزیر نیرو سابق	مشاور و مطلع
مهندس ابراهیم سربندی فراهانی	پژوهشگاه نیرو	مشاور و مطلع

طبقه‌بندی چالش‌های شناسائی شده در جدول ۵ قابل مشاهده می‌باشد. همانطور که مشخص است ۳ چالش مربوط به چالش - های کارکردی و ۲ چالش مربوط به چالش‌های ساختاری است.

جدول ۵- طبقه‌بندی چالش‌های پیش روی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی

طبقه‌بندی	چالش توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی
نهادی	عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف انرژی کشور و نبود یک متولی مشخص
تأمین و تسهیل منابع	کمبود منابع و مشوق‌های مالی

طبقه‌بندی	چالش توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی
قانونی	کمبود قوانین، مقررات و استانداردها
مشروعیت بخشی	عدم توجه کافی به مقوله افزایش راندمان
انتشار دانش	کمبود آموزش‌های تخصصی

رفع چالش‌های جامع فوق را می‌توان به عنوان اهداف خرد سند در نظر گرفت.

۱-۹-۳- اقدامات سیاستی پیشنهادی در جهت برطرف‌سازی موانع و چالش‌ها

پس از بیان و طبقه‌بندی چالش‌های پیش روی توسعه فناوری افزایش راندمان لازم است سیاست‌هایی را برای رفع چالش‌های پیش رو مد نظر قرار دهیم. با جلسه‌ای که با خبرگان ذکر شده در جدول ۴ برگزار شد، برای هر یک از چالش‌ها چند سیاست به عنوان راهکار مطرح گردید. جدول ۶ سیاست‌های پیشنهادی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۶- سیاست‌های پیشنهادی جهت مقابله با چالش‌های اصلی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی

سیاست‌های پیشنهادی	هدف خرد	چالش‌های اصلی
<p>✓ ایجاد یک مدیریت مستقل افزایش راندمان نیروگاه‌ها در سطح وزارت نیرو جهت راهبری طرح‌های افزایش راندمان با هماهنگی شرکت‌های توانیر، مدیریت شبکه، سازمان توسعه برق، انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا) و پژوهشگاه نیرو</p> <p>✓ ایجاد ساختاری برای پایش مستمر و سنجش بهبود راندمان و تعیین یک متولی مشخص</p>	<p>ایجاد متولی مشخص و هماهنگی بین بخش‌های مختلف انرژی کشور</p>	<p>عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف انرژی کشور و نبود یک متولی مشخص</p>
<p>✓ تخصیص اعتبارات و منابع مالی مورد نیاز جهت اجرای طرح‌های افزایش راندمان</p> <p>✓ تعریف مشوق‌هایی برای نیروگاه‌های موجود به منظور پیاده‌سازی طرح‌های افزایش راندمان، شامل اعطای وام‌های کم بهره، مشوق‌های مالیاتی، مشوق‌های دولتی در زمینه خرید انواع حامل‌های انرژی از جمله برق و</p>	<p>رفع موانع مالی</p>	<p>کمبود منابع و مشوق‌های مالی</p>

سیاست‌های پیشنهادی	هدف خرد	چالش‌های اصلی
<p>حرارت</p> <p>✓ اعطای تسهیلات و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در اجرای طرح‌های جدید افزایش راندمان برای بخش خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان</p> <p>✓ جبران بخشی از ضررهای مالی ناشی از عدم تولید در حین اجرای طرح‌های افزایش راندمان</p> <p>✓ پرداخت هزینه توسعه و ساخت نمونه اولیه طرح‌های جدید افزایش راندمان توسط وزارت نیرو</p> <p>✓ اعطای مشوق‌های مناسب برای بازنشسته کردن نیروگاه‌های با راندمان پایین از جمله مجوزدهی احداث نیروگاه‌های جدید با راندمان بالا یا جبران عدم فروش برق برای یک دوره مشخص زمانی</p>		
<p>✓ پیاده‌سازی استانداردهای مصوب راندمان نیروگاه‌ها</p> <p>✓ پرداخت هزینه برق به نیروگاه‌ها براساس قیمت واقعی سوخت</p> <p>✓ پرداخت مستقیم هزینه سوخت توسط نیروگاه‌ها براساس کیفیت و ارزش حرارتی</p> <p>✓ تدوین کدهای اجرایی محاسبه راندمان براساس استانداردهای ملی اندازه‌گیری راندمان</p> <p>✓ شناسایی پروژه‌های افزایش راندمانی که با اجرا و توسعه قوانین زیست محیطی الزام آور می‌شوند و ایجاد سازو کار حمایتی لازم</p> <p>✓ لزوم صدور مجوز مشروط بهره‌برداری به نیروگاه‌های با راندمان پایین، در صورت تعهد این نیروگاه‌ها برای دستیابی به استانداردهای مورد نظر در یک بازه زمانی مشخص</p>	<p>ایجاد قوانین و مقررات لازم</p>	<p>کمبود قوانین، مقررات و استانداردها</p>

سیاست‌های پیشنهادی	هدف خرد	چالش‌های اصلی
<ul style="list-style-type: none"> ✓ برخورد با موضوع راندمان تولید به طور یکسان و همتراز با موضوعاتی چون انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت مصرف برای حمایت مالی ✓ اطلاع رسانی عمومی در مورد اینکه افزایش راندمان نیروگاه‌های فسیلی از نظر کاهش آلاینده‌ها همتراز با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. ✓ ارائه پیام‌های روشن و اجرایی از سوی دولت به سرمایه‌گذاران و صاحبان نیروگاه‌ها در زمینه افزایش راندمان از جمله تدوین و ابلاغ سند افزایش راندمان و اهمیت نقش افزایش راندمان نیروگاه‌ها در کاهش مصرف سوخت کشور و بهبود شرایط زیست‌محیطی ✓ سهم کردن صاحبان یا مدیران نیروگاه‌ها از طریق اعطای جایزه راندمان برای نیروگاه‌های برتر با اطلاع رسانی در سطح وسیع و مشوق‌های شغلی 	<p>ترویج اهمیت مقوله افزایش راندمان</p>	<p>عدم توجه کافی به مقوله افزایش راندمان</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تعیین الزامات حرفه‌ای برای پرسنل بهره‌برداری نیروگاه‌ها ✓ تعیین متولی برای اعطای مدرک تخصصی رسمی بهره‌برداری نیروگاه‌ها و تامین و حمایت مالی لازم ✓ برگزاری دوره‌های آموزشی افزایش راندمان در نیروگاه‌های موفق در افزایش راندمان و مراکز تخصصی فعال در این حوزه ✓ به اشتراک گذاری بهترین تجربیات و الگوهای عملکردی بین مدیران و بهره‌برداران نیروگاه‌ها 	<p>توسعه آموزش‌های تخصصی</p>	<p>کمبود آموزش‌های تخصصی</p>

همچنین برای پیاده‌سازی فناوری‌های افزایش راندمان در بخش خصوصی، (مطابق با گزارش فاز سوم) سیاست‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

- اعطای وام به بخش خصوصی معادل ۲۰٪ از هزینه‌های پیاده‌سازی فناوری‌های جذاب که هزینه سرمایه‌گذاری بالا ندارند.

• اعطای وام به بخش خصوصی معادل ۵۰٪ از هزینه‌های پیاده‌سازی فناوری‌های جذاب که هزینه سرمایه‌گذاری متوسطی دارند.

• اعطای وام به بخش خصوصی معادل ۸۰٪ از هزینه‌های پیاده‌سازی فناوری‌های جذاب که هزینه سرمایه‌گذاری بالایی دارند.

۱-۱۰-۱ اقدامات فنی

۱-۱۰-۱-۱ مقدمه

همانطور که پیشتر تشریح گردید، به منظور دستیابی به هدف تعیین شده در بخش ارکان جهت‌ساز یعنی دستیابی به راندمان حداقل ۴۴ درصد برای نیروگاه‌های موجود کشور، سیاست‌ها و اقدامات در قالب دو دسته کلی ارائه می‌گردد:

۱- اقدامات سیاستی

۲- اقدامات فنی

در بخش قبل اقدامات سیاستی تشریح گردید، و در این بخش اقدامات فنی معرفی خواهند گردید.

۱-۱۰-۱-۲ اقدامات فنی پیشنهادی در جهت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان

همانطور که در گزارش فاز سوم پروژه (ارکان جهت‌ساز) تشریح گردید، در متن چشم‌انداز مصوب کمیته راهبری پروژه آمده است راندمان متوسط تولید نیروگاه‌های حرارتی کشور می‌بایست سالانه حداقل یک درصد افزایش یابد، همچنین در بخش اهداف کلان، به اهداف کمی ذیل اشاره شده است:

• راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی در افق ۱۴۰۴ حداقل ۴۶ درصد می‌باشد.

✓ با توجه به هدف فوق، راندمان مورد هدف برای نیروگاه‌های حرارتی موجود در افق ۱۴۰۴، ۴۴ درصد می‌باشد.

• راندمان نیروگاه‌های بخاری موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۳۹ درصد می‌باشد.

• راندمان نیروگاه‌های گازی موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۳۵ درصد می‌باشد.

• راندمان نیروگاه‌های سیکل ترکیبی موجود در افق ۱۴۰۴ حداقل ۵۰ درصد می‌باشد.

به منظور نیل به اهداف مندرج در بخش ارکان جهت‌ساز، و نیز نتایج بحث اولویت‌بندی فناوری که در گزارش فاز سوم آمده است، تیم پروژه اقدامات فناورانه مناسب را شناسایی کرده و در جلسه‌ای در تاریخ ۱۳۹۴/۰۲/۲۱ به اعضای محترم کمیته راهبری ارائه نمود. اعضای محترم کمیته راهبری نیز پس از بررسی آن را مورد تأیید قرار دادند. بر این اساس لیست اقدامات فناورانه در قالب ذیل ارائه شده است.

جدول ۷- لیست اقدامات فناورانه در جهت تحقق اهداف کلان

ردیف	اقدام فناورانه
۱	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری
۲	پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی
۳	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن
۴	بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن هوای بویلر
۵	بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه
۶	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی
۷	شستشوی آنلاین کمپرسور
۸	بسته ارتقای راندمان توربین بخار
۹	تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی
۱۰	بازتوانی واحدهای بخار
۱۱	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی
۱۲	بسته ارتقای راندمان توربین‌های گازی

لازم به ذکر است که در بخش بعد، هر یک از زیر پروژه‌های مربوط به طرح‌های کلان جدول بالا، ارائه خواهد شد.

۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این فصل پس از شناسایی مجموعه بازیگران موثر در حوزه افزایش راندمان و تشخیص خلأ نهادی در این حوزه، به بیان چالش‌های اصلی پیش روی توسعه فناوری افزایش راندمان نیروگاه‌ها پرداخته شد و پنج چالش زیر به عنوان چالش‌های اصلی شناخته شدند.

❖ عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف انرژی کشور و نبود یک متولی مشخص

❖ کمبود منابع و مشوق‌های مالی

❖ کمبود قوانین، مقررات و استانداردها

❖ عدم توجه کافی به مقوله افزایش راندمان

❖ کمبود آموزش‌های تخصصی

در پایان در جهت مقابله و رفع چالش‌های فوق‌الذکر دسته‌ای از سیاست‌ها با استفاده از نظر خبرگان پیشنهاد گردید. همچنین اقدامات فناورانه در جهت نیل به اهداف کلان نیز ارائه گردید.

پیوست ۱-

موانع و چالش‌های پیش رو	ابعاد نظام نوآوری	
<ul style="list-style-type: none"> • عدم اطمینان درباره بازگشت هزینه سرمایه‌گذاری • مشکل در اندازه‌گیری دقیق بهبود راندمان • کمبود تخصص مهندسی مورد نیاز برای ارزیابی هر نیروگاه پیش از اقدام برای گزینه‌های فنی پیش رو برای بهبود • دانش ناکافی درباره ارزیابی هزینه / منفعت فناوری‌های جدید و تغییرات مربوطه • ریسک بالای توسعه فناوری • عمر نیروگاه‌ها مانع از ایجاد تغییرات معنادار است • عدم امکان مقایسه راندمان نیروگاه‌ها بر اساس یک استاندارد واحد • راندمان نیروگاه‌ها به واسطه طراحی موجود محدود می‌شود • کمبود دانش درباره اصلاحات جزئی در نیروگاه که نیاز به سرمایه بزرگی ندارند 	<ul style="list-style-type: none"> کارآفرینی توسعه دانش 	کارکردها
<ul style="list-style-type: none"> • کمبود دسترسی به سرمایه • سرمایه‌گذار منافع و سود خوبی از سرمایه‌گذاری در راندمان کسب نمی‌کنند • عدم قطعیت پیرامون هزینه‌های اجرای طرح‌های افزایش راندمان • اشتراک بودجه تخصیص داده شده افزایش راندمان با سایر طرح‌های منجر به کاهش بودجه این حوزه می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> تأمین و تسهیل منابع 	

موانع و چالش‌های پیش رو	ابعاد نظام نوآوری
<ul style="list-style-type: none"> • نیاز برای تضمین‌های بانکی برای دسترسی به سرمایه • عدم وجود ارتباط دقیقی بین مشوق‌های تخصیص داده شده برای افزایش راندمان • وجود بازدارنده‌ها و ضد مشوق‌ها مانند ریسک سرمایه‌گذاری نصب و استفاده از فناوری و تجهیزات جدید • مالکین نیروگاه‌ها نیاز به بازگشت سرمایه کوتاه مدت دارند که مانع از سرمایه‌گذاری می‌شود • اجرای برخی از طرح‌های افزایش راندمان به دلیل افزایش زمان خروج واحدها دارای توجیه کافی نمی‌باشند. • تمرکز بر کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری سبب کاهش راندمان نیروگاه‌ها می‌شود • کمبود منابع انسانی متخصص در زمینه انجام عملیات بهره‌برداری و نگهداری • عدم پرداخت بهای سوخت توسط نیروگاه‌ها • کمبود اعتبارات مالی برای اجرای طرح‌های افزایش راندمان • افق کوتاه‌مدت برای اخذ تصمیمات مالی • محدودیت‌های موجود از طرف شرکت مدیریت شبکه در زمینه توزیع بهینه بار بین واحدهای مختلف نیروگاهی • وجود هزینه توسعه و تست مواد پیشرفته • کمبود آموزش برای اپراتورهای نیروگاهی و مهندسين • کمبود افراد متخصص آموزش دیده در نیروگاه‌ها برای پیاده‌سازی بهبود راندمان • کمبود آموزش - نظارت، عملیات 	

موانع و چالش‌های پیش رو	ابعاد نظام نوآوری	
<ul style="list-style-type: none"> • کمبود آموزش برای اپراتورهای نیروگاهی و مهندسين • کمبود افراد متخصص آموزش دیده در نیروگاه‌ها برای پیاده‌سازی بهبود راندمان • محدودیت‌های زمانی و منابع مالی در زمینه اجرای طرح‌های افزایش راندمان 		
<ul style="list-style-type: none"> • شفاف نبودن و عدم قطعیت اجرای مقررات زیست محیطی • عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف انرژی کشور در جهت افزایش راندمان • نبود الزام از سوی دولت جهت بهبود راندمان • نبود مشوق‌های متناسب مانند انرژی‌های نو • کمبود مشوق‌ها/ یارانه‌ها/ حمایت‌ها برای راندمان تولید • عدم اطمینان قیمت انرژی که هزینه/ منفعت پروژه‌های افزایش راندمان را تحت تاثیر قرار می دهد 	جهت‌دهی به سیستم	کارکردها

موانع و چالش‌های پیش رو	ابعاد نظام نوآوری
<ul style="list-style-type: none"> • پیروی از رویه‌های معمول به جای رویکردهای نوین • تمرکز بر دسترسی و قابلیت اطمینان به جای راندمان • تمرکز بر چالش‌های موجود به جای برنامه ریزی بلندمدت • تمرکز بر اجرای پروژه‌های کوتاه مدت و زودبازده بجای طرح‌های بلندمدت افزایش راندمان • فرهنگ سازمانی نامساعد برای بهبود راندمان • از دیدگاه دولت و عموم مردم، اهمیت راندمان تولید برق نیروگاه‌های فسیلی همسنگ انرژی‌های تجدیدپذیر نیست. • نگرش اجتماعی منفی نسبت به نیروگاه‌های فسیلی • ضعف فرهنگ توجه به راندمان از جانب مدیران نیروگاه‌ها • کمبود پشتیبانی مدیریتی برای فعالیتهای بهره‌برداری و نگهداری منظم • مقاومت فرهنگی نسبت به تغییر (حتی با وجود مشوق‌ها تغییر کند است) • برخی از بهره‌برداران نسبت به بهینه‌سازی مقاومت نشان می‌دهند 	<p>مشروعیت بخشی</p>
<ul style="list-style-type: none"> • امکان توقف حمایت‌های دولتی از فناوری‌های جدید • شرکت‌های نوپا نمی‌توانند محصولات را برای مقیاس بزرگ تولید کنند • ممکن است پروژه‌های رقیب نرخ بازگشت بهتری نسبت به افزایش راندمان داشته باشند 	<p>شکل‌دهی بازار</p>

موانع و چالش‌های پیش رو	ابعاد نظام نوآوری	
<ul style="list-style-type: none"> • نگرانی نیروگاه‌ها در ابطال مجوز بهره‌برداری به دلیل راندمان پایین • عدم اطمینان در مورد مقررات زیست محیطی • عدم اطمینان در مورد قوانین و مقررات جدید • مشکلات در انجام تعهدات بلندمدت طرح‌های افزایش راندمان • وجود نظرات مختلف بر سر استانداردهای موجود 	قوانین و مقررات	ساختار
<ul style="list-style-type: none"> • کمبود اطلاعات یا داده برای تصمیم‌سازی • دشواری در اندازه‌گیری نرخ حرارتی 	زیرساخت فناوری	
<ul style="list-style-type: none"> • اعتماد کم میان صاحبان نیروگاه‌ها و پیمانکاران 	شبکه‌ها	

مراجع

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

در دست چاپ، ۱۳۹۲.

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

فهرست مطالب

۱- مرور ادبیات.....	۲
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- مفاهیم ساختار کنشگران در توسعه فناوری.....	۲
۳-۱- نظام نوآوری فناورانه.....	۱۲
۴-۱- مرور ادبیات مرتبط با تدوین نقشه راه.....	۲۵
۱-۴-۱- مفاهیم نقشه راه.....	۲۵
۲-۴-۱- تدوین نقشه راه.....	۲۷
۵-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....	۲۹
۲- تحلیل ساختاری و نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان.....	۳۰
۱-۲- مقدمه.....	۳۰
۲-۲- تحلیل ساختاری و نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان.....	۳۰
۱-۲-۲- نهادهای محیط بیرونی.....	۳۱
۲-۲-۲- نهادهای محیط درونی.....	۴۴
۳-۲- تحلیل نگاشت نهادی.....	۵۴
۳- تدوین رهنما توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها.....	۵۵
۱-۳- مقدمه.....	۵۵
۱-۳- تعیین زمان و هزینه اقدامات سیاستی.....	۵۵
۲-۳- نقشه راه اقدامات فنی.....	۵۷
۱-۲-۳- معرفی طرح‌های فنی حوزه افزایش راندمان.....	۵۷
۲-۲-۳- تعیین زمان، هزینه و متولی پروژه‌های مربوط به طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها.....	۶۰
۳-۲-۳- زمان‌بندی و بر آورد هزینه‌های طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها.....	۷۶

- ۳-۲-۴- مکانیزم تأمین مالی و تعیین بودجه دولتی مورد نیاز جهت اجرای طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها. ۷۹
- ۳-۲-۵- رهنگاشت فناوری ۸۰
- ۳-۳- تقسیم کار ملی ۸۴
- ۳-۴- شناسنامه طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی ۸۶
- ۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۹۷
- مراجع ۹۹

فهرست شکلها

- شکل ۱- نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی ۳۱
- شکل ۲- زمانبندی پیاده‌سازی فناوری‌ها بر مبنای ظرفیت بهینه ۷۷
- شکل ۳- نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور ۸۱
- شکل ۴- نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی کشور (موجود) ۸۲
- شکل ۵- نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های بخاری (موجود) ۸۳
- شکل ۶- ساختار اجرایی در سطح ملی ۸۵

فهرست جداول

- جدول ۱- فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان ۱۶
- جدول ۲- کارکردهای پیشنهادی ۱۷
- جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های کمی و کیفی ۲۳
- جدول ۴- سیاستهای پیشنهادی جهت مقابله با چالش‌های اصلی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی ۵۵
- جدول ۵- بودجه پیشنهادی ایجاد مرکز و راهبری طرح‌های افزایش راندمان ۵۷
- جدول ۶- عناوین مراحل و پروژه‌های مربوط به طرح‌های افزایش راندمان و نهادهای مجری ۶۱
- جدول ۷- هزینه سالانه "تحقیق و توسعه (هزینه بر حسب ریال)" و "اجرا و پیاده‌سازی (هزینه بر حسب دلار)" جهت پیاده‌سازی فناوری‌های براساس ظرفیت بهینه ۷۸
- جدول ۸- جمع هزینه‌های اجرایی سالیانه مطابق زمانبندی و مکانیسم‌های پیشنهادی تامین منابع (تحقیق و توسعه بر حسب ریال و اجرا و پیاده‌سازی بر حسب دلار) ۷۸
- جدول ۹- میزان حمایت دولت در تأمین هزینه‌های اجرا و پیاده‌سازی طرح‌های افزایش راندمان ۸۰

مقدمه

گزارش حاضر مربوط به فاز پنجم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌ها می‌باشد و دربردارنده رهنگاشت توسعه فناوری می‌باشد. در این راستا علاوه بر بررسی مختصر ادبیات موضوع، مطالب مربوط نکاشت نهادی و آیتم‌های عملیاتی لازم برای دستیابی به اهداف طرح، بودجه و زمان لازم برای پیاده‌سازی فعالیت‌ها و تقسیم کار ملی تشریح خواهند شد.

۱- مرور ادبیات

۱-۱- مقدمه

در این بخش تلاش می‌شود متناسب با نوع محتویات گزارش ادبیات مربوطه ارائه گردد. بنابراین ادبیات مربوطه به ساختار کنشگران و نیز نظام نوآوری فناورانه مورد بحث قرار گرفته است.

۱-۲- مفاهیم ساختار کنشگران در توسعه فناوری

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

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

برای شناسایی کنش‌گران، روش‌های مختلفی مانند استفاده از جداول داده-ستاده و آمارهای عضویت موجود در اتحادیه‌ها و صنایع، استفاده از پتنت‌های ثبت شده و شناخت بنگاه‌های مرتبط با آن‌ها و استفاده از قاعده گلوله برف^۱ (شناخت کنش‌گران پیرامون یک واحد تحلیل از روی ارتباطات با سایر کنش‌گران) توصیه شده است [5].

^۱-Snowball method

در این گزارش کنش‌گران به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند.

الف) سیاست گذار^۱

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌هایی که باید توسط دولت، کسب و کارها و غیره دنبال شود را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. به طور کل، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی به خود بگیرد مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی. لذا به نظر می‌رسد بررسی ویژگی‌های فرآیند سیاست‌گذاری مناسب، مفید واقع شود. در ادامه، ده ویژگی برای فرآیند مذکور آورده شده است:

- نگاه رو به جلو^۲: واضح است که فرآیند سیاست‌گذاری، پیامدهایی که سیاست برای دستیابی به آن طراحی شده است را تعریف می‌کند. لذا به طور معمول، در این فرآیند باید نگاهی بلند مدت (حداقل پنج ساله) بر اساس روندهای آماری و پیش‌بینی‌های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی وجود داشته باشد. نکات زیر رویکرد نگاه رو به جلو را واضح‌تر می‌سازد:

✓ بیان پیامدهای مطلوب در مراحل اولیه

✓ طراحی سناریو یا پیشامدهای احتمالی

✓ لحاظ کردن استراتژی بلند مدت اجرایی

✓ استفاده از برنامه آینده‌نگاری^۳ و یا دیگر روش‌های پیش‌بینی

- نگاه بیرون‌گرا^۴: فرآیند سیاست‌گذاری تاثیر عوامل را در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی در نظر می‌گیرد و از تجارب دیگر مناطق یا کشورها استفاده می‌کند. نکات زیر رویکرد بیرون‌گرایی را نشان می‌دهد:

✓ استفاده از مکانیسم‌های OECD، EU و غیره

¹- policy-maker

²- looking forward

³- foresight program

⁴- outward looking

✓ استفاده از تجارب دیگر کشورها در برخورد با مسئله‌ای خاص

✓ تشخیص نوسانات در کشور

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

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

✓ تعریف موفقیت بر حسب پیامدهای شناسایی شده

✓ ارزشیابی و مدیریت هوشیارانه ریسک

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

• مبتنی بر شواهد^۱: توصیه‌ها و تصمیمات سیاست‌گذاران بر اساس بهترین شواهد موجود و حوزه وسیعی از منابع می‌باشد که تمامی ذینفعان کلیدی در مراحل اولیه دخالت داده می‌شوند. نکات کلیدی رویکرد مبتنی بر شواهد در سیاست‌گذاری شامل:

✓ مرور تحقیقات موجود

✓ انجام تحقیقات جدید

✓ مشاوره با متخصصین مربوطه و/ یا استفاده از مشاورین داخلی و خارجی

✓ لحاظ کردن دامنه وسیعی از گزینه‌های ارزیابی شده و مناسب

• فراگیر^۲: فرآیند سیاست‌گذاری، میزان اثرگذاری سیاست و سهم آن در برآورده‌سازی نیازهای مردم به طور مستقیم و یا غیر مستقیم را در نظر می‌گیرد. یک رویکرد فراگیر، ممکن است شامل جنبه‌های زیر باشد:

^۱- evidence-based

^۲- inclusive

✓ رایزنی با مسئولین پیاده ساز / ارائه‌کننده خدمت

✓ رایزنی با موجودیت‌های تأثیرپذیر از سیاست

✓ انجام ارزشیابی اثر

✓ گرفتن بازخورد از دریافت‌کنندگان یا ارائه‌دهندگان

• پیوسته و کل نگر^۱: فرآیند، نگاهی جامع دارد و فراتر از مرزهای سازمانی حرکت می‌کند. از اینرو، اهداف استراتژیک اداری را در نظر می‌گیرد. در کل می‌توان بیان کرد که هدف عمده، ایجاد پایه‌ای اخلاقی و قانونی برای سیاست می‌باشد و ملاحظات ساختارهای سازمانی و مدیریت صحیح در نظر گرفته می‌شود. نکات زیر، رویکرد کل نگر و پیوسته را نشان می‌دهند:

✓ تعریف اهداف افقی^۲ در مراحل اولیه

✓ تعریف واضح از تنظیمات کاری مشترک با دیگر بخش‌ها

✓ شناسایی دقیق موانع این رویکرد به انضمام استراتژی‌های غلبه بر آن

• یادگیری از تجربیات^۳: به معنای کسب تجربه از روش‌هایی است که کارآمد شناخته شده‌اند و یا عدم کارایی‌شان به اثبات رسیده است. رویکرد یادگیری برای بهبود سیاست شامل جنبه‌های زیر می‌باشد:

✓ جمع‌آوری اطلاعات درباره نمونه‌های عملی منتشر شده

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

سیاست

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

¹- joined-up

²- cross-cutting objectives

³- learn lessons

✓ آماده‌سازی و پیاده‌سازی استراتژی ارتباطات / ارائه

✓ ارائه خدمات اطلاعاتی اجرایی از مراحل اولیه

• ارزیابی: ارزیابی سیستماتیک اثربخشی سیاست در فرآیند سیاست‌گذاری وجود دارد. رویکردهای سیاست‌گذاری که تعهد به ارزیابی را نشان می‌دهند، شامل:

✓ تعریفی واضح از هدف ارزیابی مجموعه

✓ تعریف معیارهای موفقیت

✓ تعیین ابزارهای ارزیابی از مراحل اولیه

✓ استفاده از آزمایشات^۱ به منظور اثرگذاری بر پیامد نهایی

• بازنگری^۲: سیاست‌های موجود باید به طور مستمر بازنگری شوند چرا که سیاست‌های طراحی شده برای حل مشکلات، باید کارایی خود را در طول زمان حفظ کنند. جنبه‌های رویکرد بازنگری برای سیاست‌گذاری شامل:

✓ برنامه بازنگری مستمر با شاخص‌های عملکرد متنوع و معنادار

✓ مکانیسم‌هایی برای فراهم کردن بازخورد از سیاست‌های تنظیم شده

✓ دور انداختن سیاست‌های شکست خورده!

ب) تنظیم‌کننده^۳

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

^۱- pilots
^۲- review
^۳-regulator

- جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

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

انواع تنظیمات

• فرمان و کنترل^۱: تنظیم دستور و کنترل نوعاً وضع/ تحمیل استانداردهای حمایت شده توسط مصوبات قانونی است، هرگاه استانداردها سازگار نباشند. بنابراین، قانون به عنوان منع یا اجبار فعالیت‌های معینی به کار می‌رود. استانداردها می‌تواند از طریق قانون‌گذاری یا تنظیم‌کنندگانی که به واسطه فرآیند تنظیم برای تعریف قانون مشروعیت دارند، تنظیم شود. نقاط قوت چنین رویکرد مستقیمی در تنظیم این است که اغلب به طور سریع پیاده‌سازی می‌شوند، محدودیت‌های تعریف شده به طور واضح تنظیم می‌شود، و نشان می‌دهد که تنظیم‌کننده یا دولت قاطعانه عمل می‌کند. از سویی دیگر، این رویکرد می‌تواند برای فعالیت‌های تنظیمی پیچیده باشد. مشکلاتی که ممکن است به واسطه این رویکرد رخ بدهد، در دسته‌های زیر قرار می‌گیرند:

- ✓ تسخیر شدن در فرآیند تنظیم^۲: رویکرد مذکور نیازمند این است که تنظیم‌کننده و تنظیم‌شونده^۳، به ویژه برای تضمین در فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز تنظیم‌کننده، با یکدیگر مشارکت داشته باشند. این ارتباط نزدیک ممکن است به تسخیر شدن تنظیم‌کننده توسط تنظیم‌شونده منتهی شود و در نتیجه آن قوانینی که به نفع یک مجموعه خاص است در نظر گرفته شود نه قوانینی که رفاه عمومی را در بر گیرد.
- ✓ افراط در قانون^۴: این رویکرد اغلب به صورت پیچیده، غیر منعطف و مداخله‌گر به تصویر کشیده شده است. تدبیر در قوانین دقیق، به ویژه زمانی که یک اقتصاد در حال تغییر است، می‌تواند مشکل باشد. به علاوه، درگیری مستقیم سیاست‌گذاران می‌تواند به معنی ایجاد قوانینی در پاسخ به موقعیت‌ها یا زمینه‌های خاص باشد که اغلب در مقیاس‌های زمانی کوتاه در نظر گرفته می‌شود. لذا می‌توان بیان نمود که رویکرد مذکور همواره مؤثر و جلوتر از زمان نمی‌باشد.

¹ command and control

² -regulatory capture

³ -regulatee

⁴ -legalism

✓ تنظیم کردن استانداردها: گاهی اوقات تنظیم یک استاندارد مناسب، به عنوان مثال تعیین یک سطح معین

از آلودگی یا کارایی واقعی اهداف برای سیستم‌های توزیع و انتقال، پیچیده است.

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

تنفیذ را برای تنظیم‌کننده مشکل می‌کند.

• خود-تنظیمی^۱: این رویکرد می‌تواند به عنوان نوعی از نسخه خود انجمنی^۲ رویکرد دستور و کنترل تلقی شود. در این مورد، اغلب انجمن‌های تجاری یا کسب و کار تشکیل شده که قوانین عملکرد را ایجاد، کنترل و اجرا می‌کنند. به عنوان یک قانون، خود تنظیمی اغلب به عنوان یک روش کسب و کار دیده می‌شود که اقدام انحصاری به منظور جلوگیری از مداخله دولت انجام می‌دهد. مزایای این رویکرد شامل سطح بالای تعهد کسب و کارها و ماهیت جامع قوانین تنظیم شده می‌باشد. به علاوه، این رویکرد منعطف‌تر از رویکرد دستور و کنترل بوده چرا که به قانونگذاری نیازی ندارد. از سویی دیگر، خود تنظیمی می‌تواند به صورت یک رویکرد غیردموکراتیک، محدود به بررسی بیرونی و در معرض سوءاستفاده توسط کسانی که با اهداف مختلف قوانین را تنظیم می‌کنند، دیده شود. در کمترین سطح، خود تنظیمی همواره در معرض چالش‌های منتج شده از علاقه‌های بیرونی کسانی که فکر می‌کنند استانداردها و قوانین به سمت کاهش تأثیر فعالیت‌های غیر مطلوب تنظیم نشده است، قرار دارد.

• تنظیم مبتنی بر تشویق^۳: یک تشویق، سیاست، قانون، مکانیسم قیمت، یا رویه‌ایست که به دنبال تعدیل رفتار افراد یا شرکت‌ها به واسطه تغییر در هزینه‌ها یا سودهای حاشیه‌ای مرتبط با تصمیم یا فعالیت خاص می‌باشد. از یک سو، می‌توان گفت که تمامی تنظیمات بر مبنای تشویق است چرا که تنظیم از طریق مفهوم پایه جریمه برای رفتارهای "بد" و پاداش برای رفتارهای "خوب" عمل می‌کند. تنظیم مبتنی بر تشویق سعی دارد به منظور کاهش هزینه‌ها و بهبود خدمات، برنامه سودمند با سودهای زیاد را پاداش دهد. هدف عمده این است که تنظیم‌شونده فعالیت‌های غیر مطلوب خود را از طریق تحمیل / وضع مالیات و کمک‌های مالی محدود یا متوقف کند. برای به کارگیری این رویکرد، گام‌های اصلی شامل انتخاب واحدهای اندازه‌گیری، تعیین خط مبنا، انتخاب اهداف برای بهبود و / یا نگهداری و سپس

¹ -self-regulation

² -do-it-yourself

³ -incentive-based regulation

اجرای تشویق‌ها و جریمه‌ها می‌باشد. یکی از انواع تنظیمات مبتنی بر تشویق، تنظیم مبتنی بر عملکرد^۱ (PBR) است که تشویق‌ها ملزم به بهبود در عملکرد مطلوب، کاهش قیمت و بهبود در کیفیت خدمات می‌باشد. به علاوه، PBR بیشتر به استانداردهای عملکرد خارجی متکی است و کمتر به فعالیت‌های خاص شرکت حساس است. مزایای PBR این است که به بهبود در بهره‌برداری شرکت‌ها، کاهش هزینه‌های نگهداری و عملیات و بهبود در پایایی سیستم کمک می‌کند. طرح تنبیه و تشویق به صورت مکانیکی عمل می‌کند. بنابراین کاهش در حوزه صلاحیت تنظیمی، در مقابل امکان تسخیر در فرآیند تنظیم را کاهش می‌دهد. به علاوه این رویکرد، انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری شرکت، که آیا از قانون تبعیت کند یا جریمه بپردازد، را فراهم می‌کند. اگرچه به عنوان یکی از معایب این روش، می‌توان به ایجاد قوانین بسیار پیچیده و غیر منعطف که واقعیت‌های بازار در آن لحاظ نشده است، اشاره کرد. از مفروضات اصلی این رویکرد، عقلانیت اقتصادی است که لزوماً در همه موارد یافت نمی‌شود. همچنین، گاهی اوقات پیش‌بینی تأثیر این نوع رویکرد مشکل است. به عنوان مثال، رفتار "بد"، مانند آلودگی، می‌تواند پاداش بگیرد اگر که قوانین به طور صحیح تنظیم نشده باشند.

• مکانیسم‌های مبتنی بر بازار^۲: حوزه وسیعی از مکانیسم‌های مبتنی بر بازار وجود دارند که می‌توانند برای تنظیم فعالیت‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. تنظیمات مبتنی بر بازار می‌تواند اثربخشی هزینه‌ای را ثابت کند و مداخلات تنظیمی در عملیات روزانه شرکت‌ها را کمینه کند. انواع مکانیسم‌های معمول مبتنی بر بازار در زیر بررسی می‌شوند.

✓ قوانین رقابتی^۳: قوانینی هستند که برای کنترل رفتار شرکت‌ها ایجاد می‌شوند تا تضمین کند بازار، خدمات را با محدود کردن فعالیت‌های غیر مطلوب مانند قیمت‌گذاری تهاجمی، کمک مالی^۴، تحویل می‌دهد. قانون رقابتی می‌تواند به تنظیم از طریق دستور و کنترل ترجیح داده شود چرا که کمتر در امور شرکت‌ها مداخله می‌کند، برای سرمایه‌گذاری عمومی ارزانتر است.

✓ تنظیم به واسطه قرارداد^۵: دولت می‌تواند از قدرت خرید خود برای تعیین شرایط قراردادها با کسب و کارهای خارجی استفاده کند. شرایط قراردادی برای هدایت اهداف اجتماعی مطلوب، مانند نسبت معینی

^۱ -Performance-based regulation

^۲ - market-based regulation

^۳ -competitive laws

^۴ -cross-subsidization

^۵ -regulation by contract

از انرژی تجدیدپذیر در تولید کالاها، می‌تواند استفاده شود. این رویکرد، گاهی به عنوان راه حل کوتاه‌مدت، در نظر گرفته می‌شود و زمانی ارزشمند است که هدف افزایش سریع استواری فرآیند تنظیم و در زمان کوتاه است. اگرچه ترجیحاً باید تقویت شود و در نهایت با شاخص‌های تنظیمی پایدارتری جایگزین شود. افزایش تنظیم به واسطه قرارداد، نباید به عنوان یک جایگزین برای عامل‌های تنظیمی موجود لحاظ شود، بلکه باید به عنوان یک روش متمم با بهبود در اثربخشی و اعتبار تنظیم‌کننده در نظر گرفته شود. تحت رژیم تنظیم به واسطه قرارداد، یک تنظیم‌کننده به طور بالقوه باید در مذاکرات مجدد قرارداد درگیر شود و از این رو، نقش تنظیم‌کننده به طور فزاینده‌ای یک کارگزار امین یا یک بازیگر بی طرف می‌شود که بر روی ایجاد راه حل‌ها و ایجاد اجماع میان تأمین‌کنندگان خدمات، سرمایه‌گذاران و دولت متمرکز می‌شود.

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

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

¹ -tradable permits

² -allowance

³ -disclosure regulation

ج) تسهیل‌کننده

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

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

د) ارائه دهنده کالا و خدمات

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

➤ ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی

^۱ - business development services

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

➤ ارائه‌کننده خدمات صنعتی (صنعتگران)

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

۱-۳- نظام نوآوری فناورانه

نظام‌های نوآوری فناورانه^۱ به تحلیل گذار از منظر تغییرات نهادی، سازمانی، اقتصادی، سیاسی، و فنی پیرامون ظهور فناوری‌های جدید می‌پردازد. این رویکرد بر پایه‌ی نظر کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) درباره نوآوری شکل گرفته است که مهمترین محرک‌های خلق، انتشار، و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه را در تعاملات نظام‌مند کنش‌گران، تحت زیرساخت‌های نهادی می‌داند. این برداشت از گسترش نوآوری فناورانه با الهام از تئوری بلوک‌های توسعه^۲ (Dahmén, 1988) و نیز در ارتباط با رویکردهای نظام ملی نوآوری^۳ (Freeman, 1988; Nelson, 1988) و نظام بخشی نوآوری^۴ (Breschi and Malerba, 1997) است.

از زمان توسعه اولیه این رویکرد در سال ۱۹۹۱، تغییرات مختلف و بهبودهای متفاوتی در مفهوم و ابزارهای عملیاتی آن صورت پذیرفته است. تمرکز بر فناوری‌های مشخص^۵ به جای تمرکز بر فناوری‌های عمومی و گسترده^۶، تاکید بر وقوع نوآوری‌های بنیادین به‌عنوان محرک گذارهای اجتماعی-فنی به‌جای تاکید بر نوآوری فناورانه به‌عنوان ابزاری در ایجاد رشد اقتصادی، و توجه به فناوری‌های نوظهور (و غالباً پایدار) به‌جای توجه به سایر انواع فناوری، نمونه‌هایی از تغییرات و همگرایی‌هایی صورت

¹ Technological innovation systems (TIS)

² Development blocks

³ National innovation systems (NIS)

⁴ Sectoral innovation systems (SIS)

⁵ Specific technology

⁶ Generic technology

گرفته در این حوزه است. علاوه بر این‌ها، شناسایی مجموعه‌ی فرایندهای لازم برای توسعه نوآوری تحت عنوان کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، شناسایی مجموعه‌ی مکانیزم‌های اثرگذار بر شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه در قالب موانع و محرک‌های توسعه، ارائه‌ی تحلیل‌های ساختاری در قالب نقش کنش‌گران، نهادها، و شبکه‌ها در شکل‌گیری نوآوری، گسترش مفهوم شکست‌های بازار و با ارائه‌ی تعریفی جدید تحت عنوان شکست‌های سیستمی^۱، برقراری ارتباط و ایجاد سازگاری میان رویکردهای مختلف گذار (مانند رویکرد TIS و MLP) و ارائه‌ی رویکردهایی برای راهبری شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه، نمونه‌هایی از بهبودهای صورت پذیرفته در رویکرد نظام‌های نوآوری فناورانه در طول زمان است.

به کار بردن رویکرد سیستمی در مطالعه‌ی تغییرات فناورانه، بستری برای درک توسعه فناوری را فراهم می‌نماید. نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از این رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه^۲ یاد می‌گردد. بر این اساس، کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) این مفهوم را به صورت زیر تعریف می‌کنند:

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

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

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

¹ Systemic failures

^۲ این اصطلاح توسط محققین مختلف به گونه‌های متفاوت بکار گرفته شده است. Carlsson and Stankiewicz (۱۹۹۱) اصطلاح سیستم‌های تکنولوژیکی را بکار برده‌اند و محققان سوئدی

- تاکید بر نقش شایستگی اقتصادی، به معنی توانایی در توسعه و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید کسب‌وکار در ایجاد نوآوری فناورانه. بر این اساس، بهره‌برداری و ترکیب دانش‌های موجود جز جدایی ناپذیر نوآوری فناورانه می‌باشد. در حقیقت بر خلاف سایر رویکردها که تفکری کلان از نوآوری داشتند، این ویژگی بر اهمیت نیروهای کارآفرین به-عنوان منابع نوآوری تاکید دارد.
 - تاکید جدی بر پویایی سیستم. تمرکز بر نقش کارآفرینان در این رویکرد، زمینه را برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم در طول زمان آماده کرده تا از این طریق روند پویایی در نظر گرفته شود.
- در بکارگیری نظام نوآوری فناورانه، در نظرگیری چهار فرض اساسی ضروری است (Carlsson et al., 2002):
- سیستم (نه تک‌تک اجزا) به‌عنوان واحد تحلیل قرار می‌گیرد. این فرض در سایر مدل‌های نظام نوآوری نیز مشابه است.
 - سیستم ماهیتی پویا دارد. بنابراین در نظر گرفتن بازخوردها برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم‌ها ضروری می‌باشد.
 - فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های فناورانه صورت پذیرد. به عبارت دیگر، بالابردن توانایی جذب اهمیت بیشتری از توانایی تولید فناوری جدید دارد.
 - هر بازیگر در چارچوب خردپذیری محدود^۱ عمل میکند. به عبارت دیگر، بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند.
- در کنار رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مفهوم بلوک‌های شایستگی^۲ قرار می‌گیرد. بلوک‌های شایستگی از جانب طرف تقاضا (محصول یا بازار) و به عنوان مجموع زیرساخت‌های لازم برای ساخت، انتخاب، تشخیص دادن، انتشار و بهره‌برداری از ایده-های جدید در خوشه‌هایی از بنگاه‌ها تعریف می‌گردد. نمونه‌ای از تحلیل با این رویکرد را می‌توان در بلوک شایستگی برای نظام سلامت کشور سوئد جستجو نمود که در آن اجزای تشکیل‌دهنده نظام‌های نوآوری فناوری مختلف محصولات و فناوری‌های لازم بخش سلامت را تامین میکنند، به تصویر کشیده شده است.

1 Bounded rationality

2 Competence block

۱-۳-۱- شناخت کارکردی نظام نوآوری

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به‌کار برد (Hekkert and Negro, 2009). از آن‌جایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تمام جوانب تغییرات فناورانه را در نظر گرفت، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده‌ی چارچوبی برای تحلیل کارکردی^۱ نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. ادکوئیست (۲۰۰۴) دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد میکند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق فرایندهای اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح اول سیستم (زیرکارکرد) شناسایی کرده‌اند.^۲

۱ کارکردها عوامل فرایندی مؤثر بر توسعه‌ی فناوری محسوب می‌شوند.

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

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

مراجع	کارکردها
(Suurs and Hekkert, 2009; Suurs et al., 2010; Suurs et al., 2009)	فعالیت‌های کآفرینی توسعه دانش انتشار دانش جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع حمایت از سوی گروه-های پشتیبان
(Van Alphen et al., 2009b)	فعالیت‌های کآفرینی توسعه دانش انتشار دانش جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع ایجاد مشروعیت
(van Alphen et al., 2009a)	فعالیت‌های کآفرینی خلق دانش انتشار دانش جهت دهی به جستجو ایجاد بازار تامین و تخصیص منابع مشروعیت‌بخشی
(Bergek et al., 2008b; Jacobsson, 2008)	آزمایش‌های کارآفرینی توسعه و انتشار دانش تاثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع مشروعیت‌بخشی توسعه اثرات جانبی مثبت
(Alkemade et al., 2007; Hekkert and Negro, 2009; Hekkert et al., 2007a; Negro et al., 2008)	فعالیت‌های کارآفرینی توسعه دانش انتشار دانش از طریق شبکه‌ها جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر
(Negro et al., 2007)	فعالیت‌های کآفرینی توسعه دانش انتشار دانش از طریق شبکه‌ها جهت دهی به جستجو شکل‌دهی بازار تامین و تخصیص منابع حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان
(Edquist, 2005)	تحقیق و توسعه مزیت‌سازی فراهم کردن خدمات مشاوره‌ای شبکه‌سازی تامین حداقل‌های کیفی ایجاد و تغییر ساختار صنعتی ایجاد و تغییر قواعد
(Jacobsson and Bergek, 2004)	ایجاد دانش جدید هدایت فرایند جستجو هموار کردن شکل-گیری بازار تامین منابع هموار کردن ایجاد اثرات جانبی مثبت
(Liu and White, 2001)	اجرا تحقیق ارتباط مصرف نهایی آموزش
(Rickne, 2000b)	ایجاد و انشار محصول جدید ایجاد و انتشار فرصت نوآورانه انجام تحقیقات بازار افزایش شبکه‌سازی هدایت تکنولوژی ایجاد بازار و انتشار دانش بازار ایجاد نیروی انسانی حمایت فناوری و بنگاه هموارسازی تامین مالی ایجاد بازار نیروی کار
(Johnson, 1998)	هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات کاستن از عدم تعیین هدایت فرایند جستجو شناسایی پتانسیل‌های توسعه ایجاد و شبیه‌سازی بازار تامین مشوق‌ها برای بنگاه‌ها تامین منابع غلبه بر مقاومت در برابر تغییر

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

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

کارکرد	توصیف
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.
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 درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت‌ها هستند.
انتشار دانش	دربگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است با هدف پراکنده‌سازی ^۱ و به‌اشتراک‌گذاری ^۲ دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده‌تر، شبکه‌هایی از بازیگران از پیش‌نیازهای این کارکرد به‌شمار می‌رود.
جهت‌دهی به سیستم	اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود.
شکل‌گیری بازار	شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می‌گردد.
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.
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 فناورانه است.

همان‌طور که اشاره شد، نظام‌های نوآوری تکنولوژیک را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات تکنولوژیک به کار برد. دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به‌تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد میکند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق کارکرد اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح

1 Dissemination

2 Sharing

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

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

الف) فعالیت‌های کارآفرینی

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

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

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

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

ب) خلق دانش

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

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

- مهندسی معکوس

- سرمایه‌گذاری‌های مشترک با هدف توسعه‌ی دانش

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

ج) انتشار دانش

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

- استفاده از رسانه‌های جمعی برای انتشار مطالب پیرامون فناوری شامل اطلاعات فنی و غیرفنی (مانند بازار)

- فراهم‌آوری بسترهای لازم برای اطلاع‌رسانی در رابطه با دانسته‌های موجود (بدانیم که چه می‌دانیم) مانند فراهم‌آوری

پایگاه‌های اطلاعاتی یکپارچه

- میزان فعالیت شبکه‌های دانشی موجود

- برگزاری کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی

- پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران با هدف تبادل دانش

د) جهت‌دهی به سیستم

به‌علت محدود بودن منابع در دسترس، می‌بایست از میان گزینه‌های مختلف فناورانه موجود دست به انتخاب زد. بدون انجام این کار، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه‌ی وسیعی از گزینه‌ها پراکنده شده و به‌هدر می‌رود. برای جلوگیری از هدررفتن منابع، کارکرد جهت‌دهی به جستجو در روند توسعه‌ی فناورانه تعریف می‌گردد.

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

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

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

ه) شکل‌دهی به بازار

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

- ایجاد مزیت رقابتی بوسیله سیاست‌های مالیاتی بر فناوری و صنایع رقیب
- کاهش هزینه‌های مصرف فناوری
- وضع آیین‌نامه‌ها و قواعد تنظیم‌کننده بازار در مورد فناوری
- معافیت‌های مالیاتی بر فناوری
- اعطای تسهیلات در صورت استفاده از فناوری

- تعیین حداقلی از سهم استفاده از فناوری

- اقدامات انجام‌شده برای بازاریابی محصولات تولیدشده از فناوری

و) بسیج منابع

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

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

- کمک‌های بلاعوض دولتی (سوبسید) برای گسترش و نشر فناوری یا انجام فعالیت کارآفرینی

- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری

- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری

- تلاش‌های انجام گرفته برای تأمین مواد و قطعات موردنیاز

- تلاش‌های انجام گرفته برای آموزش نیروهای انسانی (علمی و مهارتی)

ز) مشروعیت بخشی

ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی همراه می‌شود. بنابراین، می‌بایست بازیگران فناوری نوظهور، بر این لختی غلبه نمایند. این امر، از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام تکنولوژیکی نوآوری صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد. این کارکرد، به میزان زیادی با کارکرد جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی شباهت دارد. بزرگترین تفاوت بین آن‌ها این است که در کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، قواعد موجود در نظام تکنولوژیکی نوآوری تغییر نمی‌کنند. این کارکرد تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان می‌پردازد. سپس، رسمیت‌بخشیدن

به فناوری از طریق وضع قواعد جدید، توسط نهادهای پشتیبان صورت می‌پذیرد. فعالیت وضع قوانینی در حمایت از فناوری نیز مربوط به کارکردهای دیگر (مانند جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی و تأمین منابع) است.

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

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

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

جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های کمی و کیفی

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد فرصت‌های جدید		تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی
			تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری
			ورود شرکت‌های موجود به عرصه فناوری
توسعه دانش	نمایش فرصت‌های جدید		حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده
			برگزاری نمایشگاه تکنولوژی
			انجام پروژه‌های نمایشی
توسعه دانش	فنی		تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی
			تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی
			تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی
			اندازه‌ی سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی
			تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از تکنولوژی
			تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
			(Prototype)
	غیرفنی		تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار
			تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده
انتشار دانش	فنی		تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
			تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری
			تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک
			اندازه‌ی شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک
		میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی	
	غیرفنی		تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار
			تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده
جهت‌دهی به سیستم	رسمی (وضع نهادها)		قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
			استانداردهای تدوین شده
	غیررسمی (شکل‌گیری انتظارات)	وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه‌ی تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثر گذارند	
		شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه‌ی تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی)	
		شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی	
		رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر	
		ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی)	
		شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی تکنولوژی	
شکل‌گیری بازار		شفاف‌سازی پتانسیل بازار	
		میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران	
		شناسایی مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار	
		تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی	
		تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار	
بسیج منابع	مالی		کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
			سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی موردنظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای توسعه‌ی	

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
		تکنولوژی از خارج از کشور	
	دارایی‌های مکمل	توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل	
مشروعیت‌بخشی		میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری تکنولوژیک در حال توسعه	
		میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی تکنولوژی و محصولات مربوط به آن	
		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	

۱-۴-۱- مرور ادبیات مرتبط با تدوین نقشه راه

۱-۴-۱- مفاهیم نقشه راه

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

رهنماها انواع گوناگونی دارند. رهنماهای مختص فناوری مقصودشان حمایت از توسعه یک نوع خاصی از فناوری می‌باشد. افرادی که به طور معمول در این فرآیند همکاری می‌کنند، شامل کارشناسان فنی، سیاستگذاران، تحلیلگران انرژی و

¹ metrics

² milestones

پژوهشگران دانشگاهی می‌باشند که گرد هم می‌آیند تا به طراحی اهداف عملکردی، مسیرهای کاری^۱، اولویت‌ها و چارچوب‌های زمانی برای تحقیق، توسعه، رونمایی و پیاده‌سازی^۲ یک فناوری، بپردازند.

تعریف آژانس بین‌المللی انرژی از رهنگاشت فناوری عبارت است از یک مجموعه پویا از نیازمندی‌های فنی، سیاستی، قانونی، مالی، بازاری و سازمانی شناسایی شده توسط کلیه ذی‌نفعان درگیر در تدوین رهنگاشت. تلاش‌ها بایست معطوف به تسهیم بهتر

کلیه اطلاعات مرتبط با تحقیق، توسعه، رونمایی و پیاده‌سازی یک فناوری بین شرکت‌کنندگان باشد. (۴)

در ادامه تعاریف برخی از عبارات ارائه شده است:

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

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

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

• ذی‌نفعان: افراد مناسبی که در تحقق توسعه و پیاده‌سازی رهنگاشت ذی‌نفع‌اند، مانند نمایندگان دولت، صنعت، دانشگاه

و سازمان‌های مردم‌نهاد.

• اجرا: فرآیند عملیاتی کردن رهنگاشت به واسطه انجام پروژه‌ها و اقدامات معطوف به خرده فعالیت‌ها و اولویت‌ها و

همچنین به واسطه پایش پیشرفت با استفاده از یک سامانه ردگیری.

مخاطبان رهنگاشت بسته به نوع سندی که تدوین می‌شود تغییر می‌کنند. برای رهنگاشت‌های فناوری انرژی در سطح ملی،

مخاطبان ممکن است شامل موارد زیر باشند:

• تصمیم‌سازان دولتی و ملی در وزارتخانه‌های انرژی، محیط زیست، صنعت، منابع طبیعی و امور زیربنایی

• تصمیم‌سازان دولتی و ملی در وزارتخانه‌های دارایی یا امور اقتصادی

• سیاستگذاران ایالتی/استانی و محلی و تنظیم‌گران ملی

• تصمیم‌سازان بخش انرژی، به ویژه از صنایعی که مقادیر زیادی از انرژی را تولید یا مصرف می‌کنند (مانند صنعت

برق، حوزه‌های منابع طبیعی و کشاورزی، و صنایع انرژی بر)

¹ pathways

² research, development, demonstration and deployment (RDD&D)

- کارشناسان پیشروی علمی، مهندسی، سیاستگذاری، علوم اجتماعی و کسب و کار که مشغول در پژوهش روی فناوری‌های خاص انرژی و سیاست‌های پشتیبان و مکانیسم‌های مالی مورد نیاز برای تسریع تجاری‌سازی می‌باشند
- سازمان‌های مردم‌نهاد درگیر در پژوهش و حمایت از انرژی پاک (۱)

۱-۴-۲- تدوین نقشه راه

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

بر مبنای رویکرد چارچوب منطقی و روش تدوین برنامه عملیاتی فناوری از یک طرف، و نیز ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌های تدوین شده، در این قسمت لازم است تا روش پیشنهادی تدوین برنامه عملیاتی ارائه شود. این روش پیشنهادی متشکل از گام‌های زیر خواهد بود:

- در نظرگیری ارتباط برنامه عملیاتی با ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌ها: هر برنامه عملیاتی در ارتباط با یک و چند هدف بالادستی نوشته می‌شود. به عبارت دیگر، هدف اولیه یک سند توسعه فناوری در ابتدا برآورده ساختن ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌ها تعریف شده در مراحل قبل است. با توجه به منطقی که در فصول پیشین به‌عنوان فرآیند تدوین اسناد ملی راهبردی بیان شد، تدوین برنامه‌های عملیاتی نیز باید با توجه و در نظرگیری این فرآیند انجام گردد. برنامه‌های تدوین شده در مرحله اول باید همراستا با اهداف کلان و خرد تعریف شده در مراحل قبلی باشد.

در مرحله دوم، برنامه‌های عملیاتی تدوین شده باید با راهبردها، اقدامات و سیاست‌های تدوین شده همخوان باشد. این کار را می‌توان با تحلیل موانع شناسایی شده در مرحله برنامه اقدامات و سیاست‌ها به انجام رساند. با در نظر داشتن موانع به شکل مشکلاتی که باید برای آن‌ها راه‌حل ارائه گردد، یک مشکل پیچیده به شکل آسانی حل خواهد شد، اگر علت و اثرات آن به‌طور کامل مورد تحلیل قرار گرفته باشد.

• تعیین پروژه‌ها: در این گام پروژه‌های ضروری به‌منظور برآورده کردن اهداف کلان و خرد و نیز محقق نمودن راهبردها، اقدامات و سیاست‌ها تعیین می‌شود. این پروژه‌ها، فعالیت‌هایی هستند که توسط کنش‌گران توسعه فناوری و در راستای راهبردهای کلان و سیاست‌های نوآوری تعریف می‌شود. اگر پروژه‌ها به‌طور صحیحی برنامه‌ریزی شوند، نتایج موردانتظار از انجام آن‌ها حاصل، و در نتیجه، اهداف میان‌مدت و بلندمدت نیز محقق می‌گردد. پروژه‌ها در فرآیندی توافقی و تعاملی و براساس نظر ذینفعان استخراج می‌گردد. اقداماتی تدوین شده در مراحل قبل هم راهنمای مناسبی برای طراحی پروژه‌ها هستند. به‌عبارت دیگر، برای تحقق هر اقدام یا سیاست اجرایی، وجود مجموعه‌ای از پروژه‌ها ضروری است.

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

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

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

۱-۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این بخش پس از بیان تعاریف و مفاهیم نگاشت نهادی مورد نیاز برای تحلیل وضعیت ساختار و کنشگران حوزه فناوری، انواع نقش‌هایی که این کنشگران قابلیت ایفای آن‌ها را دارند در دسته‌های سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیلگری، آموزشی و پژوهشی، و صنعتی مورد اشاره قرار گرفتند.

همچنین ادبیات مرتبط با نظام نوآوری فناورانه تشریح گردید تا در بعد ساختاری بتوان عوامل مؤثر بر توسعه فناوری را شناسایی نمود.

در ادامه نیز ادبیات مرتبط با مفاهیم تدوین نقشه راه ارائه گردید تا بتوان از آن در جهت ترسیم نقشه راه این حوزه استفاده نمود.

۲- تحلیل ساختاری و نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان

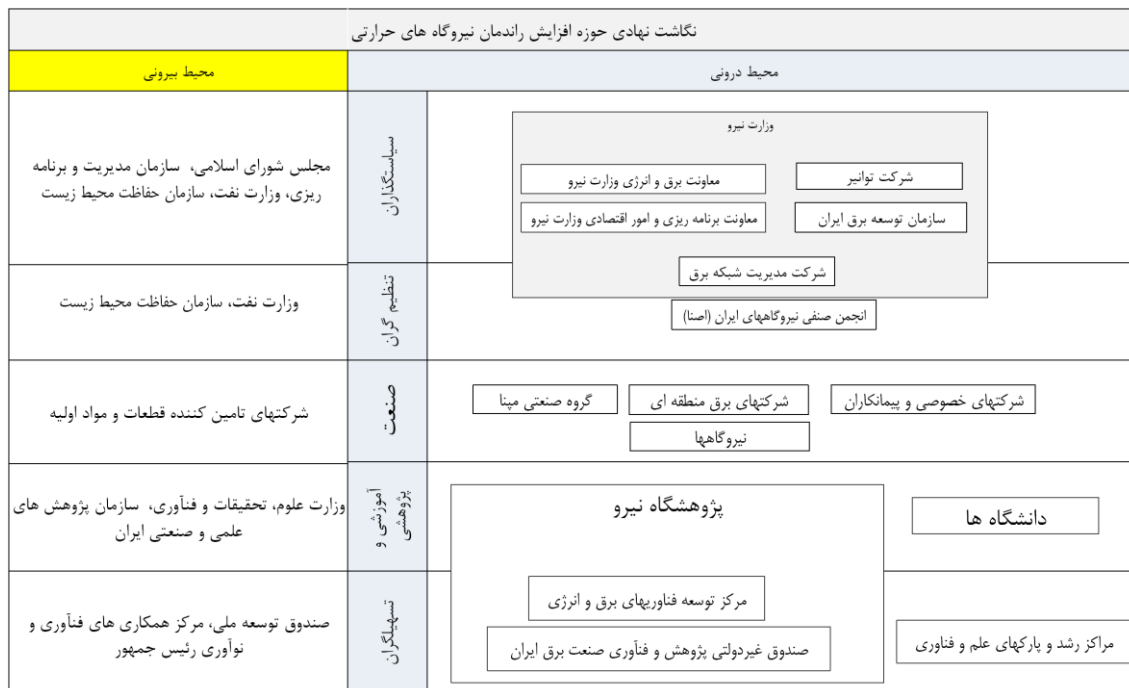
۱-۶- مقدمه

کنش‌گران یکی از سه مؤلفه‌ی ساختاری در توسعه فناوری می‌باشد که با انجام فعالیت، بر فرآیند خلق، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری اثر می‌گذارد. هر کنش‌گر موجود در نظام توسعه فناوری بر اساس راهبرد خود، در چارچوب نهادهای پیرامون، و با صرف منابع لازم، به انجام فعالیت‌های نوآورانه می‌پردازد [4]. با به‌انجام رسیدن فعالیت‌ها، کارکردهای مختلفی برآورده می‌گردد. مجموع کارکردهای برآورده شده توسط فعالیت‌های کنش‌گران مختلف، عملکرد نهایی سیستم را تعیین خواهد نمود. بنابراین با شناسایی و تحلیل توسعه فناوری از زاویه کنش‌گران می‌توان در درجه اول سهم بالقوه و بالفعلی که هر کنش‌گر در برآوردن کارکردها و تامین عملکرد سیستم مشخص نمود و در درجه دوم نیز آلترناتیوهای ساختاری که منجر به ایجاد عملکرد بالا در سیستم می‌شود را شناسایی کرد.

در این فصل تلاش می‌شود پس از تحلیل ساختار و کنش‌گران حوزه افزایش راندمان، ضعف‌های ساختاری این حوزه شناسایی شوند.

۱-۷- تحلیل ساختاری و نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان

مطابق با آنچه در فصل پیش تشریح شد، به منظور تحلیل وضعیت کنش‌گران و تشخیص خلاهای نهادی احتمالی لازم است کنش‌گران در پنج نقش سیاستگذاری، تنظیم‌گری، آموزشی و پژوهشی، صنعتی و تسهیگری، شناسایی شده و در قالب نگاشت نهادی مورد تحلیل قرار گیرند. در این راستا و به منظور تحلیل ساختار حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کنش‌گران این حوزه ذیل نقش‌های مذکور، شناسایی شده و در قالب نگاشت نهادی مطابق با شکل زیر تحلیل شده‌اند.



شکل ۱- نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی

در ادامه به توضیح نقش هر یک از نهادها در ارتباط با حوزه افزایش راندمان خواهیم پرداخت.

۱-۷-۱- نهادهای محیط بیرونی

برخی از نهادها خارج از صنعت برق قرار داشته اما از طریق سیاست‌ها، مصوبات و فعالیت‌هایشان بر حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها تاثیرگذار هستند. در این بخش به بررسی این نهادها پرداخته می‌شود.

۱-۱-۷-۱- نهادهای بیرونی موثر در سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

در این بخش نهادهایی که خروجی فعالیت‌های آن‌ها و کارکرد آن‌ها برای حوزه راندمان نیروگاه‌ها، به نوعی در نقش‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری متجلی می‌شوند، شناسایی شده و توضیح داده شده‌اند.

مجمع تشخیص مصلحت نظام

وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام، به استناد اصول و بندهای قانون اساسی جمهوری اسلامی به شرح زیر است:

- ارائه مشاوره به مقام معظم رهبری در تعیین سیاست‌های کلی نظام (به استناد بند ۱ اصل ۱۱۰ قانون اساسی)

- پیشنهاد چگونگی حل معضلات نظام که از طریق عادی قابل حل نیست به مقام معظم رهبری (به استناد بند ۸ اصل ۱۱۰ قانون اساسی)
- تشخیص مصلحت در مواردی که مصوبه مجلس شورای اسلامی را شورای نگهبان خلاف موازین شرع و یا قانون اساسی بداند (به استناد اصل ۱۱۲ قانون اساسی)
- مشاوره در اموری که مقام رهبری به مجمع ارجاع می‌دهد (به استناد اصل ۱۱۲ قانون اساسی)
- نظارت بر حسن اجرای سیاست‌های کلی نظام (به استناد نامه مورخ ۷۷/۱/۱۷ مقام معظم رهبری)
- مشاور رهبری در موارد اصلاح یا متمیم قانون اساسی (به استناد اصل ۱۷۷ قانون اساسی)
- عضویت در شورای بازنگری قانون اساسی (اعضاء ثابت مجمع) (به استناد اصل ۱۷۷ قانون اساسی)
- انتخاب یکی از فقهای شورای نگهبان برای عضویت در شورای موقت رهبری (به استناد اصل ۱۱۱ قانون اساسی)
- تصویب برخی از وظایف رهبری برای اجراء توسط شورای موقت رهبری (به استناد اصل ۱۱۱ قانون اساسی)
- انتخاب جایگزین هریک از اعضا شورای موقت رهبری در صورت عدم توانایی انجام وظایف (به استناد اصل ۱۱۱ قانون اساسی)
- پیشنهاد چگونگی اتخاذ تصمیم شورای موقت رهبری در مورد وظایف مصرح در بندهای اصل ۱۱۰ که در اصل ۱۱۱ تصریح گردیده است.

همانطور که مشخص است این نهاد براساس وظایفی که در زمینه تدوین و نظارت بر حسن اجرای سیاست‌های کلی نظام دارد، از طریق سیاست‌های کلان مرتبط با حوزه انرژی می‌تواند اثرگذاری غیرمستقیم بر حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها داشته باشد.

مجلس شورای اسلامی

در نظام جمهوری اسلامی ایران، مجلس شورای اسلامی به عنوان یکی از قوای سه‌گانه (قوه مقننه) از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها، قانونگذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها است. با توجه به نقش مؤثر و مهم مجلس در نظام کشور، وظایف عمده مجلس در دو بخش خلاصه می‌گردد:

– قانون‌گذاری

– نظارت

از آنجا که این دو وظیفه از جنس ایفای نقش‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری می‌باشد، قوانین احتمالی که مجلس در حوزه انرژی ممکن است تصویب نماید، بر حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها اثرگذار است.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

این سازمان در چهارچوب قوانین و مقررات عهده‌دار وظایف متعددی بوده که عمده‌ترین آنها عبارتند از:

• برنامه‌ریزی:

- ✓ انجام مطالعات و بررسی‌های اقتصادی و اجتماعی و پیش‌بینی منابع کشور به منظور تهیه برنامه و بودجه.
- ✓ تهیه و تنظیم برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت به منظور نیل به توسعه پایدار و همه‌جانبه در کشور.

• بودجه‌ریزی:

- ✓ پیشنهاد خط‌مشی‌ها و سیاست‌های مربوط به بودجه کل کشور به شورای اقتصاد.
- ✓ تهیه و تنظیم بودجه سالانه کشور با همکاری دستگاه‌های ذی‌ربط.

• نظارت و ارزیابی:

- ✓ نظارت مستمر بر اجرای برنامه‌های توسعه و پیشرفت سالانه آن‌ها.
- ✓ نظارت و ارزیابی کارایی و عملکرد دستگاه‌های اجرایی کشور.
- ✓ نظارت و ارزیابی طرح‌های عمرانی کشور.

• امور فنی:

- ✓ استقرار نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور از طریق تدوین ضوابط فنی و اجرایی طرح‌ها.
- ✓ سازمان‌دهی و ارزش‌یابی عملکرد عوامل فنی و اجرایی از طریق تهیه، تدوین، اجرا و نظارت بر اجرای ضوابط مربوط به تشخیص صلاحیت فنی و ارجاع کار به واحدهای تهیه و اجراکننده طرح‌های عمرانی.

همانطور که مشخص است این نهاد از طریق برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی و بودجه‌بندی برای طرح‌های کلان در حوزه سیاستگذاری انرژی به طور عام و به تبع آن در حوزه سیاستگذاری حوزه افزایش راندمان به طور خاص دخیل خواهد بود.

وزارت نفت

وزارت نفت به منظور تحقق سیاستهای کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در بخش نفت و گاز، سیاستگذاری، راهبری، برنامه ریزی و نظارت بر کلیه عملیات بالادستی و پایین دستی صنعت نفت، گاز، پتروشیمی و پالایشی تشکیل شده است و به نمایندگی از طرف حکومت اسلامی بر منابع و ذخایر نفت و گاز اعمال حق حاکمیت و مالکیت عمومی می نماید.

اهم وظایف و اختیارات وزارت نفت در امور حاکمیتی و سیاستگذاری به شرح زیر است:

- تعیین خط مشی ها و سیاستهای راهبردی عملیات بالادستی و پایین دستی نفت
- تهیه و تنظیم برنامه های راهبردی عملیات بالادستی و پایین دستی صنعت نفت، گاز، پتروشیمی و پالایشی مطابق خط مشی ها و سیاستهای ابلاغی و نظارت بر حسن اجرای آنها
- تعیین و بازنگری و نظارت بر حسن اجرای استانداردهای صنعت نفت، گاز، پتروشیمی و پالایشی با همکاری دستگاههای اجرائی ذی ربط و صدور گواهینامه‌های لازم
- تدوین رویه ها و دستورالعملهای اجرائی جهت حفاظت، نگهداری و ارتقای سطح سلامت، بهداشت، ایمنی و محیط زیست و پدافند غیرعامل در صنعت نفت، با هماهنگی دستگاههای اجرائی و نهادهای ذی ربط و نظارت بر اجرای آنها
- وضع مقررات و صدور دستورالعملهای لازم برای حسن انجام امور اکتشاف، توسعه، تولید، انتقال، حفظ حریم خطوط لوله و تأسیسات، ذخیره سازی، توزیع و مصرف فرآورده های نفت، گاز و محصولات پتروشیمی

نقش وزارت نفت در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها به عنوان یک بازیگر بیرونی، به طور عمده با موضوع توزیع و مصرف فرآورده‌های نفتی ارتباط پیدا می‌کند و این نهاد به عنوان سیاستگذار در حوزه تامین و توزیع سوخت مورد استفاده نیروگاه‌ها، تاثیرگذاری قابل اعتنایی برای این حوزه دارد. همچنین این نهاد می‌تواند با سیاست‌های و دستورالعمل‌های خود در قالب تنظیم‌گر بیرونی ایفا نقش نماید.

وزارت صنعت، معدن و تجارت

در حال حاضر متولی بخش ساخت و بازرگانی در ایران وزارت صنعت، معدن و تجارت است که از مهم‌ترین شرح وظایف وزارت صنعت، معدن و تجارت به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

- تدوین و ابلاغ راهبردهای توسعه صنعتی، معدنی و تجاری کشور و تعیین اهداف، سیاست‌ها، برنامه‌ها، استانداردها، نظام‌ها، آیین‌نامه‌ها و ضوابط کلی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت هماهنگ با سیاست‌های کلان کشور با جلب مشارکت تشکل‌ها و سازمان‌های غیر دولتی و مردم نهاد مرتبط و نظارت بر اجرا و تحقق آنها.
- تعیین سیاست‌های توسعه صادرات غیرنفتی، محصولات صنعتی، فرآورده‌های معدنی و خدمات فنی و مهندسی و تجاری و تنظیم و اجرای مقررات مربوط به حمایت‌های صادراتی.
- برنامه ریزی، هدایت، و حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌ها و واحدهای صنعتی، معدنی و تجاری و شهرک‌های صنعتی مشترک با کشورهای هدف براساس راهبردهای توسعه صنعتی، معدنی و تجاری کشور و متناسب با توازن منطقه‌ای، آمایش سرزمین و ملاحظات زیست محیطی
- برنامه ریزی، هدایت و حمایت از توسعه و جذب سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی برای توسعه صنعت، معدن، تجارت و انتقال فناوری و همچنین سرمایه‌گذاری برای ایجاد و توسعه صنایع مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته و خطرپذیر در موارد ضروری و در مناطق کمتر توسعه یافته.
- برنامه‌ریزی و ایجاد شرایط لازم برای حفظ، صیانت و افزایش ظرفیت‌های تولیدی واحدهای صنعتی و معدنی و بازسازی، نوسازی و گسترش فعالیت آنها.
- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای ایجاد و توسعه مجتمع‌ها و شهرک‌های صنفی، صنعتی و معدنی و نیز پشتیبانی از ایجاد و توسعه واحدهای صنعتی و معدنی و توانمندسازی بنگاه‌های کوچک و متوسط
- برنامه ریزی، هدایت، حمایت و مدیریت تولید صادرات محور با ارزش افزوده بالا و فناوری‌های پیشرفته و هدایت و حمایت از مدیریت واردات مبتنی بر تولید صادرات گرا

• حمایت از توسعه آموزش و پژوهش، "تحقیق و توسعه (R&D)، ترویج و انتشار یافته‌ها و نتایج تحقیقات و هدایت و

بهره‌گیری از توانمندی‌های مراکز آموزشی و پژوهشی و فناوری جهت توسعه بخش‌های صنعت، معدن و تجارت.

همانطور که مشخص است این نهاد به عنوان یک سیاستگذار اصلی در بخش صنعتی کشور هم در بخش عرضه انرژی و هم در بخش تقاضای انرژی موثر است و در حوزه افزایش راندمان از طریق سیاست‌های کلان صنعتی می‌تواند تاثیرگذاری داشته باشد، به طوری که موجب تسهیل توسعه فناوری‌های این حوزه شده و در فرآیندهای مربوط به ساخت تجهیزات مورد نیاز با سیاست‌های خود تاثیرگذار باشد.

سازمان حفاظت محیط زیست

سازمان حفاظت محیط زیست، به عنوان متولی بخش محیط زیست، دارای وظایف اساسی در این حوزه می‌باشد که عبارتند از:

- پیشگیری و ممانعت از تخریب و آلودگی محیط زیست
- ارزیابی ظرفیت قابل تحمل محیط در جهت بهره‌وری معقول و مستمر از منابع محیط زیست
- نظارت مستمر بر بهره‌برداری از منابع محیط زیست
- برخورد فعال با زمینه‌های بحرانی محیط زیست شامل آلودگی‌های بیش از ظرفیت قابل تحمل محیط
- بررسی، مطالعه و تحقیق به منظور دستیابی یا حصول شناسایی در زمینه‌های زیر:

✓ عوامل آلوده‌کننده و مخرب محیط زیست در زمینه آب، هوا، خاک، مواد زائد، آفت‌کش‌ها، کودهای

شیمیایی، سر و صدا و نظایر آنها

✓ چگونگی استقرار پدیده‌های عمرانی و توسعه کشور مانند واحدهای صنعتی، نیروگاه‌ها، سدها، مجتمع‌های

کشاورزی و عمرانی و سکونت‌گاه‌های انسانی و نظایر آن

✓ مسائل زیست‌محیطی منطقه‌ای با استفاده از همکاری کشورهای همجوار و همکاری بین‌المللی

• تهیه و تدوین ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی

• ارزیابی و نظارت به منظور حصول اطمینان از کاربرد و کارآئی ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی

- تدوین طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی و پژوهشی منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی در زمینه مسایل زیست‌محیطی
- ارزش‌گذاری اقتصادی منابع طبیعی و هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از توسعه
- مطالعه و زمینه‌سازی جهت دستیابی به توسعه پایدار

از آنجا که موضوع راندمان نیروگاه‌ها ارتباط تنگاتنگی با موضوع انتشار آلاینده‌های زیست محیطی دارد، سازمان حفاظت محیط زیست به عنوان سیاستگذار عمده برای پیشگیری تخریب محیط زیست، با سیات‌های خود در این حوزه دخیل است. به علاوه این سازمان بر چگونگی استقرار نیروگاه‌ها اثرگذار است که این امر نیز به نوعی با موضوع انتشار آلاینده‌ها در نیروگاه‌ها مرتبط بوده و با موضوع راندمان نیروگاه‌ها پیوند می‌یابد. به طور کلی این نهاد در حوزه افزایش راندمان هم در نقش سیاستگذار بیرونی و هم در نقش تنظیم‌گر بیرونی قابل شناسایی است.

۱-۷-۱-۲- نهادهای بیرونی موثر در بخش صنعت

به طور کلی شرکت‌های تامین‌کننده قطعات و مواد اولیه با قابلیت کاربرد در فرآیندهای مورد نیاز برای افزایش راندمان نیروگاه‌ها، به عنوان نهادهای بیرونی با کارکرد صنعتی در نگاشت نهادی قابل شناسایی می‌باشند. این شرکت‌ها، پیمانکار تخصصی برای ارائه خدمات مربوط به حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها نیستند اما در تامین مواد اولیه، قطعات و خدمات فنی عمومی (غیر تخصصی) مورد نیاز دخیل هستند.

نهادهای بیرونی موثر در آموزش و پژوهش، و تسهیلگری

در این بخش نهادهایی که خروجی فعالیت‌های آن‌ها و کارکرد آن‌ها برای حوزه راندمان نیروگاه‌ها، به نوعی در نقش‌های آموزشی و پژوهشی و تسهیلگری متجلی می‌شوند، شناسایی شده و توضیح داده شده‌اند.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به عنوان متولی حوزه آموزش عالی، پژوهش و فناوری کشور دارای مأموریت‌های اصلی و حدود اختیاراتی به شرح زیر می‌باشد:

- در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فن‌آوری:

- ✓ شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فن‌آوری 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 فن‌آوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فن‌آوری.
- ✓ حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فن‌آوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها.
- ✓ برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی توسعه فن‌آوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فن‌آوری ملی و حمایت از توسعه فن‌آوری‌های بومی.
- ✓ اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثربخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذی‌ربط.
- ✓ اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادها لازم در خصوص انتقال فن‌آوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن فن‌آوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارائه آنها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فن‌آوری.
- ✓ ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فن‌آوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فن‌آوری‌های تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیردولتی علمی، تحقیقاتی و فن‌آوری.
- ✓ تمهید سازوکارهای لازم برای ایجاد هم‌سویی میان فعالیت‌های آموزشی، تحقیقاتی و فن‌آوری، تقویت ارتباط دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی با بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور.
- ✓ اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فن‌آوری در بخش‌های غیردولتی.
- ✓ ارزیابی جامع عملکرد نظام ملی علوم، تحقیقات و فن‌آوری شامل پیشرفت‌ها، شناخت موانع و مشکلات و تدوین و ارائه گزارش سالانه.

✓ اتخاذ تدابیر و ارائه پیشنهادهای لازم جهت حفظ دانشمندان و محققان و تأمین امنیت شغلی آنان و استفاده بهینه از توانمندی‌های آنها.

• در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری:

✓ پیشنهاد ضوابط و معیارهای کلی پذیرش دانشجو به مراجع ذی‌صلاح.

✓ تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، مؤسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فن‌آوری 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.

✓ تعیین ضوابط، معیارها و استانداردهای علمی مؤسسات آموزش عالی و تحقیقاتی، رشته‌ها و مقاطع تحصیلی با رعایت اصول انعطاف، پویایی، رقابت و نوآوری علمی.

✓ نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور.

✓ بررسی و پیشنهاد اولویت‌های تخصیص منابع در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فن‌آوری به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

✓ توسعه همکاری‌های علمی بین‌المللی و اتخاذ تدابیر لازم به منظور نهادینه کردن همکاری‌ها و مبادلات علمی بین مراکز علمی- تحقیقاتی داخل کشور با مراکز علمی- تحقیقاتی منطقه‌ای و بین‌المللی در چارچوب ضوابط و مقررات مصوب مراجع ذی‌صلاح.

✓ صدور مجوز تأسیس دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی دولتی و غیردولتی با مشارکت دانشگاه‌ها و مراکز علمی خارج از کشور، بر اساس ضوابط مصوب مراجع ذی‌صلاح.

همانطور که مشخص است سیاست‌های این نهاد بر بخش آموزشی و پژوهشی حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها تاثیرگذار بوده و چارچوب و فضای حاکم بر حوزه آموزش و پژوهش حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، را تعیین می‌نماید.

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی

هدف اصلی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران حمایت از ایجاد فناوری (تحقیق و توسعه) در سطح ملی خواهد بود و برای این منظور می‌کوشد تا از طریق اعمال حمایت‌ها و ارائه تسهیلات (علمی، فنی، مالی، حقوقی، اداری و فرهنگی) و فراهم آوردن ترتیبات لازم برای تعامل بهره‌ور و مؤثر عرضه و تقاضای فناوری زمینه‌های رشد خلاقیت و نوآوری، به کارگیری نتایج تحقیقات و تجاری کردن فناوری‌های حاصل از تحقیق و توسعه را در یک فضای رقابتی فراهم آورد و وظایف سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران عبارتند از:

- ۱- حمایت از تکمیل چرخه تحقیق تا تولید به منظور فراهم کردن زمینه‌های به کارگیری مؤثر نتایج تحقیقات
- ۲- حمایت از مستندسازی، جذب، بومی‌سازی و اشاعه دستاوردهای حاصل از ایجاد فن‌آوری
- ۳- حمایت و پشتیبانی از مخترعین، مبتکرین، محققین کارآفرین، مؤسسات و شرکت‌های کارآفرین و هدایت فعالیت آنها در جهت تحقق اولویت‌های ایجاد فن‌آوری
- ۴- حمایت از توسعه و گسترش مراکز خدمات فنی - مهندسی، مشاوره‌ای و مدیریت ایجاد فن‌آوری
- ۵- حمایت مالی و تشویق بخش خصوصی در فعالیتهای ایجاد فن‌آوری
- ۶- ایجاد سازوکارهای حمایتی از طریق سازمان‌دهی تشکیلات و امکانات مناسب این نوع حمایت‌ها در سازمان
- ۷- ایجاد ارتباط مؤثر و ارائه خدمات اطلاع‌رسانی بین عرضه‌کنندگان و متقاضیان ایجاد فن‌آوری و فن‌آوری‌های ایجادشده
- ۸- ایجاد زمینه‌های لازم برای ارائه فن‌آوری‌های حاصل از تحقیق و توسعه از طریق برپایی نمایشگاه‌ها و جشنواره‌ها، از جمله جشنواره خوارزمی و انتشار اطلاعات مربوطه به صورت کتاب، مجله، فیلم، خبرنامه، بروشور و ...
- ۹- ایجاد زمینه‌های مناسب برای برگزاری و ترویج دوره‌های کاربردی و حرفه‌ای، همایش‌ها و کارگاه‌های تخصصی به منظور توسعه منابع انسانی در عرصه‌های مختلف ایجاد فن‌آوری
- ۱۰- گسترش همکاری در روابط علمی - فنی با سازمان‌ها و مراکز پژوهشی - فن‌آوری در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه موضوع فعالیت سازمان
- ۱۱- اتخاذ تدابیر مناسب جهت حمایت از تضمین مالکیت فکری و افزایش قدرت ریسک‌پذیری (خطرپذیری) مشارکت‌کنندگان در برنامه‌های ایجاد فن‌آوری

۱۲- ایجاد پژوهشکده‌های تحت پوشش سازمان با شخصیت حقوقی مستقل به منظور انجام تحقیقات توسعه فن‌آوری در جهت اولویت‌های ملی و فن‌آوری‌های نوین

همانطور که مشخص است این نهاد در پی حمایت از توسعه فناوری به معنای عام آن می‌باشد و در نتیجه برای امر پژوهش و توسعه فناوری در حوزه راندمان نیروگاه‌ها یک نهاد بیرونی محسوب می‌گردد. به علاوه با توجه به ماهیت فعالیت‌های این نهاد می‌توان نقش تسهیلگری نیز برای آن قائل گردید.

مرکز همکاری‌های فن‌آوری و نوآوری رئیس‌جمهور

مرکز همکاری‌های فن‌آوری و نوآوری رئیس‌جمهور با هدف ارائه مشاوره علمی و صنعتی به مجموعه دستگاه‌های سیاست‌گذاری و اجرایی کشور و کمک به توسعه همکاری‌های بین‌المللی در زمینه فن‌آوری‌های نوین مشغول به فعالیت می‌باشد. این مرکز با توجه به تاثیر فن‌آوری در رشد اقتصادی و ایجاد تحول در تامین معاش و ارتقاء زندگی انسانی، به توسعه فن‌آوری‌های نوین در راستای توسعه اقتصاد دانش‌بنیان کمک می‌نماید. مجموعه فعالیت‌های این مرکز شامل محورهای زیر است:

۱- توافق جمعی در بین دستگاه‌های مرتبط با فن‌آوری‌های نوین

۲- مشارکت در سیاست‌گذاری ملی توسعه فن‌آوری‌های نوین

۳- ایجاد تشکل‌های مرتبط با فن‌آوری

۴- بهبود فرآیند توسعه نوآوری و اثربخشی آن

۵- کمک به ایجاد همکاری‌های بین‌المللی

۶- تجاری‌سازی و صادرات محصولات فن‌آورانه

ای نهاد نیز به حمایت از توسعه فناوری در معنای عام آن پرداخته و به طور عمده در نقش تسهیلگری مالی و غیرمالی برای فناوری‌های راندمان‌نیروگاه‌ها قابل‌شناسایی است.

در ادامه صندوق‌ها و نهادهای مالی معرفی می‌شوند که به نوعی می‌توانند وظیفه تامین مالی پروژه‌ها و طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها را بر عهده گیرند.

صندوق توسعه ملی

صندوق توسعه ملی با هدف تبدیل بخشی از عواید ناشی از فروش نفت و گاز و میعانات گازی و فرآورده‌های نفتی به ثروت‌های ماندگار، مولد و سرمایه‌های زاینده اقتصادی و نیز حفظ سهم نسل‌های آینده از منابع نفت و گاز و فرآورده‌های نفتی تشکیل شده است.

منابع این صندوق براساس حداقل معادل بیست درصد از منابع حاصل از صادرات نفت (نفت خام و میعانات گازی، گاز و فرآورده‌های نفتی) تعیین می‌شود و هر سال سه درصد به آن افزوده می‌شود. مصارف صندوق نیز براساس موارد زیر است:

- اعطای تسهیلات به بخش‌های خصوصی، تعاونی و بنگاه‌های اقتصادی متعلق به مؤسسات عمومی غیردولتی برای تولید و توسعه سرمایه‌گذاری‌های دارای توجیه فنی، مالی و اقتصادی
- اعطای تسهیلات صادرات خدمات فنی و مهندسی به شرکت‌های خصوصی و تعاونی ایرانی که در مناقصه‌های خارجی برنده می‌شوند از طریق منابع خود یا تسهیلات سندیکایی
- اعطای تسهیلات خرید به طرف‌های خریدار کالا و خدمات ایرانی در بازارهای هدف صادراتی کشور
- سرمایه‌گذاری در بازارهای پولی و مالی خارجی
- اعطای تسهیلات به سرمایه‌گذاران خارجی با در نظر گرفتن شرایط رقابتی و بازدهی مناسب اقتصادی به منظور جلب و حمایت از سرمایه‌گذاری در ایران با رعایت اصل هشتماد (۸۱) قانون اساسی می‌باشد.
- تأمین هزینه‌های صندوق

صندوق نوآوری و شکوفایی

صندوق نوآوری و شکوفایی به منظور کمک به تحقق و توسعه اقتصاد دانش‌بنیان، تکمیل زنجیره ایده تا بازار و تجاری‌سازی نوآوری‌ها، دستاوردهای پژوهشی و اختراعات و کاربردی نمودن دانش از طریق ارائه کمک‌ها و خدمات مالی و پشتیبانی به شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان تشکیل شده است. وظایف این صندوق عبارتند از:

- ۱- برآورد منابع مالی موردنیاز و تأمین آن از طریق منابع دولتی، بودجه‌های سنواتی، اخذ کمک، سود سرمایه‌گذاری و کارمزد تسهیلات، درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری و سپرده‌گذاری وجوه مازاد صندوق و سایر منابع در راستای اهداف صندوق.
- ۲- دریافت هرگونه تسهیلات و جلب مشارکت حسب مورد از بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری.
- ۳- بررسی وضعیت مالی و اقتصادی شرکت‌ها و مؤسسه‌های دانش‌بنیان به منظور اعطای تسهیلات.
- ۴- ارائه خدمات مالی و تسهیلاتی به شرکت‌ها و مؤسسات و فعالیتهای دانش‌بنیان به صورت اعطای کمک بلاعوض و یارانه و تسهیلات کوتاه‌مدت و بلندمدت و ارائه خدمات ضمانت‌نامه‌ای به صورت مستقیم و غیرمستقیم.
- ۵- مشارکت و سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر در مراحل تجاری‌سازی طرح‌ها و فعالیتهای دانش‌بنیان به صورت مستقیم و غیرمستقیم و نیز کمک مالی بلاعوض در این مورد.
- ۶- شناسایی و انتخاب شبکه کارگزاری در ارائه خدمات مالی و تسهیلاتی و پشتیبانی صندوق.
- ۷- کمک مالی و حمایت از نهادهای پشتیبان تجاری‌سازی نوآوری و فن‌آوری و فراهم کردن خدمات توانمندسازی شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان.
- ۸- مشارکت در تدوین سیاست‌ها و تعیین اولویت‌ها و مقررات مرتبط با اهداف صندوق در کشور و کمک به سامان‌دهی و هم‌افزایی حمایت‌های موجود در کشور.
- ۹- نظارت بر مراحل تخصیص منابع صندوق به شرکت‌ها و مؤسسات و فعالیتهای دانش‌بنیان.
- ۱۰- همکاری با مؤسسات و نهادها و مجامع تخصصی داخلی و خارجی.
- ۱۱- مدیریت بهینه منابع در اختیار به منظور حفظ ارزش سرمایه صندوق.
- ۱۲- انجام هرگونه فعالیت در راستای اهداف صندوق.
۱۳. سایر حمایت‌ها و کمک‌های مالی بر اساس مصوبه هیئت امانا.

صندوق مالی توسعه تکنولوژی

هدف اصلی صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران عبارت است از تأمین مالی مورد نیاز طرح‌های مبتنی بر دانش و فن‌آوری و کارآفرینان فن‌آور، 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 فن‌آوری کشور. در

کنار این هدف، سایر اهداف کلان صندوق نیز به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- متنوع‌تر کردن خدمات مالی مبتنی بر موازین اسلامی
- ۲- ایجاد تمایز در کیفیت و نحوه ارائه خدمات برای توسعه کسب‌وکارهای دانش‌بنیان
- ۳- فرصت‌یابی برای سرمایه‌گذاری در طرح‌ها و بنگاه‌های دانش‌بنیان
- ۴- تقویت سرمایه‌های اجتماعی صندوق
- ۵- توسعه سازمانی منعطف، پویا، متکی بر خرد جمعی و کارآمد در تعامل سازنده با شبکه همکار

صندوق غیردولتی پژوهش و فن‌آوری صنعت برق ایران

اهداف صندوق غیردولتی پژوهش و فن‌آوری صنعت برق ایران عبارتند از حمایت از فعالیت‌های محققین و طرح‌های تحقیقاتی

بخش غیردولتی صنعت برق به منظور:

- ۱- تولید و توسعه دانش فنی.
 - ۲- ارتقاء سطح فن‌آوری.
 - ۳- جذب، انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نوین جهان.
- به این منظور، این صندوق فعالیت‌های حمایتی زیر را انجام می‌دهد:
- ۱- اعطای تسهیلات اعتباری (به صورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرح‌های تحقیقاتی.
 - ۲- اعطای یارانه سود برای طرح‌های تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته‌اند.
 - ۳- صدور ضمانت‌نامه و تضمین برای بازپرداخت تسهیلات دریافتی طرح‌های تحقیقاتی از سایر منابع مالی و اعتباری کشور.
 - ۴- مشارکت، سرمایه‌گذاری و تامین سرمایه خطرپذیر به منظور اجرای طرح‌های تحقیقاتی.

۱-۷-۲- نهادهای محیط درونی

برخی از نهادها در حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها و در قالب نقش‌های پنج‌گانه نگاشت نهادی به طور مستقیم دخیل هستند

که در این بخش معرفی شده‌اند.

۱-۲-۷-۱- نهادهای درونی موثر در سیاستگذاری و تنظیم‌گری

در این بخش نهادهایی که موضوع راندمان نیروگاه‌ها در میان اهم وظایف و کارکردهایشان می‌باشد و این وظایف در نقش‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری متجلی می‌شوند، شناسایی شده و توضیح داده شده‌اند.

معاونت برق و انرژی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی معاونت برق و انرژی در بخش برق عبارتند از:

- ۱- سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان و نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه در حد حصول اطمینان از تأمین برق مورد نیاز
- ۲- 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، زیست‌محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین
- ۳- کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه‌ها
- ۴- تصویب تعرفه‌های فروش برق
- ۵- تهیه و تصویب مقررات و آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ناظر بر روابط شرکت‌های فعال در بازار برق و نظارت بر اجرای آنها
- ۶- ایجاد و توسعه رقابت بر آن بخش از امور صنعت برق که امکان رقابت در آنها وجود دارد
- ۷- تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در صنعت برق
- ۸- تسهیل دسترسی عمومی به آمار و اطلاعات صنعت برق
- ۹- نظارت بر اجرای قوانین و برنامه‌ریزی برای تحقق سیاست‌های مصوب کشور در رابطه با صنعت برق و تأمین هزینه اجرای سیاست‌ها و طرح‌های غیراقتصادی از دید بنگاه برق
- ۱۰- حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فن‌آوری و منابع انسانی در صنعت برق
- ۱۱- ظرفیت‌سازی و حمایت از صنایع داخلی
- ۱۲- تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین و مقررات مرتبط
- ۱۳- ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

شرکت توانیر

وظایف اصلی این شرکت عبارتند از:

- ۱- بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان‌مدت صنعت برق و ارائه آن به وزارت نیرو
- ۲- اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو
- ۳- تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارائه آن به وزارت نیرو جهت اخذ مجوز
- ۴- سرمایه‌گذاری در تأسیسات تولید و انتقال و توزیع صنعت برق
- ۵- اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و به‌موقع طرح‌های توسعه و بهینه‌سازی تأسیسات
- ۶- راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق
- ۷- تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو
- ۸- خرید و فروش عمده برق در داخل و خارج کشور از طریق شرکت‌های زیرمجموعه
- ۹- اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق قرضه و مشارکت داخلی و پیش فروش انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تأمین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی ذیربط
- ۱۰- مدیریت، توسعه و تأمین منابع مالی صنعت برق و استفاده بهینه از این منابع از طریق برقراری تسهیلات و گردش منابع مالی فی‌مابین شرکت و شرکت‌های زیرمجموعه
- ۱۱- انجام عملیات لازم به منظور نظارت در نحوه استفاده از انرژی برق به نمایندگی از طرف وزارت نیرو و همچنین ترویج فرهنگ مدیریت مصرف به منظور بهینه‌سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری
- ۱۲- بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فن‌آوری، انتقال دانش فنی و اطلاع‌رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات مورد نیاز صنعت برق کشور
- ۱۳- حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان مورد نیاز صنعت برق کشور
- ۱۴- حمایت از تحقیقات و فعالیت‌های علمی و توسعه منابع انسانی و سایر عوامل مؤثر در بهبود مدیریت و بهره‌وری صنعت برق کشور

- ۱۵- مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های زیرمجموعه و هدایت و هماهنگی آنها در جهت سیاست‌های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت
- ۱۶- نظارت بر امور مدیریت و نظام مالی شرکت‌های زیرمجموعه و انجام بازرسی و حسابرسی‌های لازم
- ۱۷- تدوین مقررات و استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای حسن اجرای امور و استفاده بهینه از امکانات و تأسیسات صنعت برق و ارائه آنها به وزارت نیرو و همچنین انجام عملیات لازم به منظور نظارت بر اجرای آنها به نمایندگی وزارت نیرو
- ۱۸- پیشنهاد و پیگیری درخواست‌های عمومی صنعت برق از دولت
- ۱۹- انجام هرگونه عملیات مالی، معاملات، سرمایه‌گذاری، تشکیل شرکت، مشارکت در مؤسسات و شرکت‌های دیگر که مرتبط با موضوع شرکت باشد، با رعایت مقررات مربوط
- ۲۰- مبادرت به هرگونه فعالیت که با هدف شرکت مرتبط باشد

معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو عبارتند از:

- ۱- مطالعات و آینده‌نگری همه‌جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
- ۲- تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو
- ۳- تلفیق برنامه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت بخش‌های مختلف صنعت آب و برق
- ۴- تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو
- ۵- نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
- ۶- تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
- ۷- تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری غیردولتی و خارجی
- ۸- برنامه‌ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی‌سازی صنعت
- ۹- مطالعات و بررسی ظرفیت‌های داخلی صنعت آب و برق
- ۱۰- تدوین سیاست‌های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
- ۱۱- انجام امور مربوط به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت‌های تابعه

- ۱۲- نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
- ۱۳- مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق
- ۱۴- مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
- ۱۵- تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
- ۱۶- تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
- ۱۷- تدوین سیاست‌های راهبری بازار آب و برق
- ۱۸- تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
- ۱۹- تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق

سازمان توسعه برق ایران

وظایف اصلی سازمان توسعه برق ایران عبارتند از:

- ۱- احداث و توسعه نیروگاه‌ها و افزایش ظرفیت تولید برق.
- ۲- اجرای طرح‌ها و پروژه‌های ملی احداث، توسعه و بهینه‌سازی خطوط و پست‌های انتقال برق.
- ۳- احداث و توسعه مراکز دیسپاچینگ و شبکه‌های مخابراتی برق.
- ۴- ارائه خدمات مدیریت پروژه در زمینه احداث و توسعه تاسیسات صنعت برق، بر اساس روش‌های مختلف سرمایه‌گذاری، توسط اشخاص غیردولتی اعم از حقیقی و حقوقی.
- ۵- اجرای طرح‌ها و پروژه‌های مورد درخواست شرکت‌های برق منطقه‌ای.
- ۶- تدوین و تهیه طرح‌های اجرایی متناسب با نیازهای صنعت برق کشور و ارائه آن به شرکت مادر تخصصی توانیر و اعمال نظارت در اجرای این‌گونه طرح‌ها.
- ۷- انجام مطالعات امکان‌سنجی در احداث نیروگاه‌ها بر اساس شرایط اقلیمی و منابع سوخت در کشور و ارائه آن به شرکت توانیر.
- ۸- مشارکت در تهیه استانداردهای برق و ارائه خدمات مشاوره‌ای در این ارتباط.

۹- اجرای برنامه‌های شرکت مادر تخصصی توانیر در زمینه حمایت و تقویت ظرفیت‌های پیمان‌کاری، مشاوره‌ای و ساخت و تولید تجهیزات نیروگاه‌ها و شبکه‌های انتقال و همچنین انجام مطالعات لازم برای انتخاب فن‌آوری مناسب تولید و انتقال برق در کشور و استفاده در امر تولید و انتقال برق در چارچوب سیاست‌های وزارت نیرو.

۱۰- همکاری و اشتراک مساعی با دیگر شرکت‌ها و موسسات مرتبط با صنعت برق و پیمان‌کاران اعم از داخلی و خارجی برای عرضه یا دریافت خدمات تخصصی در زمینه‌های مطالعاتی، مهندسی، اجرایی و همچنین انتقال، جذب و ارتقاء فن‌آوری در صنعت برق کشور.

۱۱- انجام هرگونه عملیات و معاملات که علاوه بر رعایت صرفه و صلاح، برای مقاصد شرکت ضروری و مرتبط باشد.

شرکت مدیریت شبکه برق ایران

وظایف اصلی این شرکت عبارتند از:

۱- راهبری و پایش بهره‌برداری از شبکه تولید و انتقال برق کشور به منظور حفظ پایداری و امنیت شبکه و تأمین مطمئن برق کشور

۲- فراهم ساختن امکان دسترسی به شبکه برق کشور برای متقاضیان اعم از دولتی و غیر دولتی به منظور خرید، فروش و جابجایی (ترانزیت) برق

۳- برقراری شرایط برای خرید و فروش رقابتی برق و ایجاد، اداره و توسعه بازار و بورس برق

۴- اتخاذ تدابیر و انجام اقدامات لازم در راستای حصول اطمینان از تأمین برق، گسترش مشارکت بخش غیردولتی و توسعه رقابت در تولید و توزیع برق در چارچوب سیاست‌های وزارت نیرو

انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا)

انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران که به شکل اختصاری اصنا نامیده می‌شود در تاریخ ۳۰/۱۱/۸۶ در وزارت کار و امور اجتماعی به ثبت رسید. دلیل اصلی شکل‌گیری این انجمن که اعضای آن ماهیت کارفرمایی دارند، به واگذاری نیروگاه‌ها به بخش خصوصی مربوط می‌شود. از آنجایی که وزارت نیرو یکی از وزارتخانه‌های پیش‌رو در اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی به شمار می‌رود، نیروگاه‌ها از اولین بخش‌های این وزارتخانه بود که به بخش خصوصی واگذار گردید. لیکن نکته‌ای که باعث نگرانی صاحب‌نظران و متخصصان صنعت برق شد، احتمال ضعیف شدن حلقه‌های ارتباطی بین نیروگاه‌ها بود، به‌نحوی که

زنجیره مواصلاتی این نیروگاه‌ها به دلیل از بین رفتن حلقه واسط وزارت نیرو به عنوان مالک این نیروگاه‌ها دچار سستی و کاستی شود. از اینرو این انجمن فعالیت خود را جدا از فعالیت‌های مرتبط حاکمیتی و مالکیتی به صورت سندیکایی و با عضویت شرکت‌های مدیریت تولید برق و نیروگاه‌های تابعه آغاز کرد و در حال حاضر با حدود ۵۰ عضو حقوقی فعالیت‌های خود را پیگیری می‌نماید.

انجمن صنفی نگهداری از نیروگاه‌های کشور (اصنا)، به عنوان یک نهاد درونی، ارزیابی‌های مرتبط با پروانه‌ی صلاحیت بهره‌برداری و نگهداری از نیروگاه‌های کشور را انجام می‌دهد و از این حیث یک نهاد تنظیم‌گر به حساب می‌آید. همچنین ارزیابی کیفی سالانه نیروی انسانی و تجهیزات و عملکرد نیروگاه‌های کشور نیز از طریق اصنا انجام می‌پذیرد، به طوری که یکی از شروط صدور مجدد پروانه در وزارت نیرو و شرکت توانیر، اخذ تأییدهای سالانه از اصنا می‌باشد.

انجمن با توجه به تنوع خدمات درخواستی اعضا اقدام به ایجاد کمیته‌های تخصصی نموده که سرویس‌های مورد درخواست اعضا را ارایه می‌نماید. این کمیته‌ها شامل:

آموزش - حقوقی - فنی - افزایش راندمان - اقتصادی - شیمی - ممیزی انرژی - ارزیابی صدور پروانه نیروگاه‌ها - ارزیابی تأییدیه شرکت‌های تعمیراتی - نیروی انسانی - ساخت داخل - H. S. E و ارزیابی توان اجرایی نیروگاه‌ها می‌باشند که طیف گسترده - خدمات، از تأمین نیروی انسانی تا آموزش پرسنل و پیگیری مسایل حقوقی و سایر مواردی که براساس شرح وظایف این کمیته‌ها می‌باشد را شامل می‌شود.

همچنین جهت شناسایی برترین نیروگاه کشور به صورت سالانه جایزه‌ای توسط کارشناسان این انجمن تعیین شده که به نام جایزه ابنا نام گرفته است و در واقع عبارت اختصاری «ارزشیابی برترین نیروگاه‌های ایران» می‌باشد. در زمینه آموزش هم این انجمن سالانه حدود ۱۰ همایش تخصصی در اقصا نقاط کشور برگزار می‌کند و هدف از آن ارتقای سطح دانش و به روز رسانی اطلاعات پرسنل نیروگاه‌ها، ارایه راه‌حل مشکلات و مسایل مبتلا به فنی و معرفی توانمندی‌های ایشان در صنعت تولید برق می‌باشد. (۶)

۱-۷-۲-۲- نهادهای درونی موثر در بخش صنعت

در این بخش نهادهایی که موضوع راندمان نیروگاه‌ها در میان اهم وظایف و کارکردهایشان می‌باشد و این وظایف در نقش صنعتی متجلی می‌شوند، شناسایی شده و توضیح داده شده‌اند.

گروه صنعتی مپنا

شرکت مپنا، در سال ۱۳۷۲ به عنوان یک پیمانکار عمومی، براساس مصوبه شورای اقتصاد مورخ ۱۳۷۱/۱۲/۲۲، تأسیس گردید. انگیزه اصلی تأسیس این شرکت برآمده از تجربیات اجرای نیروگاه شهید رجایی مبنی بر صرفه اقتصادی ساخت داخلی نیروگاه‌ها، بود. تا قبل از تشکیل شرکت مپنا، کلیه پروژه‌های نیروگاهی کشور به طریق کلید در دست توسط شرکت‌های خارجی اجرا و تحویل بهره‌بردار می‌گردید.

هم اکنون این شرکت به همراه ۳۹ شرکت زیرمجموعه خود، تحت لوای گروه مپنا در زمینه توسعه و ساخت نیروگاه‌های حرارتی و همچنین اجرای پروژه‌های نفت و گاز و ریلی بصورت پیمانکار اجرایی کلید در دست (EPC) و سرمایه‌گذاری خصوصی (IPP) فعالیت می‌کند.

در حوزه نیروگاهی، گروه مپنا با بیش از ۵۶۰۰۰ مگاوات پروژه‌های نیروگاهی خاتمه یافته، در دست اجرا و آتی خود، در تأمین حدود ۹۰ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های ایران مشارکت فعال داشته است.

از سوی دیگر گروه مپنا به عنوان سرمایه‌گذار پروژه‌های نیروگاهی خصوصی (IPP)، چندین نیروگاه خصوصی را در چارچوب روش‌های ساخت، بهره‌برداری و واگذاری (BOT) و ساخت، تملیک و بهره‌برداری (BOO) با ظرفیت حدود ۹۵۰۰ مگاوات و ارزشی نزدیک به ۴ میلیارد یورو را توسعه داده، احداث نموده و هم‌اکنون در مالکیت خود دارد که مشغول به تولید برق هستند. همچنین گروه مپنا تنها سازنده کلیه تجهیزات اصلی نیروگاه‌های حرارتی، از جمله توربین‌های گاز و بخار، تجهیزات جانبی توربین، پره توربین، ژنراتور، بویلرهای بازیاب حرارتی (HRSG)، بویلرهای معمولی و تجهیزات جانبی آنها تحت لیسانس شرکتهای معتبر جهانی در ایران می‌باشد.

در نتیجه با توجه به مطالب فوق مپنا هم به عنوان یک گروه صنعتی تولیدکننده تجهیزات مهم نیروگاهی و هم به عنوان یک بهره‌بردار در این حوزه، بازیگر مهمی در بخش صنعتی محسوب می‌گردد.

شرکت‌های برق منطقه‌ای

در ایران ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای (آذربایجان، اصفهان، باختر، تهران، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، غرب، فارس، کرمان، گیلان، مازندران، هرمزگان، یزد) وجود دارند. وظایف این شرکت‌ها عبارتند از:

۱- خرید و فروش و مبادله نیروی برق اعم از کلی و جزئی

۲- ایجاد و توسعه تأسیسات تولید و انتقال نیروی برق و اداره و بهره‌برداری از آنها

- ۳- ایجاد و توسعه شبکه و تأسیسات توزیع نیروی برق در کلیه نقاط حوزه فعالیت خود و بهره‌برداری از آنها
- ۴- اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق مشارکت داخلی و پیش‌فروش انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تأمین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی
- ۵- بهره‌برداری و اداره تأسیساتی که در اختیار شرکت گذارده می‌شود
- ۶- خرید خدمات از بخش غیردولتی برای انجام امور مطالعاتی، اجرایی، بهره‌برداری و نگهداری تأسیسات صنعت برق و خدمات مشترکان به منظور کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و ارتقاء سطح خدمات
- ۷- انجام تمهیدات لازم به منظور توسعه مشارکت بخش غیردولتی در صنعت برق به نحوی که دسترسی عام به شبکه‌های برق در حوزه فعالیت شرکت برای تبادل انرژی برقرار گردد
- ۸- تأمین برق کلیه مشترکان و واگذاری اشتراک به کلیه متقاضیان در چارچوب قوانین و مقررات ذی‌ربط
- ۹- همکاری و اشتراک مساعی با مؤسسات ذی‌ربط در پژوهش و بررسی به منظور توسعه علمی، فنی و اقتصادی در امر تولید، انتقال، توزیع و مبادله نیروی برق
- ۱۰- انجام اموری که وزارت نیرو در اجرای قانون سازمان برق ایران و سایر قوانین و مقررات انجام آن را به عنوان کارگزار و یا نماینده به شرکت ارجاع می‌نماید
- ۱۱- انجام هرگونه عملیات و معاملات که برای مقاصد شرکت ضروری و مرتبط بوده و به صرفه و صلاح شرکت باشد.

۱-۷-۲-۳- نهادهای درونی موثر در آموزش و پژوهش، و تسهیلتگری

در این بخش نهادهایی که موضوع راندمان نیروگاه‌ها در میان اهم وظایف و کارکردهایشان می‌باشد و این وظایف در نقش‌های آموزشی و پژوهشی، و تسهیلتگری متجلی می‌شوند، شناسایی شده و توضیح داده شده‌اند.

پژوهشگاه نیرو

مأموریت این سازمان عبارت است از ارتقاء فن‌آوری، توسعه پژوهش و نوآوری جهت افزایش توانمندی، رقابت‌پذیری و بهره‌وری صنعت برق و انرژی کشور. در راستای انجام این مأموریت، پژوهشگاه نیرو فعالیت‌های زیر را انجام می‌دهد:

- ۱- انجام تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و بنیادی در حوزه صنعت برق و انرژی
- ۲- اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی

- ۳- مدیریت تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی
- ۴- آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و برنامه‌ریزی فن‌آوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
- ۵- اکتساب فن‌آوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
- ۶- تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و به‌کارگیری در صنعت برق و انرژی
- ۷- تهیه استانداردها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و ارزیابی کیفیت تجهیزات و سیستم‌های صنعت برق و انرژی
- ۸- طراحی و توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز جهت ایجاد مراکز و شرکت‌های نوآور در حوزه صنعت برق و انرژی
- ۹- ایجاد و توسعه شبکه فن‌آوری میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و قطب‌های علمی-پژوهشی داخل و خارج کشور در حوزه صنعت برق و انرژی

دانشگاه‌ها

در دانشگاه‌های کشور، به طور معمول دانشکده‌های مکانیک با فن‌آوری‌های افزایش راندمان مرتبط هستند. البته، در برخی موارد (مانند پردیس شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی) ارتباط تنگاتنگ‌تری با موضوع وجود دارد.

مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری

مرکز رشد مرکزی است تحت مدیریت متخصصین حرفه‌ای که با ارائه خدمات حمایتی، از ایجاد و توسعه حرفه‌های جدید توسط کارآفرینی که در قالب واحدهای نوپای فعال در زمینه‌های مختلف منتهی به فن‌آوری متشکل شده‌اند و اهداف اقتصادی مبتنی بر دانش و فن دارند، پشتیبانی می‌کند. به طور کلی، یک مرکز رشد در محلی به نام پارک علم و فن‌آوری مستقر است و خدمات حمایتی خود را به تعدادی شرکت دانش‌بنیان (واحدهای فن‌آوری مستقر در مرکز رشد) عرضه می‌کند. وظایف مراکز رشد عبارتند از:

- ۱- حمایت مالی از واحدهای مستقر در مرکز رشد
- ۲- تلاش برای فراهم آوردن حمایت‌های قانونی جهت تسریع رشد واحدهای مستقر در مرکز رشد
- ۳- ارائه خدمات و مشاوره‌های مورد نیاز واحدها در راستای تبدیل ایده‌های نو به محصولات قابل تجاری شدن و تجاری‌سازی آنها
- ۴- نظارت بر روند رشد واحدها و تحلیل مستمر دستاوردها با هدف افزایش کارایی مرکز رشد

۵- نظارت بر فعالیتهای واحدهای فن‌آوری در تحقق ایده محوری آنها

۶- ایجاد بخش رشد مقدماتی در صورت نیاز

۱-۸- تحلیل نگاشت نهادی

براساس تحلیل نگاشت نهادی حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، گرچه نهادهای مختلفی در این حوزه اثرگذار بوده و تلاش‌های پراکنده‌ای در حوزه‌های سیاستگذاری، تنظیم‌گری و آموزشی و پژوهشی صورت می‌گیرد اما فقدان نهادی که به طور مشخص پیگیر این موضوع بوده و تمهید زیرساخت‌ها و لوازم مناسب برای پایش، اندازه‌گیری و ارتقا راندمان نیروگاه‌ها را بر عهده داشته باشد، به چشم می‌خورد. لذا موضوع خلا نهادی و نبود متولی مناسب برای این حوزه به عنوان یک چالش قابل شناسایی است و در نتیجه در بخش سیاست‌های این حوزه می‌بایست مجموعه سیاست‌هایی جهت اصلاح این ساختار تدوین گردد.

۳- تدوین رهنما توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

۱-۹- مقدمه

پس از شناخت اولویت‌های توسعه فناوری و تعیین راهبردهای مربوطه، و به تبع آن، تعیین اقدامات فناورانه و سیاستی در گزارش فاز چهارم، حال نوبت آن است، طراحی نقشه راهی برای پیاده‌سازی آن‌ها ارائه گردد. به عبارت دیگر لازم است مجموعه اقدامات لازم در راستای دستیابی به اهداف در قالب زمانی نشان داده شده و وظایف هر یک از نهادهای ذی‌ربط مشخص گردد.

در این بخش ضمن شناسایی آیت‌های عملیاتی لازم برای تدوین نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، فرآیند تدوین رهنما و نگاره نهایی آن ارائه خواهد شد.

۱-۱- تعیین زمان و هزینه اقدامات سیاستی

همانطور که در گزارش فاز چهارم تشریح گردید، در این طرح پژوهشی لیستی از اقدامات سیاستی ارائه شده است. این اقدامات عبارتند از:

جدول ۴- سیاست‌های پیشنهادی جهت مقابله با چالش‌های اصلی توسعه فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاهی

سیاست‌های پیشنهادی

- ۱ ایجاد یک مدیریت مستقل افزایش راندمان نیروگاه‌ها در سطح وزارت نیرو جهت راهبری طرح‌های افزایش راندمان با هماهنگی شرکت‌های توانیر، مدیریت شبکه، سازمان توسعه برق، انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا) و پژوهشگاه نیرو
- ۲ ایجاد ساختاری برای پایش مستمر و سنجش بهبود راندمان و تعیین یک متولی مشخص
- ۳ تخصیص اعتبارات و منابع مالی مورد نیاز جهت اجرای طرح‌های افزایش راندمان
- ۴ تعریف مشوق‌هایی برای نیروگاه‌های موجود به منظور پیاده‌سازی طرح‌های افزایش راندمان، شامل اعطای وام‌های کم بهره، مشوق‌های مالیاتی، مشوق‌های دولتی در زمینه خرید انواع حامل‌های انرژی از جمله برق و حرارت
- ۵ اعطای تسهیلات و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در اجرای طرح‌های جدید افزایش راندمان برای بخش

سیاست‌های پیشنهادی

خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان

۶	جبران بخشی از ضررهای مالی ناشی از عدم تولید در حین اجرای طرح‌های افزایش راندمان
۷	پرداخت هزینه توسعه و ساخت نمونه اولیه طرح‌های جدید افزایش راندمان توسط وزارت نیرو
۸	اعطای مشوق‌های مناسب برای بازنشسته کردن نیروگاه‌های با راندمان پایین از جمله مجوزدهی احداث نیروگاه‌های جدید با راندمان بالا یا جبران عدم فروش برق برای یک دوره مشخص زمانی
۹	پیاده‌سازی استانداردهای مصوب راندمان نیروگاه‌ها
۱۰	پرداخت هزینه برق به نیروگاه‌ها براساس قیمت واقعی سوخت
۱۱	پرداخت مستقیم هزینه سوخت توسط نیروگاه‌ها براساس کیفیت و ارزش حرارتی
۱۲	تدوین کدهای اجرایی محاسبه راندمان براساس استانداردهای ملی اندازه‌گیری راندمان
۱۳	شناسایی پروژه‌های افزایش راندمانی که با اجرا و توسعه قوانین زیست محیطی الزام آور می‌شوند و ایجاد سازو کار حمایتی لازم
۱۴	لزوم صدور مجوز مشروط بهره‌برداری به نیروگاه‌های با راندمان پایین، در صورت تعهد این نیروگاه‌ها برای دستیابی به استانداردهای مورد نظر در یک بازه زمانی مشخص
۱۵	برخورد با موضوع راندمان تولید به طور یکسان و هم‌تراز با موضوعاتی چون انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت مصرف برای حمایت مالی
۱۶	اطلاع رسانی عمومی در مورد اینکه افزایش راندمان نیروگاه‌های فسیلی از نظر کاهش آلاینده‌ها هم‌تراز با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است.
۱۷	ارائه پیام‌های روشن و اجرایی از سوی دولت به سرمایه‌گذاران و صاحبان نیروگاه‌ها در زمینه افزایش راندمان از جمله تدوین و ابلاغ سند افزایش راندمان و اهمیت نقش افزایش راندمان نیروگاه‌ها در کاهش مصرف سوخت کشور و بهبود شرایط زیست‌محیطی
۱۸	سهیم کردن صاحبان یا مدیران نیروگاه‌ها از طریق اعطای جایزه راندمان برای نیروگاه‌های برتر با اطلاع رسانی در سطح وسیع و مشوق‌های شغلی
۱۹	تعیین الزامات حرفه‌ای برای پرسنل بهره‌برداری نیروگاه‌ها
۲۰	تعیین متولی برای اعطای مدرک تخصصی رسمی بهره‌برداری نیروگاه‌ها و تامین و حمایت مالی لازم
۲۱	برگزاری دوره‌های آموزشی افزایش راندمان در نیروگاه‌های موفق در افزایش راندمان و مراکز تخصصی فعال در این حوزه
۲۲	به اشتراک گذاری بهترین تجربیات و الگوهای عملکردی بین مدیران و بهره‌برداران نیروگاه‌ها

از میان اقدامات سیاستی ارائه شده در جدول قبل، می‌توان برای اقدام "ایجاد یک مدیریت مستقل افزایش راندمان نیروگاه‌ها در سطح وزارت نیرو جهت راهبری طرح‌های افزایش راندمان با هماهنگی شرکت‌های توانیر، مدیریت شبکه، سازمان توسعه برق، انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا) و پژوهشگاه نیرو" زمان و هزینه‌هایی را مشخص نمود و دیگر اقدامات سیاستی در ذیل این اقدام قابل پیگیری می‌باشند.

در حقیقت به منظور اجرای اقدامات سیاستی ارائه شده در جدول فوق، طی جلسات کمیته راهبری مقرر گردید که مرکز، سازمان یا دفتری با عنوان "مدیریت طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی" در بدنه وزارت نیرو ایجاد گردد و راهبری اقدامات سیاستی و طرح‌های افزایش راندمان را بر عهده گیرد. این اقدام می‌بایست به عنوان اولین گام، در اولین سال پیاده‌سازی سند انجام شود.

جدول ۵- بودجه پیشنهادی ایجاد مرکز و راهبری طرح‌های افزایش راندمان

عنوان	بودجه (ریال)
۱ راه‌اندازی مرکز و راهبری طرح‌های فنی حوزه افزایش راندمان طی ۱۰ سال	
۲ نظارت بر اجرای طرح‌های تحقیق و توسعه افزایش راندمان طی چهار سال	

لازم به ذکر است هزینه نظارت بر اجرای طرح‌های R&D معادل حدود ۵ درصد کل هزینه طرح‌های R&D این حوزه در نظر گرفته شده است و نیز هزینه‌های اجرایی مرکز راهبری طرح‌های این حوزه سالانه ؟ میلیون ریال طی ۱۰ محاسبه شده است.

۱-۲- نقشه راه اقدامات فنی

براساس اولویت‌های توسعه و انتخاب حوزه‌های برگزیده فناوری شناسایی شده در فاز سوم، آیت‌های عملیاتی مربوطه شناسایی شده و در قالب رهنگاشت ارائه خواهند شد. همچنین در این بخش میزان بودجه مورد نیاز و تقسیم کار ملی ارائه شده است.

۱-۲-۱- معرفی طرح‌های فنی حوزه افزایش راندمان

- پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری

در این فناوری با اندازه گیری و پایش پارامترهای عملکردی تجهیزات مختلف سیکل حرارتی از جمله بویلر، توربین، کندانسور، برج خنک کن و هیترهای آب تغذیه، انحراف پارامترها از مقادیر مورد انتظار تعیین و نسبت به رفع آنها اقدامات اصلاحی لازم صورت می‌پذیرد.

○ پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی

در این فناوری با اندازه گیری و پایش آنلاین پارامترهای عملکردی تجهیزات مختلف واحدهای گازی و سیکل ترکیبی از جمله کمپرسور، توربین گاز، بویلر باز یاب، توربین بخار، کندانسور، برج خنک کن و دی اریتور، انحراف پارامترها از مقادیر مورد انتظار تعیین و نسبت به رفع آنها اقدامات اصلاحی لازم صورت می‌پذیرد.

○ بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن

افت خلاء کندانسور یکی از علل اصلی افت راندمان و ظرفیت تولید توربین‌های بخار محسوب می‌گردد. در این بسته ضمن شناسایی علت یا علل اصلی افت خلاء کندانسور، روش مناسب جهت رفع مشکل تعیین و اجرا می‌گردد. این مشکلات می‌تواند به عملکرد و بهره‌برداری غیر بهینه کندانسور و یا برج خنک کن مرتبط باشد.

○ بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن هوای بویلر

پیش گرمکن هوای بویلر (ژانگستروم) نقش مهمی در راندمان بویلر نیروگاه‌های بخار دارد. در این بسته با بکارگیری روش‌های نوین از جمله بهینه‌سازی سطوح حرارتی ژانگستروم و استفاده از سیل‌های پیشرفته، کارایی پیش گرمکن هوا بهبود می‌یابد.

○ بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه

استفاده کامل از ظرفیت تبادل حرارت هیترهای آب تغذیه نقش مهمی در دستیابی به راندمان حداکثری سیکل بخار دارد. معمولاً به دلیل مشکلات بهره‌برداری و کنترلی، برخی از هیترهای آب تغذیه از مدار خارج می‌گردند که این امر سبب افت راندمان واحد بصورت قابل توجهی می‌گردد. هدف از اجرای این بسته، رفع مشکلات و بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه نیروگاه‌های بخار می‌باشد.

○ خنک کاری هوای ورودی توربین های گازی

ظرفیت و راندمان توربین های گازی با افزایش دمای محیط بصورت قابل توجه ای افت پیدا می کند. هدف از اجرای این فناوری بکارگیری روش مناسب و بهینه خنک کاری هوای ورودی توربین های گازی اعم از تبخیری و یا تبریدی می باشد. لازم به ذکر است انتخاب روش مناسب و بهینه خنک کاری، کاملاً وابسته به شرایط محیطی منطقه و طرح سیستم هوای ورودی توربین گاز می باشد.

○ شستشوی آنلاین کمپرسور

یکی از علل اصلی افت راندمان توربین های گازی، رسوب گذاری پره های کمپرسور می باشد. هدف اصلی از اجرای این فناوری، بکارگیری و بهره برداری بهینه از سیستم های آنلاین شستشوی کمپرسور توربین های گازی با هدف افزایش راندمان این واحدها می باشد.

○ بسته ارتقای راندمان توربین های بخار

امروزه با توسعه روش های نوین طراحی و ساخت قطعات توربین بخار از جمله فناوری پره های سه بعدی و سیل های پیشرفته، امکان افزایش راندمان و ظرفیت توربین های بخار فراهم شده است. هدف از اجرای این بسته، انتخاب روش مناسب ارتقای راندمان توربین های بخار و بکارگیری آن برای واحدهای منتخب بخار کشور می باشد.

○ تبدیل واحدهای گازی به CCHP سیکل ترکیبی

یکی از روشهای بسیار موثر در افزایش راندمان واحدهای گازی، تبدیل آنها به واحدهای تولید همزمان برق، سرما و حرارت می باشد. بصورتیکه می توان با توجه به نیاز های منطقه، نسبت به طراحی و ساخت سیستم تولید همزمان بهینه اقدام نمود و راندمان کل نیروگاه را تا میزان ۲ برابر افزایش داد. در این فناوری همچنین امکان افزایش توان الکتریکی در فصول گرم سال و تولید آب شیرین میسر می باشد.

○ باز توانی واحدهای بخار

باتوجه به امکان دستیابی به راندمان حدود ۶۰ درصد توسط نیروگاههای سیکل های ترکیبی از یک سو و استفاده عمده نیروگاههای بخار از سوخت گاز با توجه به ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی از سوی دیگر، ادامه کار ی این نیروگاهها با

راندمان متوسط ۳۶ درصد به هیچ عنوان اقتصادی نمی باشد. تبدیل واحد های بخار موجود به سیکل ترکیبی، یکی از راهکار های مناسب جهت افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار قدیمی کشور می باشد. هدف از اجرای این فناوری انتخاب واحد های مستعد بازتوانی و اجرای این فناوری بر روی آنها می باشد.

○ تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی

یکی از موثرترین فناوری های افزایش راندمان نیروگاه‌های کشور تبدیل واحد های گازی موجود به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی پر بازده می باشد. مهم ترین محدودیت در اجرای این فناوری تامین اعتبار مالی مورد نیاز جهت اجرای بخش بخار این نیروگاه می باشد. اخیراً با استفاده از روش بیع متقابل، امکان اجرای این فناوری در کشور سرعت بیشتری پیدا کرده است.

۱-۲-۲- تعیین زمان، هزینه و متولی پروژه‌های مربوط به طرح‌های افزایش راندمان

نیروگاه‌ها

در این بخش به شناسایی پروژه‌های لازم برای پیاده‌سازی هر یک از طرح‌های اولویت‌دار افزایش راندمان نیروگاه‌ها پرداخته شده است. شناسایی این پروژه‌ها با توجه به مطالعات انجام گرفته در فاز ۱ و نظر کارشناسی تیم مجری به عنوان پیش‌نویس اولیه تهیه گشته است. سپس این پیش‌نویس در جلسه‌ای با حضور اعضای محترم کمیته راهبری ارائه گشته و پس از تغییراتی مورد تأیید ایشان قرار گرفته است.

نهادهای مجری نیز بر اساس خروجی نگاشت نهادی و شناسایی قابلیت‌ها و توانایی‌های کشور و با استفاده از نظرات کارشناسی تیم مجری به صورت پیش‌نویس اولیه تهیه گردیده و سپس مورد تأیید اعضای محترم کمیته راهبری قرار گرفته است.

این پروژه‌ها همراه با نهاد مجری آنها در جدول زیر ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است با توجه آنالیز حساسیت انجام شده بر روی خروجی‌های نرم‌افزار برنامه‌ریزی خطی، در مورد هزینه سرمایه‌گذاری اولیه طرح "ارتقاء واحدهای گازی"، این فناوری زمانی اقتصادی می‌باشد که هزینه سرمایه‌گذاری اولیه آن به ۷۰۰ دلار به ازای هر کیلووات کاهش یابد. بنابراین با توجه به شرایط موجود (هزینه سرمایه‌گذاری اولیه ۱۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات)، اگرچه هزینه‌های توسعه این فناوری در جداول پروژه‌ها ذکر شده است اما در نقشه راه پیشنهادی در نظر گرفته نشده است.

جدول ۶- عناوین مراحل و پروژه‌های مربوط به طرح‌های افزایش راندمان و نهادهای مجری

نام طرح : پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری برای نیروگاه‌های کشور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه توسعه سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
	پروژه ۲: طراحی نرم‌افزار آنلاین سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: پیاده‌سازی و تست نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری بر روی یک واحد منتخب (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	توسعه و تست نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد برای واحدهای بخاری
	پروژه ۲: توسعه نرم‌افزار سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری جهت بکارگیری در سایر نیروگاه‌های بخار (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: نصب و راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	نصب و راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
	پروژه ۲: اولویت بندی و بررسی پیاده‌سازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری در سایر نیروگاه‌های بخاری (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها		اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از سیستم توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های بخاری

نام طرح: پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
نصب و راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات		شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان

نام طرح: پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
مطالعات اولیه توسعه سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)	پروژه ۱: امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی برای نیروگاه‌های کشور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: توسعه نرم افزار پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
توسعه و تست نمونه اولیه سیستم پایش عملکرد آنلاین برای واحدهای گازی	پروژه ۱: پیاده‌سازی و تست نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای گازی بر روی یک واحد منتخب (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: توسعه نرم افزار سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی جهت بکارگیری در سایر نیروگاه‌ها (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
نصب و راه‌اندازی سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت	پروژه ۱: نصب و راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی در یکی از نیروگاه‌ها به عنوان پایلوت (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: اولویت بندی و بررسی پیاده‌سازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای گازی	

نام طرح: پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
	و سیکل ترکیبی در سایر نیروگاه‌ها (۱۲ ماه-؟ میلیون ریال)	
اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از سیستم توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های گازی		پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها
نصب و راه‌اندازی پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات		شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان

نام طرح: بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
مطالعات اولیه برای توسعه توانمندی بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)	پروژه ۱: بررسی و انتخاب راهکارهای عملی جهت بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج‌های خنک‌کن برای واحد‌های بخاری کشور (۱۸ ماه-؟ میلیون ریال) پروژه ۲: امکان‌سنجی و اولویت‌بندی پیاده‌سازی راهکارهای منتخب جهت بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج‌های خنک‌کن برای واحد‌های بخاری کشور (۱۸ ماه-؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در سطح آزمایشگاهی	پروژه ۱: شبیه‌سازی راهکارهای عملی منتخب جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری کندانسور بخاری (۱۸ ماه-؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های

نام طرح : بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
دانش‌بنیان	پروژه ۲: شبیه‌سازی راهکارهای عملی منتخب جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری برج‌های خنک‌کن واحد‌های بخاری (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: پیاده‌سازی راهکارهای عملی منتخب جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری کندانسور در یک واحد نمونه بخار نیروگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
	پروژه ۲: پیاده‌سازی راهکارهای عملی منتخب جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری برج خنک‌کن در یک واحد نمونه بخار نیروگاهی (۲۴ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها		اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در سطح نیروگاه‌های بخاری
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری شرکت‌های تولید برق		پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات

نام طرح : بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن هوای بویلر سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
مطالعات اولیه توسعه سیستم ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)	پروژه ۱: بررسی و تهیه بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن هوای بویلر نیروگاه‌های بخار (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: امکان‌سنجی و اولویت‌بندی پیاده‌سازی بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن های هوای بویلر نیروگاه‌های بخار (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
توسعه و تست نمونه اولیه سیستم ارتقایافته پیش گرمکن هوای بویلر	پروژه ۱: طراحی و پیاده‌سازی بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن های هوای بویلر بصورت آزمایشگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: توسعه بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن های هوای بویلر جهت بکارگیری در بویلر های نیروگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
نصب و راه‌اندازی سیستم ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت	پروژه ۱: پیاده‌سازی بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن های هوای بویلر بر روی یک واحد بخار منتخب بصورت پایلوت (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: توسعه بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن های هوای بویلر جهت بکارگیری در سایر نیروگاه‌های بخار (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از سیستم توسعه یافته در سطح نیروگاه‌های بخاری		پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها
نصب و راه‌اندازی سیستم ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات		شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری شرکت‌های تولید برق

نام طرح : بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: بررسی و انتخاب راهکارهای عملی جهت بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه برای واحدهای بخاری کشور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه برای توسعه توانمندی بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
	پروژه ۲: امکان‌سنجی و اولویت‌بندی پیاده‌سازی راهکارهای منتخب جهت بهره‌برداری بهینه هیترهای آب تغذیه برای واحدهای بخاری کشور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: شبیه‌سازی راهکارهای عملی منتخب جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری هیترهای آب تغذیه در یک نیروگاه منتخب (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در سطح آزمایشگاهی
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: پیاده‌سازی راهکارهای عملی منتخب جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری هیترهای آب تغذیه در یک واحد نمونه بخار نیروگاهی (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری		اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در سطح نیروگاه‌های بخاری

نام طرح : بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
افزایش راندمان نیروگاه‌ها		
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری شرکت‌های تولید برق		پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات

نام طرح : خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: شناسایی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم‌های پیشرفته خنک کاری تبخیری هوای ورودی توربین‌های گازی (۱۲ ماه -؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه توسعه توانمندی خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
	پروژه ۲: شناسایی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم‌های پیشرفته خنک کاری تبریدی هوای ورودی توربین‌های گازی (۱۲ ماه -؟ میلیون ریال)	

نام طرح : خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: طراحی و شبیه‌سازی سیستم‌های پیشرفته منتخب خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیندهای پیشرفته خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در سطح آزمایشگاهی
	پروژه ۲: پیاده‌سازی فرآیند سیستم خنک کاری پیشرفته هوای ورودی توربین‌های گازی در سطح آزمایشگاهی (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: نظارت بر پیاده‌سازی سیستم پیشرفته منتخب خنک کاری تبخیری هوای ورودی توربین‌های گازی بر روی یکی از واحدهای نیروگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پیاده‌سازی فرآیندهای پیشرفته خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
	پروژه ۲: نظارت بر پیاده‌سازی سیستم پیشرفته منتخب خنک کاری تبریدی هوای ورودی توربین‌های گازی بر روی یکی از واحدهای نیروگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
	پروژه ۳: توسعه سیستم پیشرفته منتخب خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی جهت پیاده‌سازی بر روی سایر واحدهای نیروگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها		اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از فرآیند توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های گازی
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته		پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات

نام طرح : خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
		راهبری افزایش راندمان

نام طرح : شستشوی آنلاین کمپرسور سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
مراحل مهم طرح	پروژه‌های مربوطه	نهادهای مجری
مطالعات اولیه توسعه توانمندی شستشوی آنلاین کمپرسور (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)	پروژه ۱: شناسایی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم شستشوی آنلاین کمپرسور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در سطح آزمایشگاهی	پروژه ۱: طراحی و شبیه‌سازی سیستم شستشوی آنلاین کمپرسور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان
	پروژه ۲: پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در سطح آزمایشگاهی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	



نام طرح : شستشوی آنلاین کمپرسور		
سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: نظارت بر پیاده‌سازی سیستم شستشوی آنلاین کمپرسور بر روی یکی از واحد های نیروگاهی (۱۲ ماه-؟ میلیون ریال)	پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
	پروژه ۱: توسعه سیستم شستشوی آنلاین کمپرسور توربین های گازی جهت پیاده سازی بر روی سایر واحد های نیروگاهی (۱۲ ماه-؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها		اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از فرآیند توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های گازی
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری شرکت‌های تولید برق		پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات

نام طرح : بسته ارتقای راندمان توربین بخار سیک اکتساب فناوری: برون‌سپاری (خرید فناوری)		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: امکان‌سنجی و اولویت‌بندی ارتقای توربین‌های بخار نیروگاه‌های کشور (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه امکان‌سنجی ارتقای توربین بخار (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
	پروژه ۲: بررسی و نهایی‌سازی مشخصات فنی طرح‌های ارتقای توربین‌های بخار منتخب (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
کارگروه‌های کمیته راهبری افزایش راندمان		شناسایی و انتخاب پیمانکاران بین‌المللی ذی‌صلاح
کارگروه‌های کمیته راهبری افزایش راندمان		تدوین نظام مدیریت طرح و ارزیابی پیمانکار
کارگروه‌های کمیته راهبری افزایش راندمان		تنظیم رویه‌های اجرایی و ایجاد تمهیدات لازم برای برگزاری مناقصات توسط بخش دولتی و خصوصی
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری شرکت‌های تولید برق		پیاده‌سازی طرح و نظارت بر پیشرفت آن در نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۵۰۰۰ مگاوات

نام طرح : تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی		
سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: امکان‌سنجی و انتخاب واحد‌های گازی مناسب جهت تبدیل به CHP سیکل ترکیبی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه توسعه فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
	پروژه ۲: طراحی مفهومی و تعیین مشخصات فنی سیستم CHP سیکل ترکیبی برای یک نیروگاه منتخب (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد سیستم CHP سیکل ترکیبی طراحی شده برای یک نیروگاه منتخب (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	توسعه و تست نمونه اولیه سیستم CHP سیکل ترکیبی
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: نظارت بر پیاده‌سازی سیستم CHP سیکل ترکیبی در یک نیروگاه منتخب (۱۸ ماه - ؟ میلیون ریال)	نصب و راه‌اندازی سیستم CHP سیکل ترکیبی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری نیروگاه‌ها و شرکت‌های پیمانکار		نصب و راه سیستم CHP سیکل ترکیبی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۰۰۰ مگاوات

نام طرح : بازتوانی واحدهای بخار		
سبک اکتساب فناوری: همکاری فعالانه به سوی بومی‌سازی خدمات		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: امکان‌سنجی، انتخاب و اولویت‌بندی واحدهای بخاری مناسب جهت بازتوانی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه توسعه فناوری بازتوانی واحدهای بخار (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری و اولویت‌بندی نیروگاه‌ها)
	پروژه ۲: طراحی مفهومی طرح بازتوانی برای یک نیروگاه منتخب (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
	پروژه ۳: طراحی اولیه و تعیین مشخصات فنی طرح بازتوانی در یک نیروگاه منتخب با رویکرد همکاری تکنولوژیک (۲۴ ماه - ؟ میلیون ریال)	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	شناسایی و انتخاب پیمانکاران بین‌المللی ذی‌صلاح برای همکاری تکنولوژیک در بخش توربین بخار و تعیین فرم بهینه همکاری تکنولوژیک در این زمینه	
پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	تدوین نظام مدیریت طرح و ارزیابی پیمانکار	
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها	تنظیم رویه‌های اجرایی و ایجاد تمهیدات لازم برای برگزاری مناقصات	
پژوهشگاه نیرو با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری نیروگاه‌ها و شرکت‌های پیمانکار	اجرای روند پیاده‌سازی طرح براساس افزایش تدریجی سهم مشارکت داخلی در نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۲۶۰۰ مگاوات	

نام طرح : تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
پژوهشگاه نیرو	پروژه ۱: انتخاب و اولویت‌بندی نیروگاه‌های گازی برای تبدیل به سیکل ترکیبی (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	انتخاب و اولویت‌بندی نیروگاه‌های گازی برای تبدیل به سیکل ترکیبی
شرکت مپنا و سایر پیمانکاران عمومی با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها		پیاده‌سازی طرح و نظارت بر پیشرفت آن در نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۱۱۰۰۰ مگاوات

نام طرح : بسته ارتقای راندمان توربین های گازی سیک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
شرکت مپنا ، پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: طراحی و تدوین مشخصات فنی طرح ارتقای راندمان توربین های گازی V94.2 به ۳۶ درصد (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	مطالعات اولیه توسعه فناوری ارتقای راندمان توربین های گازی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
	پروژه ۲: تدوین مشخصات فنی طرح ارتقای راندمان توربین های گازی GE-F9 به ۳۶ درصد (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	
شرکت مپنا، پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: شبیه سازی و ارزیابی عملکرد طرح ارتقای راندمان توربین های گازی V94.2 (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	توسعه و تست نمونه اولیه طرح ارتقای راندمان توربین های گازی
	پروژه ۲: شبیه سازی و ارزیابی عملکرد طرح ارتقای راندمان توربین های گازی GE-F9 (۱۲ ماه - ؟ میلیون ریال)	



نام طرح : بسته ارتقای راندمان توربین های گازی سبک اکتساب فناوری: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی		
نهادهای مجری	پروژه‌های مربوطه	مراحل مهم طرح
شرکت مپنا، پژوهشگاه نیرو و با همکاری دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان	پروژه ۱: نظارت بر پیاده سازی طرح ارتقای راندمان توربین های گازی V94.2 به ۳۶ درصد در یک نیروگاه منتخب (۱۲ ماه- ؟ میلیون ریال)	نصب و راه اندازی طرح ارتقای راندمان توربین های گازی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
	پروژه ۲: نظارت بر پیاده سازی طرح ارتقای راندمان توربین های گازی GE-F9 در یک نیروگاه منتخب (۱۲ ماه- ؟ میلیون ریال)	
شرکت توانیر با هماهنگی، پشتیبانی و نظارت کمیته راهبری افزایش راندمان و با همکاری نیروگاه‌ها و شرکت‌های پیمانکار	نصب و راه طرح ارتقای راندمان توربین های گازی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات	

۱-۲-۳- زمان‌بندی و برآورد هزینه‌های طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها

پس از شناسایی پروژه‌ها و نهادهای متولی حال نوبت آن است که براساس میزان ظرفیت پیمانکاری و امکان‌پذیری پیاده‌سازی طرح‌ها، حداکثر ظرفیتی را که می‌توان در هر سال برای پوشش ظرفیت‌های بهینه اجرایی برای طرح‌ها در نظر گرفت احصا شود که نتایج این امر در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. لازم به ذکر است در نگاشت نهادی انجام شده، شرکت‌ها، پژوهشگاه‌ها و نهادهایی که می‌توانند در طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها نقش ایفا کنند شناسائی شده‌اند. لذا با توجه به نگاشت نهادی و ظرفیت نهادهای شناسائی شده و همچنین با استفاده از نظرات تیم فنی و کمیته راهبری، ظرفیت پیمانکاری مشخص شده‌اند. نگاشت نهادی و ظرفیت پیمانکاری بیوست ارائه می‌گردد.

لازم به ذکر است ۱۰ مورد اول هر کدام نیاز به مطالعات اولیه و تحقیق و توسعه دارند، که شرح مبسوط آن‌ها در جدول پیشین ارائه گردید. همچنین فرآیند پیاده‌سازی فناوری‌های خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی و شستشوی آنلاین کمپرسور، با وجود در نظر گرفته شدن یک سال زمان برای تحقیق و توسعه، از سال اول و مبتنی بر طرح‌های متعارف و موجود آغاز می‌گردد تا ظرفیت در نظر گرفته شده برای آن طی ده سال پوشش داده شود. ضمن آن که ظرفیت‌های پیاده‌سازی در سال‌های پایانی اجرای برخی از طرح‌ها متناسب با ظرفیتی که باید پوشش داده شود، اندکی متفاوت خواهد بود (کمتر یا بیشتر خواهد شد).

بر مبنای زمان‌بندی فوق هزینه‌های مربوط به تحقیق و توسعه و پیاده‌سازی طرح‌های فوق برای هر سال در هر طرح در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. همچنین کل هزینه‌ها به تفکیک سال و مجموع کل در جدول ۸ ارائه شده است.

لازم به ذکر است هزینه‌های اعلام شده بر اساس مطالعات انجام شده در فاز سوم پروژه بر روی هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح‌ها بدست آمده است. هزینه برخی از طرح‌ها که کشور در آن‌ها توانمندی بالفعل دارد، بر اساس قیمت‌های اعلام شده از طرف پیمانکاران داخلی بدست آمده‌اند و برخی دیگر که تاکنون در کشور اجرا نشده‌اند، بر اساس نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی بدست آمده است. بنابراین کل هزینه‌ها به صورت EPC محاسبه و اعلام شده‌اند. هزینه‌های تحقیق و توسعه نیز بر اساس مطالعات و جمع‌بندی تیم فنی پروژه و اعمال نظرات خبرگان به صورت درصدی از اجرا محاسبه شده است. همچنین مقادیر بهینه سهم بکارگیری هر یک از فناوری‌ها با استفاده از برنامه‌ریزی خطی بدست آمده‌اند که در فاز سوم پروژه به تفصیل تشریح شده است.

ردیف	نام طرح‌ها	ظرفیت بهینه (مگاوات)	سقف اجرایی سالانه	زمان																	
				سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم	سال نهم	سال دهم								
1	پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری	14000	2000																		
2	پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی	31000	4000																		
3	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	14000	2000																		
4	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	14000	2000																		
5	بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	14000	2000																		
6	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	31000	3000																		
7	شستشوی آنلاین کمپرسور	31000	3000																		
8	بسته ارتقای توربین بخار	5000	1000																		
9	تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی	3000	600																		
10	بازتوانی واحدهای بخار	2600	600																		
11	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	11000	2000																		

شکل ۲- زمانبندی پیاده‌سازی فناوری‌ها بر مبنای ظرفیت بهینه



جدول ۷- هزینه سالانه "تحقیق و توسعه (هزینه بر حسب ریال)" و "اجرا و پیاده‌سازی (هزینه بر حسب دلار)" جهت پیاده‌سازی فناوری‌های براساس ظرفیت بهینه

--

جدول ۸- جمع هزینه‌های اجرایی سالیانه مطابق زمانبندی و مکانیسم‌های پیشنهادی تامین منابع (تحقیق و توسعه بر حسب ریال و اجرا و پیاده‌سازی بر حسب دلار)

--

**مکانیسم‌های
تامین**

- استفاده از منابع صندوق توسعه ملی
- استفاده از سیاست تهاتر نفت در برابر افزایش راندمان نیروگاه‌ها
- استفاده از مشارکت بخش خصوصی
- استفاده از فاینانس‌های داخلی و خارجی

۱-۲-۴- مکانیزم تأمین مالی و تعیین بودجه دولتی مورد نیاز جهت اجرای طرح‌های

افزایش راندمان نیروگاه‌ها

پس از شناسایی پروژه‌ها و نهادهای متولی، زمان و بودجه مورد نیاز جهت اجرای پروژه‌های این حوزه حال نوبت آن است که مکانیزم تأمین مالی و بودجه دولتی جهت اجرای طرح‌های این حوزه مشخص شود. همانطور که در جدول ۸ نشان داده شده، چهار مسیر اصلی برای تأمین بودجه مورد نیاز جهت اجرای طرح‌ها وجود دارد:

✓ استفاده از منابع صندوق توسعه ملی

✓ استفاده از سیاست تهاتر نفت در برابر افزایش راندمان نیروگاه‌ها

✓ استفاده از مشارکت بخش خصوصی

✓ استفاده از فاینانس‌های داخلی یا خارجی

اما در این میان سهم دولت در هر یک از پروژه‌ها و طرح‌ها یکسان نمی‌باشد. همانطور که در گزارش فاز سوم این طرح پژوهشی تشریح گردید؛ از دیدگاه بخش خصوصی جذابیت طرح‌ها جهت سرمایه‌گذاری یکسان نمی‌باشد. در برخی از طرح‌ها دلیل بالا بودن جذابیت طرح‌ها با اندکی سیاست تشویقی از جانب دولت، بخش خصوصی خود خواهان اجرای طرح‌ها با سرمایه خود می‌باشد؛ اما در برخی دیگر به دلیل نرخ بازگشت سرمایه پایین و هزینه سرمایه‌گذاری بالا، اجرای اینگونه طرح‌ها با استقبال بخش خصوصی همراه نخواهد شد.

با توجه به توضیحات داده شده نوع حمایت و آورده دولت در قالب وام‌های بلند مدت، برای اجرای طرح‌های این حوزه در جدول شماره ۹ مشخص شده است.

لازم به ذکر است هزینه‌های تحقیق و توسعه در این حوزه می‌بایست در قالب بودجه‌های پژوهشی و از محل اعتبارات دولتی (اعتبارات پژوهشی وزارت نیرو، وزارت نفت، مراکز پژوهشی و دانشگاهی و ...) تأمین گردد و همانطور که در جدول ۸ نشان داده شده است، این عدد برابر؟ میلیارد ریال می‌باشد.

جدول ۹- میزان حمایت دولت در تأمین هزینه‌های اجرا و پیاده‌سازی طرح‌های افزایش راندمان

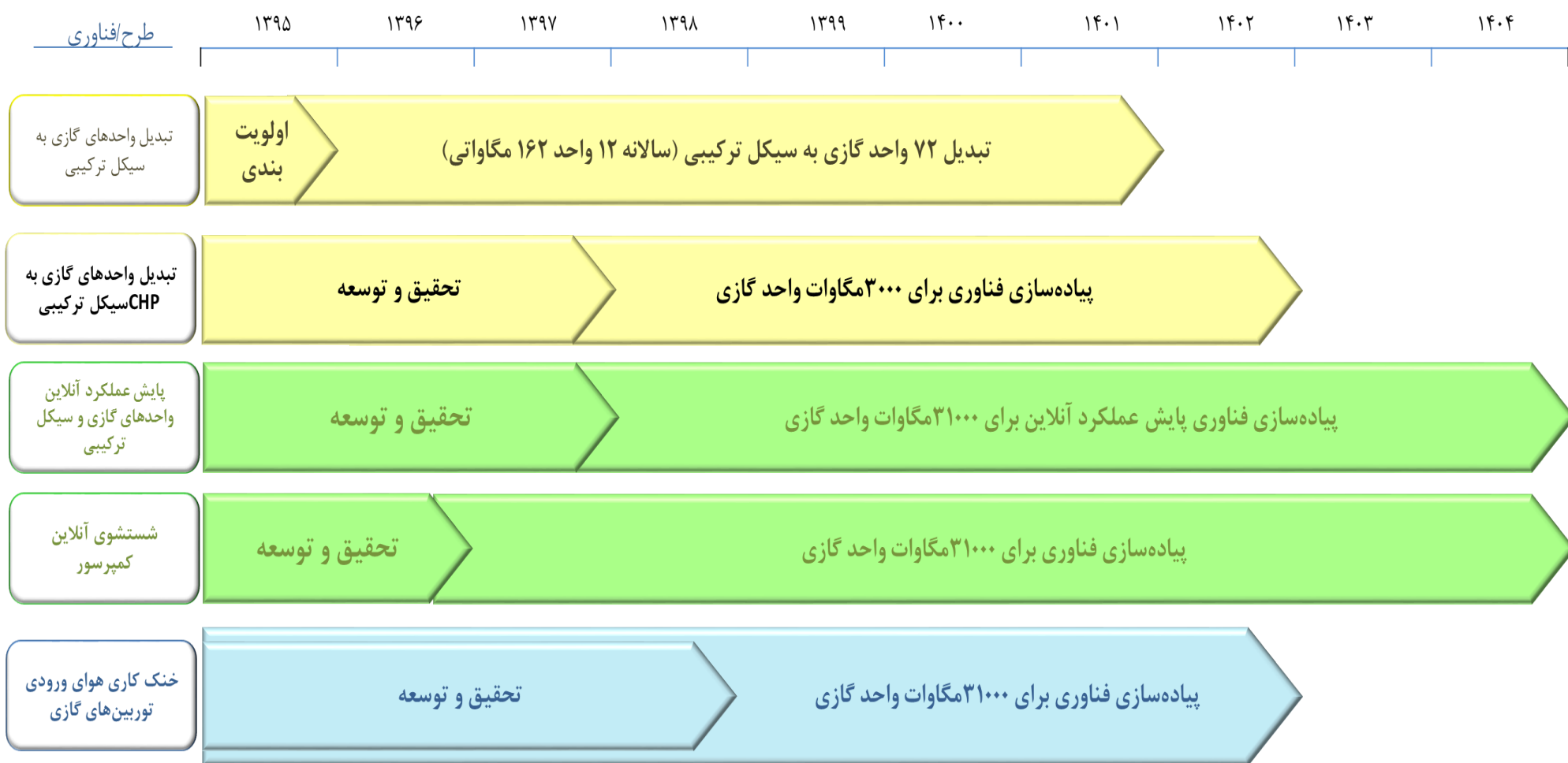
ردیف	عنوان طرح	IRR (%)	هزینه (\$/kw)	درصد وام دولتی	هزینه دولتی (دلار)
۱	پایش و تحلیل عملکرد واحد (بخاری)	۳۴۴۴			
۲	پایش عملکرد آنالاین واحد (گازی)	۱۷۵۱			
۳	شستشوی آنالاین کمپرسور	۱۰۶			
۴	خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی	۹۵		۲۰٪ تسهیلات مالی	
۵	بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه	۸۸			
۶	بسته ارتقای پیش گرمکن هوای بویلر	۶۱			
۷	بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن	۵۹			
۸	بسته ارتقای توربین بخار	۱۶۸		۵۰٪ تسهیلات مالی	
۹	بازتوانی	۳۷			
۱۰	تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی	۳۴		۸۰٪ تسهیلات مالی	
۱۱	تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی	۲۵			

۱-۲-۵- رهنگاشت فناوری

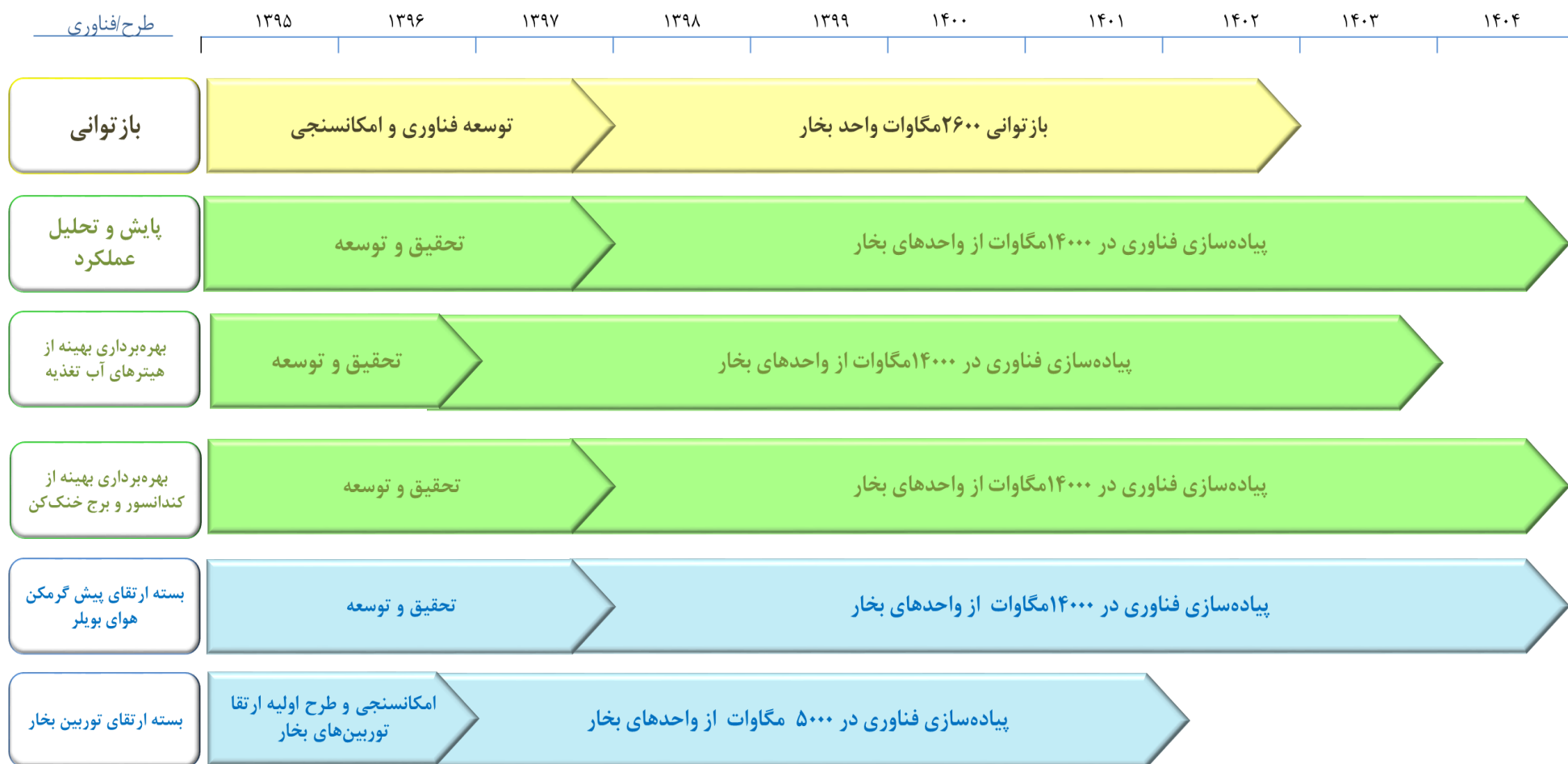
مبتنی بر طرح‌های شناسایی شده و زمانبندی در نظر گرفته شده، در ادامه رهنگاشت‌های مربوط به حوزه افزایش راندمان در قالب سه نقشه راه برای کل نیروگاه‌های حرارتی، نیروگاه‌های بخاری موجود و نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی موجود ارائه شده‌اند.



شکل ۳- نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور



شکل ۴- نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی کشور (موجود)



شکل ۵- نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌های بخاری (موجود)

۱-۳- تقسیم کار ملی

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

شکل ۶ نشان‌دهنده روابط بین نهادهای زیر می‌باشد:

• در بخش سیاست‌گذاری و تسهیل و تنظیم‌گری:

✓ مدیریت طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در وزارت نیرو (پیشنهاد شده):

- کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها (متشکل از نماینده شرکت توانیر، نماینده مدیریت شبکه، نماینده سازمان توسعه برق، نماینده پژوهشگاه نیرو، و نماینده انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا)) و دارای کارگروه‌هایی چون اندازه‌گیری و پایش عملکرد، سیاست‌گذاری و ترویج، توسعه فناوری، برنامه ریزی و بودجه، مدیریت طرح‌ها / پروژه‌ها.

• در بخش پژوهش و فناوری:

✓ پژوهشگاه نیرو

✓ شرکت مپنا

✓ دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان

• در بخش اجرایی و صنعتی:

✓ شرکت توانیر

✓ شرکت‌های پیمانکاری

✓ شرکت‌های تولید برق/نیروگاه‌ها.

مدیریت طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی (وزارت نیرو)

کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها

اعضای کمیته راهبری

نماینده شرکت توانیر | نماینده مدیریت شبکه | شرکت تولید برق حرارتی | نماینده پژوهشگاه نیرو | نماینده انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا)

کارگروه‌ها

پایش وضعیت | سیاست‌گذاری و ترویج | توسعه فناوری | تسهیل و تامین منابع مالی | امور اجرایی و کنترل طرح‌ها

اجرائی

شرکت‌های تولید برق/نیروگاه‌ها



شرکت توانیر



شرکت‌های پیمانکاری



پژوهش و فناوری

دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان



پژوهشگاه نیرو



شرکت مهنا



شکل ۶- ساختار اجرایی در سطح ملی

۱-۴- شناسنامه طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی

عنوان طرح: پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری

معرفی طرح:

در این فناوری با اندازه‌گیری و پایش پارامترهای عملکردی تجهیزات مختلف سیکل حرارتی از جمله بویلر، توربین، کندانسور، برج خنک‌کن و هیترهای آب تغذیه، انحراف پارامترها از مقادیر مورد انتظار تعیین و نسبت به رفع آنها اقدامات اصلاحی لازم صورت می‌پذیرد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه توسعه سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
۲. توسعه و تست نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد برای واحدهای بخاری
۳. نصب و راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از سیستم توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های بخاری

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. نصب و راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات

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

بخش	کارفرما/ناظر	مدیریت R&D	همکاران
R&D	شرکت تولید برق حرارتی	پژوهشگاه نیرو	دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح
بخش اجرا	کارفرما	مشاور	پیمانکاران
اجرا	شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان: ۸ سال

عنوان طرح: پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی

معرفی طرح:

در این فناوری با اندازه‌گیری و پایش آنلاین پارامترهای عملکردی تجهیزات مختلف واحدهای گازی و سیکل ترکیبی از جمله کمپرسور، توربین گاز، بویلر، بخار، کندانسور، برج خنک‌کن و دی‌اریتور، انحراف پارامترها از مقادیر مورد انتظار تعیین و نسبت به رفع آنها اقدامات اصلاحی لازم صورت می‌پذیرد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه توسعه سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
۲. توسعه و تست نمونه اولیه سیستم پایش عملکرد آنلاین برای واحدهای گازی
۳. نصب و راه‌اندازی سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از سیستم توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های گازی

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. نصب و راه‌اندازی پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات

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

بخش	کارفرما/ناظر	مدیریت R&D	همکاران
R&D	شرکت تولید برق حرارتی	پژوهشگاه نیرو	دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح
بخش اجرا	کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان : ۹ سال

عنوان طرح: بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن

معرفی طرح:

افت خلاء کندانسور یکی از علل اصلی افت راندمان و ظرفیت تولید توربین‌های بخار محسوب می‌گردد. در این بسته ضمن شناسایی علت یا علل اصلی افت خلاء کندانسور، روش مناسب جهت رفع مشکل تعیین و اجرا می‌گردد. این مشکلات می‌تواند به عملکرد و بهره‌برداری غیر بهینه کندانسور و یا برج خنک کن مرتبط باشد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D

۱. مطالعات اولیه برای توسعه توانمندی بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
۲. شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن در سطح آزمایشگاهی
۳. پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن در سطح نیروگاه‌های بخاری

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک کن در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات

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

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	بخش اجرا
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت‌های خصوصی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان : ۸ سال

عنوان طرح: بسته ارتقای عملکرد پیش گرمکن هوای بویلر

معرفی طرح:

پیش گرمکن هوای بویلر (ژانگستروم) نقش مهمی در راندمان بویلر نیروگاه‌های بخار دارد. در این بسته با بکارگیری روش‌های نوین از جمله بهینه‌سازی سطوح حرارتی ژانگستروم و استفاده از سیل‌های پیشرفته، کارایی پیش گرمکن هوا بهبود می‌یابد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه توسعه سیستم ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
۲. توسعه و تست نمونه اولیه سیستم ارتقایافته پیش گرمکن هوای بویلر
۳. نصب و راه‌اندازی سیستم ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از سیستم توسعه یافته در سطح نیروگاه‌های بخاری

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. نصب و راه‌اندازی سیستم ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات

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

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	بخش اجرا
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت‌های خصوصی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان : ۸ سال

عنوان طرح: بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه

معرفی طرح:

استفاده کامل از ظرفیت تبادل حرارت هیترهای آب تغذیه نقش مهمی در دستیابی به راندمان حداکثری سیکل بخار دارد. معمولاً به

دلیل مشکلات بهره‌برداری و کنترلی، برخی از هیترهای آب تغذیه از مدار خارج می‌گردند که این امر سبب افت راندمان واحد بصورت قابل توجهی می‌گردد. هدف از اجرای این بسته، رفع مشکلات و بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه نیروگاه‌های بخار می‌باشد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه برای توسعه توانمندی بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های بخاری)
۲. شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در سطح آزمایشگاهی
۳. پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در یکی از نیروگاه‌های بخاری به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در سطح نیروگاه‌های بخاری

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در سطح نیروگاه‌های بخاری برای ظرفیتی معادل ۱۴۰۰۰ مگاوات

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

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	بخش اجرا
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت‌های خصوصی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان : ۸ سال

عنوان طرح: خنک کاری هوای ورودی توربین های گازی

معرفی طرح:

ظرفیت و راندمان توربین های گازی با افزایش دمای محیط بصورت قابل توجهی افت پیدا می کند. هدف از اجرای این فناوری بکارگیری روش مناسب و بهینه خنک کاری هوای ورودی توربین های گازی اعم از تبخیری و یا تبریدی می باشد. لازم به ذکر است انتخاب روش مناسب و بهینه خنک کاری، کاملاً وابسته به شرایط محیطی منطقه و طرح سیستم هوای ورودی توربین گاز می باشد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D

۱. مطالعات اولیه توسعه توانمندی خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
۲. شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیندهای پیشرفته خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در سطح آزمایشگاهی
۳. پیاده‌سازی فرآیندهای پیشرفته خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از فرآیند توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های گازی

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات

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

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت‌های خصوصی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان : ۱۰ سال

عنوان طرح: شستشوی آنلاین کمپرسور

معرفی طرح:

یکی از علل اصلی افت راندمان توربین‌های گازی، رسوب گذاری پره‌های کمپرسور می‌باشد. هدف اصلی از اجرای این فناوری، بکارگیری و بهره برداری بهینه از سیستم‌های آنلاین شستشوی کمپرسور توربین‌های گازی با هدف افزایش راندمان این واحدها می‌باشد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه توسعه توانمندی شستشوی آنلاین کمپرسور (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
۲. شبیه‌سازی و پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در سطح آزمایشگاهی
۳. پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت
۴. اجرای برنامه‌های آموزشی برای بهره‌برداری از فرآیند توسعه یافته، در سطح نیروگاه‌های گازی

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۵. پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۱۰۰۰ مگاوات

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

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت‌های خصوصی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان: ۱۰ سال

عنوان طرح: بسته ارتقای راندمان توربین های بخار

معرفی طرح:

امروزه با توسعه روش های نوین طراحی و ساخت قطعات توربین بخار از جمله فناوری پره های سه بعدی و سیل های پیشرفته، امکان افزایش راندمان و ظرفیت توربین های بخار فراهم شده است. هدف از اجرای این بسته، انتخاب روش مناسب ارتقای راندمان توربین های بخار و بکارگیری آن برای واحدهای منتخب بخار کشور می باشد.

سبک اکتساب: برون سپاری (خرید فناوری)

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه امکانسنجی ارتقای توربین بخار (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه ریزی و امکانسنجی پیاده سازی طرح در نیروگاه های بخاری)
۲. شناسایی و انتخاب پیمانکاران بین المللی ذی صلاح
۳. تدوین نظام مدیریت طرح و ارزیابی پیمانکار
۴. تنظیم رویه های اجرایی و ایجاد تمهیدات لازم برای برگزاری مناقصات توسط بخش دولتی و خصوصی

بخش اجرا و پیاده سازی:

۵. پیاده سازی طرح و نظارت بر پیشرفت آن در نیروگاه های بخاری برای ظرفیتی معادل ۵۰۰۰ مگاوات

سیاست گذار: معاونت برق و انرژی وزارت نیرو/ مدیریت طرح های افزایش راندمان نیروگاه های حرارتی

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه ها و شرکت های دانش بنیان و مشاورین ذی صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت های خصوصی	شرکت های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده سازی): ؟

زمان : ۷ سال

عنوان طرح: تبدیل واحدهای گازی به CCHP سیکل ترکیبی

معرفی طرح:

یکی از روشهای بسیار موثر در افزایش راندمان واحدهای گازی، تبدیل آنها به واحدهای تولید همزمان برق، سرما و حرارت می باشد. بصورتیکه می توان با توجه به نیازهای منطقه، نسبت به طراحی و ساخت سیستم تولید همزمان بهینه اقدام نمود و راندمان کل نیروگاه را تا میزان ۲ برابر افزایش داد. در این فناوری همچنین امکان افزایش توان الکتریکی در فصول گرم سال و تولید آب شیرین میسر می باشد.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی و تحقیق و توسعه در افق زمانی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه توسعه فناوری تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی پیاده‌سازی طرح در نیروگاه‌های گازی)
۲. توسعه و تست نمونه اولیه سیستم CHP سیکل ترکیبی
۳. نصب و راه‌اندازی سیستم CHP سیکل ترکیبی در یکی از نیروگاه‌های گازی به عنوان پایلوت

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۴. نصب و راه سیستم CHP سیکل ترکیبی در سطح نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۳۰۰۰ مگاوات

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

بخش	کارفرما/ناظر	مدیریت R&D	همکاران
R&D	شرکت تولید برق حرارتی	پژوهشگاه نیرو	دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح
بخش اجرا	کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان : ۷ سال

عنوان طرح: بازتوانی واحدهای بخار

معرفی طرح:

باتوجه به امکان دستیابی به راندمان حدود ۶۰ درصد توسط نیروگاههای سیکل های ترکیبی از یک سو و استفاده عمده نیروگاههای بخار از سوخت گاز با توجه به ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی از سوی دیگر، ادامه کار ی این نیروگاهها با راندمان متوسط ۳۶ درصد به هیچ عنوان اقتصادی نمی باشد. تبدیل واحدهای بخار موجود به سیکل ترکیبی، یکی از راهکارهای مناسب جهت افزایش راندمان نیروگاههای بخار قدیمی کشور می باشد. هدف از اجرای این فناوری انتخاب واحدهای مستعد بازتوانی و اجرای این فناوری بر روی آنها می باشد.

سبک اکتساب: همکاری فعالانه به سوی بومی سازی خدمات

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. مطالعات اولیه توسعه فناوری بازتوانی واحدهای بخار (شامل نیازسنجی فناوری، برنامه ریزی تحقیق و توسعه و امکان سنجی پیاده سازی طرح در نیروگاههای بخاری و اولویت بندی نیروگاهها)
۲. شناسایی و انتخاب پیمانکاران بین المللی ذی صلاح برای همکاری تکنولوژیک در بخش توربین بخار و تعیین فرم بهینه همکاری تکنولوژیک در این زمینه
۳. تدوین نظام مدیریت طرح و ارزیابی پیمانکار
۴. تنظیم رویه های اجرایی و ایجاد تمهیدات لازم برای برگزاری مناقصات

بخش اجرا و پیاده سازی:

۵. اجرای روند پیاده سازی طرح براساس افزایش تدریجی سهم مشارکت داخلی در نیروگاههای بخاری برای ظرفیتی معادل ۲۶۰۰ مگاوات

سیاست گذار: معاونت برق و انرژی وزارت نیرو/ مدیریت طرح های افزایش راندمان نیروگاه های حرارتی

بخش	کارفرما/ناظر	مدیریت R&D	همکاران
R&D	شرکت تولید برق حرارتی	پژوهشگاه نیرو	دانشگاه ها و شرکت های دانش بنیان و مشاورین ذی صلاح
بخش اجرا	کارفرما	مشاور	پیمانکاران
اجرا	شرکت تولید برق حرارتی	شرکت های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت های خصوصی

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده سازی): ؟

زمان : ۷ سال

عنوان طرح: تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی

معرفی طرح:

یکی از موثرترین فناوری های افزایش راندمان نیروگاههای کشور تبدیل واحدهای گازی موجود به نیروگاههای سیکل ترکیبی پر بازده می باشد. مهم ترین محدودیت در اجرای این فناوری تامین اعتبار مالی مورد نیاز جهت اجرای بخش بخار این نیروگاه می

عنوان طرح: تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی

باشد. اخیراً با استفاده از روش بیع متقابل، امکان اجرای این فناوری در کشور سرعت بیشتری پیدا کرده است.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

مراحل اصلی:

بخش R&D:

۱. انتخاب و اولویت‌بندی نیروگاه‌های گازی برای تبدیل به سیکل ترکیبی

بخش اجرا و پیاده‌سازی:

۲. پیاده‌سازی طرح و نظارت بر پیشرفت آن در نیروگاه‌های گازی برای ظرفیتی معادل ۱۱۰۰۰ مگاوات

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

همکاران	مدیریت R&D	کارفرما/ناظر	بخش R&D
دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و مشاورین ذی‌صلاح	پژوهشگاه نیرو	شرکت تولید برق حرارتی	
پیمانکاران	مشاور	کارفرما	بخش اجرا
شرکت‌های خصوصی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی	

هزینه ریالی (تحقیق و توسعه): ؟

هزینه دلاری (اجرا و پیاده‌سازی): ؟

زمان: ۶ سال

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش نتایج فاز پنجم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌ها، تحت عنوان تدوین رهنما ارائه شده است.

در این گزارش نگاهت نهادی حوزه افزایش راندمان مورد بررسی قرار گرفت و براساس تحلیل آن مشخص گردید، گرچه نهادهای مختلفی در این حوزه اثرگذار بوده و تلاش‌های پراکنده‌ای در حوزه‌های سیاستگذاری، تنظیم‌گری و آموزشی و پژوهشی صورت می‌گیرد، اما فقدان نهادی که به طور مشخص پیگیر این موضوع بوده و تمهید زیرساخت‌ها و لوازم مناسب برای پایش، اندازه‌گیری و ارتقا راندمان نیروگاه‌ها را بر عهده داشته باشد، به چشم می‌خورد. لذا موضوع خلا نهادی و نبود متولی مناسب برای این حوزه به عنوان یک چالش قابل شناسایی است.

سپس اقدامات فنی لازم برای پیاده‌سازی هر یک از طرح‌های اولویت‌دار افزایش راندمان نیروگاه‌ها شناسایی گردید که عبارتند از:

- پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری
- پایش عملکرد آنالاین واحدهای گازی و سیکل ترکیبی
- بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن
- بسته‌ارتقای عملکرد پیش گرمکن هوای بویلر
- بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه
- خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی
- شستشوی آنالاین کمپرسور
- بسته‌ارتقای راندمان توربین بخار
- تبدیل واحدهای گازی به CHP سیکل ترکیبی
- بازتوانی واحدهای بخار
- تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی
- بسته‌ارتقای راندمان توربین‌های گازی

در ادامه براساس میزان ظرفیت پیمانکاری و امکانپذیری پیاده‌سازی طرح‌ها، برنامه زمانبندی هر یک از طرح‌ها مشخص گردید که همانطور که مشخص است هزینه کل پیاده‌سازی طرح‌های این حوزه بالغ بر ۹ میلیارد دلار برآورد شده است که نوع حمایت و آورده دولت در قالب وام‌های بلند مدت، برای اجرای طرح‌های این حوزه در جدول شماره ۹ مشخص گردید و همچنین تشریح گردید که هزینه‌های تحقیق و توسعه در این حوزه می‌بایست در قالب بودجه‌های پژوهشی و از محل اعتبارات دولتی (اعتبارات پژوهشی وزارت نیرو، وزارت نفت، مراکز پژوهشی و دانشگاهی و ...) تأمین گردد و این عدد برابر ۹ میلیارد ریال می‌باشد.



در ادامه ساختار اجرایی کار، با عنایت به سیاست‌های اصلاح ساختاری مشخص گردید:



مراجع

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

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

فهرست مطالب

۱-مرور ادبیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- مفاهیم تدوین برنامه ارزیابی.....	۱
۲- شناسایی شاخص‌های ارزیابی.....	۳
۲-۱- مقدمه.....	۳
۲-۲- شاخص‌های توسعه ساختار.....	۳
۳-۲- شاخص‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای.....	۴
۴-۲- شاخص‌های عملیاتی.....	۴
۳-برنامه ارزیابی پیشرفت سالانه.....	۴
۳-۱- مقدمه.....	۴
۳-۲- برنامه ارزیابی پیشرفت به تفکیک سال‌های مختلف.....	۴
۳-۳- شاخص‌های کلیدی.....	۱۸
۴-برنامه به‌روزرسانی و بازنگری طرح افزایش راندمان نیروگاه‌ها.....	۱۸
۴-۱- مقدمه.....	۱۸
۴-۲- سازوکار بازنگری طرح افزایش راندمان.....	۱۹
۵-جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....	۲۰
مراجع.....	22

فهرست شکلها

شکل ۱- مکانیزم بروزرسانی و بازنگری طرح افزایش راندمان ۱۹

فهرست جداول

جدول ۱- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۵

جدول ۲- شاخص‌های کلیدی ۱۸

مقدمه

گزارش حاضر مربوط به فاز ششم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه افزایش راندمان نیروگاه‌ها می‌باشد و دربردارنده برنامه ارزیابی و بروزرسانی می‌باشد. در این راستا علاوه بر بررسی مختصر ادبیات موضوع، شاخص‌های لازم برای پیشرفت نقشه راه و مقاطع زمانی لازم برای بازنگری و به روز رسانی طرح تشریح خواهند شد.

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

در نتیجه در این گزارش ضمن مرور مفاهیم ارزیابی و به‌روزرسانی، برنامه ارزیابی و به روز رسانی و بازنگری دوره‌ای طرح افزایش راندمان نیروگاه‌ها، تشریح می‌گردد.

۱- مرور ادبیات

۱-۱- مقدمه

در این گزارش می‌بایست نتایج کار در بخش ارزیابی و بروزرسانی ارائه گردد. اما قبل از انجام این کار، می‌بایست مروری مختصر بر روی ادبیات موضوع انجام شود.

۱-۲- مفاهیم تدوین برنامه ارزیابی

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری کننده مؤلفه‌های یک سند ملی احصاء شوند. بنابراین می‌بایست هم شاخص‌های مربوط به راستی‌آزمایی ارکان جهت‌ساز اعم از چشم‌انداز، اهداف کلان، راهبردها و سیاست‌های کلان و هم شاخص‌های مرتبط با برنامه اقدامات و سیاست‌ها مانند اهداف خرد، اقدامات و سیاست‌های اجرایی و هم شاخص‌های مرتبط با برنامه عملیاتی را احصاء و بررسی نمود. نکته مهم و قابل تأمل این است که این شاخص‌ها می‌بایست هم خروجی‌ها و هم

پیامدها را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر هم شاخص‌های مرتبط با اثربخشی می‌بایست تدوین و ارزیابی گردند و هم شاخص‌های مرتبط با کارایی. به عنوان مثال پاسخ به این سؤال که آیا راهبردهای اتخاذ شده و یا اقدامات و سیاست‌های اتخاذ شده صحیح بوده‌اند؟ و یا بر گروه هدف تأثیر گذاشته‌اند؟ اثربخشی این مؤلفه‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. و پاسخ به این سؤال که برنامه اقدامات و سیاست‌ها و یا برنامه‌های عملیاتی تا چه میزان تحقق یافته‌اند؟ کارایی این مؤلفه‌ها را مورد سنجش قرار می‌دهد. در انتها نیز پس از تدوین شاخص‌های ارزیابی اثربخش و کارایی و تدوین مکانیزم ارزیابی، می‌بایست ساختار نظارت و بروزرسانی سند تعیین گردد. عموماً هر سند ملی توسعه فناوری می‌بایست هر چند سال یکبار، مورد بازنگری قرار گرفته و بررسی مجدد شود. این موضوع به دلیل این است که هم خود فناوری در حال تغییر و تحول است، هم شرایط محیطی آن فناوری اعم از محیط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی آن فناوری در حال تغییر است و هم توانمندی شرکت‌ها و بنگاه‌های داخلی تغییر نموده و متناسب با این تغییرات هم ارکان جهت‌ساز، هم برنامه اقدامات و سیاست‌ها و برنامه عملیاتی می‌بایست بازنگری، اصلاح و تکمیل گردد.

با توجه به موارد فوق، می‌بایست ساختاری متشکل از تمامی ذی‌نفعان آن حوزه فناورانه مورد نظر، اعم از سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی، دانشگاهیان و پژوهشگران و متخصصین، و همچنین صاحبان صنایع و بنگاه‌های خصوصی تأثیرگذار وظیفه ارزیابی و بروزرسانی را بر عهده داشته باشد. این ارزیابی و بروزرسانی هم می‌تواند موردی و مقطعی بنا به ضرورت بوده و سیاست‌های اعمالی را بازنگری کند و هم می‌تواند به طور منظم هر ۳ یا ۵ سال یکبار به منظور بازنگری و اصلاح ارکان جهت‌ساز رخ دهد. (۵)

تعداد دفعاتی که یک رهنگاشت بروزرسانی می‌شود تا حد زیادی بستگی به چارچوب زمانی مورد نظر دارد. به طور معمول، رهنگاشت‌ها به صورت دوره‌ای بروزرسانی می‌شوند (مثل هر دو تا پنج سال یک بار). در برخی موارد رهنگاشت‌ها سریع‌تر بروزرسانی می‌شوند تا پیشرفت امور، تغییرات در منابع موجود یا ملاحظات زمانبندی را منعکس کنند. (۴)

۲- شناسایی شاخص‌های ارزیابی

۱-۱- مقدمه

مطابق با محتوای ذکر شده در فصل پیش، بر مبنای جنس فعالیت‌های طرح، بر اساس نظر مشاور و مجری طرح، مجموعه فعالیت‌های طرح در سه دسته‌ی توسعه ساختار، تحقیق و توسعه، عملیاتی قابل تقسیم‌بندی هستند، شاخص‌های سنجش عملکرد طرح عبارتند از:

- شاخص‌های توسعه ساختار

- شاخص‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای

- شاخص‌های عملیاتی

شاخص‌های شناسایی شده با توجه به فعالیت‌های طرح تعیین شده‌اند. در حقیقت دستیابی به اهداف و انجام هر یک از فعالیت‌ها به عنوان یک شاخص تعیین شده، انجام صحیح طرح را بتوان مورد ارزیابی قرار داد. در ادامه هر یک از دسته شاخص‌ها معرفی می‌گردند.

۱-۲- شاخص‌های توسعه ساختار

شاخص‌های توسعه ساختار، دلالت بر شاخص‌هایی دارند که به منظور پایش و نظارت بر روند بهبود ساختار حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها تعریف شده‌اند. این شاخص‌ها عبارتند از:

- تعداد نهادهای تاسیس شده از میان نهادهای پیشنهادی برای بهبود ساختار حوزه افزایش راندمان؛ یعنی:

- ✓ مدیریت طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در وزارت نیرو،

- ✓ کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها (متشکل از نماینده شرکت توانیر، نماینده مدیریت شبکه،

- نماینده سازمان توسعه برق، نماینده پژوهشگاه نیرو، و نماینده انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا))

- ✓ کارگروه‌های اندازه‌گیری و پایش عملکرد، سیاست‌گذاری و ترویج، توسعه فناوری، برنامه ریزی و بودجه،

- مدیریت طرحها / پروژه ها.

- تعداد نهادهای فعال از میان نهادهای پیشنهادی برای بهبود ساختار حوزه افزایش راندمان

۱-۳- شاخص‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای

شاخص‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای دلالت بر شاخص‌هایی دارند که به منظور پایش و نظارت بر روند پیشرفت مطالعات و پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری‌های حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها تعریف شده‌اند. این شاخص‌ها عبارتند از:

- تعداد مطالعات پایان یافته در زمینه‌های نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی
- تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته از فناوری‌های حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها
- تعداد نمونه‌های تست شده از فناوری‌های حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها
- تعداد شبیه‌سازی فرآیندهای فناورانه حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها

۱-۴- شاخص‌های عملیاتی

شاخص‌های عملیاتی دلالت بر شاخص‌هایی دارند که به منظور پایش و نظارت بر روند اجرا و پیاده‌سازی طرح‌های افزایش راندمان در سطح نیروگاه‌ها دارند. این شاخص‌ها عبارتند از:

- تعداد نمونه‌های راه‌اندازی شده به صورت پایلوت
- ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها برای هر یک از فناوری‌ها
- راندمان کل محقق شده در سطح نیروگاه‌های حرارتی کشور

۳- برنامه ارزیابی پیشرفت سالانه

۱-۵- مقدمه

در بخش قبل شاخص‌های ارزیابی مربوط به این طرح معرفی شدند. حال در این بخش به تفکیک سال‌های مختلف برنامه ارزیابی ارائه می‌گردد.

۱-۶- برنامه ارزیابی پیشرفت به تفکیک سال‌های مختلف

جدول زیر نشان دهنده وضعیت هر یک از شاخص‌های فوق در طی سال‌های اجرای سند می‌باشد که به عبارت دیگر برنامه ارزیابی طرح محسوب می‌شود.

جدول ۱- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش راندمان نیروگاه‌ها

پایان سال اول		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
<ul style="list-style-type: none"> • تاسیس هر سه نهادهای پیشنهادی: ✓ مدیریت طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در وزارت نیرو، ✓ کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها (متشکل از نماینده شرکت توانیر، نماینده مدیریت شبکه، نماینده سازمان توسعه برق، نماینده پژوهشگاه نیرو، و نماینده انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا)) ✓ کارگروه‌های اندازه‌گیری و پایش عملکرد، سیاست‌گذاری و ترویج، توسعه فناوری، برنامه ریزی و بودجه، مدیریت طرحها / پروژه‌ها. 	۳	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
<ul style="list-style-type: none"> • شروع به فعالیت هر سه نهادهای پیشنهادی 	۳	تعداد نهاد فعال	
<ul style="list-style-type: none"> • پایان مطالعات امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری برای نیروگاه‌های کشور • پایان مطالعات بررسی و انتخاب راهکارهای عملی جهت بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج‌های خنک‌کن برای واحد های بخاری کشور • پایان مطالعات بررسی و تهیه بسته ارتقای عملکرد پیش‌گرمکن هوای بویلر نیروگاه‌های بخار • پایان مطالعات بررسی و انتخاب راهکارهای عملی جهت بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه برای واحد های بخاری کشور • پایان مطالعات شناسایی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم‌های پیشرفته خنک‌کاری تبخیری هوای ورودی توربین های گازی • پایان مطالعات شناسایی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم شستشوی آنلاین کمپرسور • پایان مطالعات انتخاب و اولویت‌بندی نیروگاه‌های گازی برای تبدیل به سیکل ترکیبی • پایان مطالعات امکان‌سنجی و انتخاب واحد های گازی مناسب جهت تبدیل به CHP سیکل ترکیبی 	۸	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای
<ul style="list-style-type: none"> • توسعه نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد برای واحدهای بخاری • توسعه نمونه اولیه سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی 	۳	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته	

پایان سال اول		شاخص‌ها		
توضیحات	کمیت			
<ul style="list-style-type: none"> توسعه نمونه اولیه سیستم ارتقایافته پیش گرمکن هوای بویلر 	۳	تعداد نمونه‌های تست شده		
<ul style="list-style-type: none"> تست نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد برای واحدهای بخاری تست نمونه اولیه توسعه سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی تست نمونه اولیه سیستم ارتقایافته پیش گرمکن هوای بویلر 				
<ul style="list-style-type: none"> شبیه‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن شبیه‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه شبیه‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی شبیه‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور 				۴
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده		عملیاتی
فناوری پیاده‌سازی شده	سال اول	ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)		
<ul style="list-style-type: none"> پیاده‌سازی طرح تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی برای ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی 	۲۰۰۰			
<ul style="list-style-type: none"> پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی 	۳۰۰۰			
<ul style="list-style-type: none"> پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی 	۳۰۰۰			
<ul style="list-style-type: none"> راندمان کل در پایان سال اول معادل با ۳۷,۱۷٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۳ فناوری می‌باشد. 	۳۷,۱۷٪	راندمان کل (درصد)		

پایان سال دوم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
<ul style="list-style-type: none"> پایان مطالعات طراحی نرم افزار آنلاین سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری 	۸	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و

پایان سال دوم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
<ul style="list-style-type: none"> پایان مطالعات امکان‌سنجی و اولویت‌بندی پیاده‌سازی راهکارهای منتخب جهت بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج‌های خنک‌کن برای واحدهای بخاری کشور پایان مطالعات امکان‌سنجی و اولویت‌بندی پیاده‌سازی راهکارهای منتخب جهت بهره‌برداری بهینه هیترهای آب تغذیه برای واحدهای بخاری کشور پایان مطالعات امکان‌سنجی و اولویت‌بندی پیاده‌سازی راهکارهای منتخب جهت بهره‌برداری بهینه هیترهای آب تغذیه برای واحدهای بخاری کشور پایان مطالعات شناسایی و امکان‌سنجی پیاده‌سازی سیستم‌های پیشرفته خنک‌کاری تبریدی هوای ورودی توربین‌های گازی پایان مطالعات اولیه امکان‌سنجی ارتقای توربین بخار پایان مطالعات طراحی مفهومی و تعیین مشخصات فنی سیستم CHP سیکل ترکیبی برای یک نیروگاه منتخب پایان مطالعات اولیه توسعه فناوری بازتوانی واحدهای بخار 		توسعه‌ای	
توسعه نمونه اولیه سیستم CHP سیکل ترکیبی	۱		تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته
تست نمونه اولیه سیستم CHP سیکل ترکیبی	۱		تعداد نمونه‌های تست شده
	-		تعداد شبیه‌سازی
<ul style="list-style-type: none"> راه‌اندازی سیستم پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری به صورت پایلوت راه‌اندازی سیستم پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی به صورت پایلوت اجرای فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن به صورت پایلوت راه‌اندازی سیستم ارتقایافته‌ی پایش گرمکن هوای بویلر به صورت پایلوت اجرای فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه به صورت پایلوت اجرای فرآیند خنک‌کاری هوای ورودی توربین‌های گازی به صورت پایلوت 	۷	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده	عملیاتی

پایان سال دوم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
• اجرای فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور به صورت پایلوت			
		سال دوم	تجمعی
• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی برای ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
• راندمان کل در پایان سال دوم معادل با ۳۸,۰۲٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۸ فناوری می‌باشد.		راندمان کل (درصد)	
		۳۸,۰۲٪	

پایان سال سوم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و
• پایان مطالعات پیاده سازی و تست نمونه اولیه سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری بر روی یک واحد	۱	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه	

پایان سال سوم		شاخص‌ها		
توضیحات	کمیت			
	منتخب	یافته	توسعه‌ای	
		تعداد نمونه‌های تست شده		
		تعداد شبیه‌سازی		
		تعداد پایلوت راه‌اندازی شده		
• راه‌اندازی سیستم CHP سیکل ترکیبی در یکی از نیروگاه‌های گازی به صورت پایلوت	۱		عملیاتی	
فناوری پیاده‌سازی شده	سال سوم	ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)		
• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۴۰۰۰			۲۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۸۰۰۰			۴۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۴۰۰۰			۲۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش‌گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۴۰۰۰			۲۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۴۰۰۰			۲۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند خنک‌کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۹۰۰۰			۳۰۰۰
• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۹۰۰۰			۳۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی برای ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۶۰۰۰			۲۰۰۰
• پیاده‌سازی طرح CHP سیکل ترکیبی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۶۰۰			۶۰۰
• پیاده‌سازی طرح بازتوانی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۶۰۰			۶۰۰
• پیاده‌سازی طرح ارتقا توربین بخار برای ۱۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۰۰۰			۱۰۰۰
• راندمان کل در پایان سال سوم معادل با ۳۹٫۳۵٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۱۱ فناوری می‌باشد.	۳۹٫۳۵٪			

پایان سال چهارم		شاخص‌ها		
توضیحات	کمیت			
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار	
	-	تعداد نهاد فعال		
• پایان مطالعات توسعه نرم افزار سیستم پایش و تحلیل عملکرد آنلاین واحدهای بخاری جهت بکارگیری در سایر نیروگاههای بخار	۱	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای	
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته		
	-	تعداد نمونه‌های تست شده		
	-	تعداد شبیه‌سازی		
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده	عملیاتی	
	فناوری پیاده‌سازی شده	سال چهارم		ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)
	تجمعی			
• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۶۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۲۰۰۰	۴۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۶۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۶۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۶۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۲۰۰۰	۳۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۲۰۰۰	۳۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی برای ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۸۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح CHP سیکل ترکیبی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۲۰۰	۶۰۰		
• پیاده‌سازی طرح بازتوانی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۲۰۰	۶۰۰		
• پیاده‌سازی طرح ارتقا توربین بخار برای ۱۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰	۱۰۰۰		

پایان سال چهارم		شاخص‌ها		
توضیحات	کمیت			
• راندمان کل در پایان سال چهارم معادل با ۴۰,۶۸٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۱۱ فناوری می‌باشد.	۴۰,۶۸٪	راندمان کل (درصد)		
پایان سال پنجم		شاخص‌ها		
توضیحات	کمیت			
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار	
	-	تعداد نهاد فعال		
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای	
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته		
	-	تعداد نمونه‌های تست شده		
	-	تعداد شبیه‌سازی		
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده	عملیاتی	
	فناوری پیاده‌سازی شده	سال پنجم		ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)
• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۸۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۶۰۰۰	۴۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۸۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۸۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۸۰۰۰	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۵۰۰۰	۳۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۵۰۰۰	۳۰۰۰		

پایان سال پنجم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
• پیاده‌سازی طرح تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی برای ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح CHP سیکل ترکیبی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۸۰۰		
• پیاده‌سازی طرح بازتوانی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۸۰۰		
• پیاده‌سازی طرح ارتقا توربین بخار برای ۱۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۳۰۰۰		
• راندمان کل در پایان سال پنجم معادل با ۴۲,۰۱٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۱۱ فناوری می‌باشد.	۴۲,۰۱٪	راندمان کل (درصد)	

پایان سال ششم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته	
	-	تعداد نمونه‌های تست شده	
	-	تعداد شبیه‌سازی	عملیاتی
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده	
فناوری پیاده‌سازی شده	سال ششم تجمعی	ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)	
• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۴۰۰۰		

پایان سال ششم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۰۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۰۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۰۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۳۰۰۰ / ۱۸۰۰۰		
• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۳۰۰۰ / ۱۸۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی برای ۱۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۱۰۰۰ / ۱۱۰۰۰		
• پیاده‌سازی طرح CHP سیکل ترکیبی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۶۰۰ / ۲۴۰۰		
• پیاده‌سازی طرح بازتوانی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۶۰۰ / ۲۴۰۰		
• پیاده‌سازی طرح ارتقا توربین بخار برای ۱۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۰۰۰ / ۴۰۰۰		
• راندمان کل در پایان سال ششم معادل با ۴۳,۰۲٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۱۱ فناوری می‌باشد.	۴۳,۰۲٪	راندمان کل (درصد)	

پایان سال هفتم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته	
	-	تعداد نمونه‌های تست شده	

شاخص‌ها		پایان سال هفتم	
		توضیحات	کمیت
	تعداد شبیه‌سازی		-
	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده		-
عملیاتی	ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)	فناوری پیاده‌سازی شده	سال هفتم / تجمعی
		• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۲۰۰۰
		• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۴۰۰۰ / ۲۴۰۰۰
		• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۲۰۰۰
		• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۲۰۰۰
		• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰۰ / ۱۲۰۰۰
		• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۳۰۰۰ / ۲۱۰۰۰
		• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۳۰۰۰ / ۲۱۰۰۰
		• پیاده‌سازی طرح CHP سیکل ترکیبی برای ۶۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۶۰۰ / ۳۰۰۰
		• پیاده‌سازی طرح بازتوانی برای ۲۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۲۰۰ / ۲۶۰۰
		• پیاده‌سازی طرح ارتقا توربین بخار برای ۱۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۰۰۰ / ۵۰۰۰
راندمان کل (درصد)	راندمان کل در پایان سال هفتم معادل با ۴۳,۵۹٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۱۰ فناوری می‌باشد.	۴۳,۵۹٪	

پایان سال هشتم		شاخص‌ها			
توضیحات	کمیت				
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار		
	-	تعداد نهاد فعال			
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای		
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته			
	-	تعداد نمونه‌های تست شده			
	-	تعداد شبیه‌سازی			
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده	عملیاتی		
	فناوری پیاده‌سازی شده	سال هشتم		ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)	
	• پیاده‌سازی طرح پایش و تحلیل عملکرد واحدهای بخاری در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۴۰۰۰			۲۰۰۰
	• پیاده‌سازی طرح پایش عملکرد آنلاین واحدهای گازی در ۴۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۲۸۰۰۰			۴۰۰۰
	• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از کندانسور و برج خنک‌کن در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۴۰۰۰			۲۰۰۰
	• پیاده‌سازی طرح ارتقایافته‌ی پیش گرمکن هوای بویلر در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۴۰۰۰			۲۰۰۰
	• پیاده‌سازی فرآیند بهره‌برداری بهینه از هیترهای آب تغذیه در ۲۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بخاری	۱۴۰۰۰			۲۰۰۰
	• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۲۴۰۰۰			۳۰۰۰
	• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۲۴۰۰۰			۳۰۰۰
	• راندمان کل در پایان سال هشتم معادل با ۴۳,۸۰٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۷ فناوری می‌باشد.	۴۳,۸۰٪			
		راندمان کل (درصد)			

پایان سال نهم		شاخص‌ها		
توضیحات	کمیت			
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار	
	-	تعداد نهاد فعال		
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای	
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته		
	-	تعداد نمونه‌های تست شده		
	-	تعداد شبیه‌سازی	عملیاتی	
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده		
	فناوری پیاده‌سازی شده	سال نهم		ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)
	۳۱۰۰۰	۳۰۰۰		
	۲۷۰۰۰	۳۰۰۰		
	۲۷۰۰۰	۳۰۰۰		
	۴۳٫۹۰٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۳ فناوری می‌باشد.	۴۳٫۹۰٪	راندمان کل (درصد)	

پایان سال دهم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
	-	تعداد مطالعات انجام شده	تحقیقاتی و توسعه‌ای
	-	تعداد نمونه‌های اولیه توسعه	



پایان سال دهم		شاخص‌ها	
توضیحات	کمیت	یافته	
		توسعه‌ای	
	-	تعداد نمونه‌های تست شده	
	-	تعداد شبیه‌سازی	
	-	تعداد پایلوت راه‌اندازی شده	
	فناوری پیاده‌سازی شده	ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی (مگاوات)	
	تجمعی	سال دهم	۴۰۰۰
	• پیاده‌سازی فرآیند خنک کاری هوای ورودی توربین‌های گازی در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۳۱۰۰۰	۴۰۰۰
	• پیاده‌سازی فرآیند شستشوی آنلاین کمپرسور در ۳۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی	۳۱۰۰۰	۴۰۰۰
	• راندمان کل در پایان سال دهم معادل با ۴۴,۰۱٪ خواهد بود که افزایش آن به دلیل پیاده‌سازی ۲ فناوری می‌باشد.	راندمان کل (درصد)	
		۴۴,۰۱٪	

۷-۱- شاخص‌های کلیدی

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

جدول ۲- شاخص‌های کلیدی

عنوان شاخص	نوع شاخص
تعداد نهادهای تأسیس شده ✓	توسعه ساختار
راندمان کل محقق شده در هر سال ✓ ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی ✓	عملیاتی

۴- برنامه به‌روزرسانی و بازنگری طرح افزایش راندمان نیروگاه‌ها

۱-۸- مقدمه

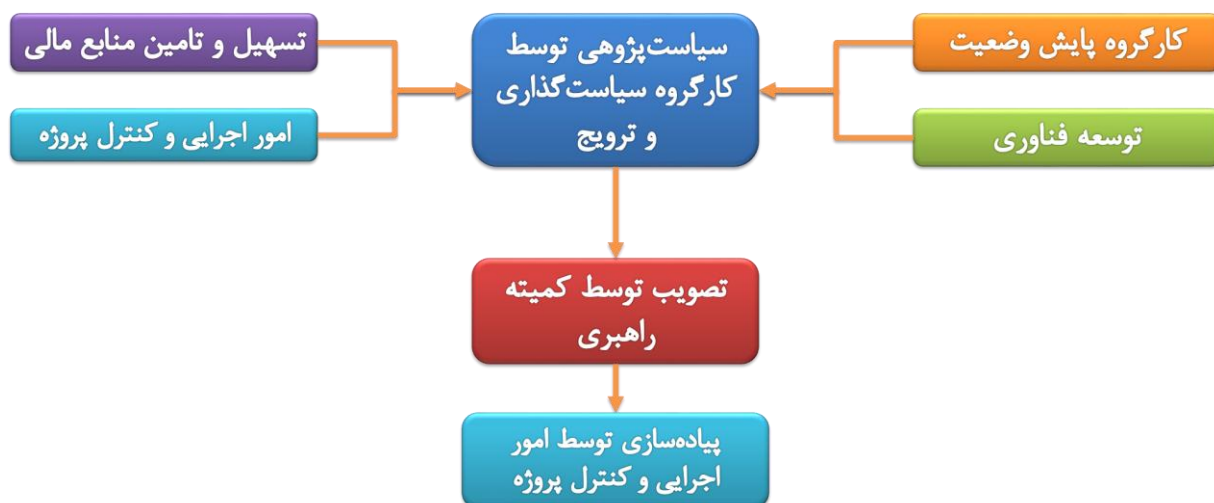
با توجه به ماهیت موضوع لازم است هر ساله برنامه مذکور مورد بررسی، به روز رسانی و بازنگری قرار گیرد. این امر از آن جهت است که پایش پیشرفت برنامه براساس راندمان تحقق یافته در سطح نیروگاه‌های کشور، نیازمند نظارت و کنترل سالیانه و بازنگری‌های احتمالی جهت رفع موانع پیش روی افزایش راندمان نیروگاه‌ها می‌باشد.

به عبارت دیگر می‌بایست پس از هر سال با توجه به میزان پیشرفت برنامه اجرایی طرح‌ها و برنامه‌های تحقیق و توسعه، در زمانبندی کار به‌روزرسانی صورت گیرد و همچنین با توجه به وضعیت فناوری‌ها از حیث جذابیت آن‌ها و روش اکتساب آن‌ها، اولویت‌ها و ارکان جهت‌ساز بازبینی شده و در صورت لزوم بازنگری در آن‌ها انجام شود. به علاوه با پیشرفت برنامه و کسب

بازخورهای حیطة اجرا می‌توان در سیاست‌های تدوین شده به منظور تسهیل روند اجرایی و پیاده‌سازی پروژه‌ها بازنگری‌هایی صورت گیرد.

۱-۹- سازوکار بازنگری طرح افزایش راندمان

برای نیل به هدف فوق‌الذکر، کارگروه سیاست‌گذاری و ترویج می‌بایست سالانه با هماهنگی کارگروه‌های دیگر، اقدام به سیاست‌پژوهشی و بازنگری طرح افزایش راندمان نماید و نتایج کار را مورد تأیید و تصویب کمیته راهبری نماید. سپس کارگروه امور اجرایی و کنترل مسئولیت اجرا و پیاده‌سازی آن را برعهده گیرد.



شکل ۱- مکانیزم بروزرسانی و بازنگری طرح افزایش راندمان

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش ضمن بیان مفاهیم مربوط به موضوع ارزیابی و پایش پیشرفت برنامه راهبردی، به شناسایی شاخص‌های مناسب برای ارزیابی، کنترل و نظارت بر روند پیشرفت برنامه راهبردی افزایش راندمان نیروگاه‌ها پرداخته شد و مجموعه فعالیت‌های طرح در سه دسته‌ی توسعه ساختار، تحقیق و توسعه، عملیاتی دسته‌بندی شده و شاخص‌های سنجش عملکرد در هر دسته ارائه گردید که عبارتند از:

○ شاخص‌های توسعه ساختار

- تعداد نهادهای تاسیس شده از میان نهادهای پیشنهادی برای بهبود ساختار حوزه افزایش راندمان؛ یعنی:

- ✓ مدیریت طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در وزارت نیرو،
- ✓ کمیته راهبری افزایش راندمان نیروگاه‌ها (متشکل از نماینده شرکت توانیر، نماینده مدیریت شبکه، نماینده سازمان توسعه برق، نماینده پژوهشگاه نیرو، و نماینده انجمن صنفی نیروگاه‌های ایران (اصنا))
- ✓ کارگروه‌های اندازه‌گیری و پایش عملکرد، سیاست‌گذاری و ترویج، توسعه فناوری، برنامه ریزی و بودجه، مدیریت طرحها / پروژه ها.

- تعداد نهادهای فعال از میان نهادهای پیشنهادی برای بهبود ساختار حوزه افزایش راندمان

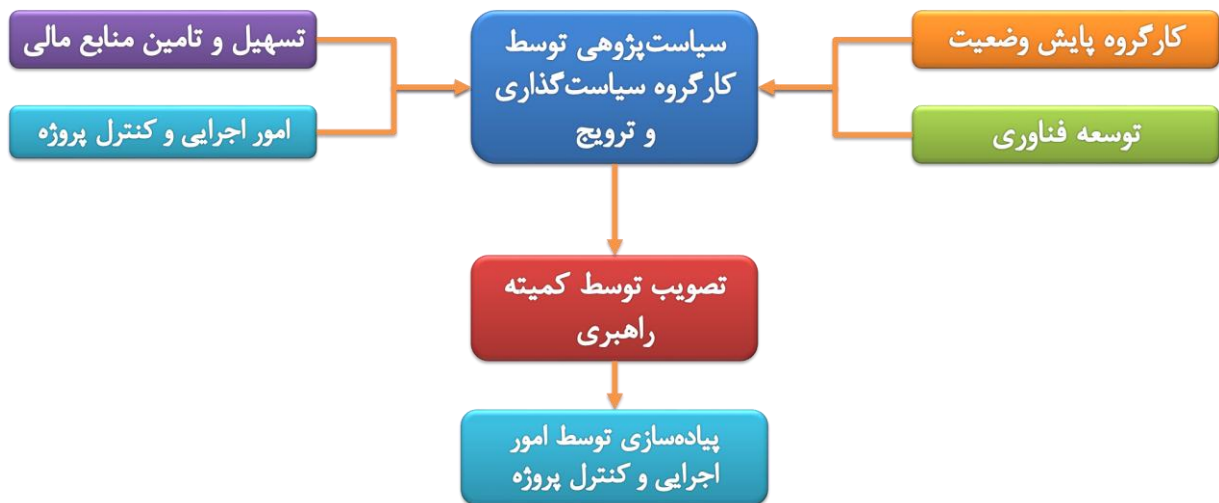
○ شاخص‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای

- تعداد مطالعات پایان یافته در زمینه‌های نیازسنجی فناوری، برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه و امکان‌سنجی
- تعداد نمونه‌های اولیه توسعه یافته از فناوری‌های حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها
- تعداد نمونه‌های تست شده از فناوری‌های حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها
- تعداد شبیه‌سازی فرآیندهای فناورانه حوزه افزایش راندمان نیروگاه‌ها

○ شاخص‌های عملیاتی

- تعداد نمونه‌های راه‌اندازی شده به صورت پایلوت
- ظرفیت نیروگاهی مورد پیاده‌سازی فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌ها برای هر یک از فناوری‌ها
- راندمان کل محقق شده در سطح نیروگاه‌های حرارتی کشور

در پایان مشخص گردید، کارگروه سیاست‌گذاری و ترویج می‌بایست سالانه با هماهنگی کارگروه‌های دیگر، اقدام به سیاست‌پژوهشی و بازنگری طرح افزایش راندمان نماید و نتایج کار را مورد تأیید و تصویب کمیته راهبری نماید. سپس کارگروه امور اجرایی و کنترل مسئولیت اجرا و پیاده‌سازی آن را برعهده گیرد.



مراجع

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

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