

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه

پایش سلامت سازه‌های صنعت برق. روش‌های پیش‌بینی

بروز اشکالات و ارائه‌ی راه‌کارهای کاهش آن‌ها

مجرى سند: علیرضا رهنورد	اعضای محترم کمیته راهبری سند:
با همکاری گروه پژوهشی سازه‌های صنعت برق	✦ مهندس مجتبی علیرضاپور (توانیر-انتقال)
	✦ دکتر ایمان احمدی جنیدی (توانیر-انتقال)
	✦ مهندس مجید خودسیانی (توانیر-توزیع)
راهبر: معاونت فناوری	✦ مهندس حسن آبنیکی (توانیر-دفتر تحقیقات)
ناشر: پژوهشگاه نیرو	✦ دکتر حامد دشتی (برق حرارتی-دفتر تحقیقات)
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو	✦ مهندس رضا تشیعی (برق حرارتی-ساختمان)
	✦ دکتر تورج تقی‌خانی (عضو هیأت علمی-انتقال)
	✦ دکتر نعمت حسنی (عضو هیأت علمی-تولید و توزیع)

مقدمه

پس از احداث زیرساخت‌های اصلی و حیاتی در صنایع مختلف، مهم‌ترین چالش پیش‌روی بهره‌برداران و مدیران و صاحبان این صنایع، حفظ و نگهداری آنها در شرایط مطلوب کارکرد و خدمت‌رسانی می‌باشد. پی‌آمدهای حاصل از اخلاص یا قطع کارکرد صنایع می‌تواند طیف گسترده‌ای از خسارات اقتصادی، انسانی، سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی (از گستره محلی تا ملی) را در برگیرد. قطع کارکرد صنایع می‌تواند علل و منشأهای گوناگونی داشته باشد که یکی از مهم‌ترین علل آن، وقوع انواع خرابی‌ها و آسیب‌های فنی در بخش‌های مختلف صنایع (تجهیزات، سازه‌ها، بخش‌های نرم‌افزاری و ...) می‌باشد. به دلایل مختلف، وقوع آسیب و خرابی در ساختمان‌ها، پل‌ها، سکوه‌های نفتی و بطور کلی تمام سیستم‌های سازه‌ای در طول عمر سازه امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. با ظهور و ورود سازه‌های جدید که دارای تکنولوژی‌های پیشرفته می‌باشند و با هزینه‌های هنگفتی احداث گردیده‌اند، بحث بررسی کارایی و عملکرد آنها در طول عمر بهره‌برداری نیز وارد شاخه‌های مهندسی گردیده و همواره اطمینان از عملکرد بی‌نقص سازه‌هایی با اهمیت بالا مانند سازه‌هایی با ارزش تاریخی و یا ساختمان‌های حیاتی دغدغه ذینفعان بوده است. تاکنون نمونه‌های بسیاری از انواع خرابی‌ها در سازه‌های مختلف مهندسی در گذشته به ثبت رسیده که در پی وقوع آنها، خسارات جانی و مالی فراوانی به بار آمده است. بیشتر چنین خرابی‌ها را می‌توان با بررسی‌های اولیه از وضعیت موجود و تشخیص آسیب‌های سازه‌ها اصلاح و ترمیم نمود و بدین ترتیب از گسترش آسیب و وقوع خرابی در سازه‌ها و فروریختن ساختمان‌ها و خسارت‌های مالی جلوگیری کرد. بخش‌های مختلف صنعت برق نیز از این قاعده مستثنی نبوده و وقوع انواع خرابی‌ها و خسارات در قسمت‌های مختلف آنها، محتمل و متداول می‌باشد. بدلیل ویژگی خاص صنعت برق که وظیفه و نقش تأمین انرژی برای بسیاری از فعالیت‌ها و صنایع دیگر را عهده‌دار است، حفظ کارکرد و جلوگیری از توقف خدمت‌رسانی آن (نسبت به سایر صنایع) بسیار ضروری و حیاتی است. زیرا توقف خدمت‌رسانی صنعت برق از خاموشی‌های کوچک تا گسترده، علاوه بر خسارات مستقیم و غیرمستقیم که بر خود آن صنعت وارد می‌کند، منجر به ایجاد وقفه و خسارت در سایر صنایع و بخش‌های کشور نیز شده و پتانسیل اعمال خسارات گسترده اقتصادی، سیاسی، امنیتی، اجتماعی و زیست‌محیطی را تا سطح ملی، دارا می‌باشد.

سازه‌های صنعت برق به لحاظ شرایط کارکرد خود جزء سازه‌های خاص و در معرض شرایط محیطی و کاری خاص می‌باشند که احتمال وقوع آسیب‌ها و خرابی‌های پیش‌بینی نشده را در مورد آنها (نسبت به سایر سازه‌ها) افزایش می‌دهد. بنا به دلایل گوناگون، وقوع انواع آسیب‌های موضعی در سطوح مختلف شدت، در اجزای سازه‌ای در طول عمر بهره‌برداری از آنها بسیار محتمل بوده و موارد قابل

ملاحظه‌ای از انواع آسیب‌ها در سازه‌های مختلف نیز مشاهده شده است. بخصوص با افزایش عمر سازه، احتمال وقوع آسیب در اجزای سازه‌ای به مراتب بیشتر خواهد شد. آسیب‌های سازه‌ای در صورت عدم توجه به رفع و تعمیر آنها می‌توانند گسترش یافته و در نهایت منجر به خرابی و فروریزش سازه شده و خسارات مالی و جانی سنگینی را به صاحبان خود تحمیل نماید. از سوی دیگر، حوادث طبیعی رخ داده در طول عمر بهره‌برداری نیز یکی از منابع ایجاد آسیب و خرابی در اجزای سازه‌ای هستند. بر این اساس و با توجه به صرف سرمایه‌های کلان برای ساخت سازه‌ها و زیرساخت‌های کشور، لزوم پرداختن به حوزه پایش سلامت و نگهداری (مدیریت چرخه عمر) در سازه‌ها به جهت حفظ عملکرد و بهره‌برداری بهینه از آنها بطور روزافزونی احساس می‌شود. بسیاری از آسیب‌های ایجاد شده در سازه‌های صنعت برق، با اجرای یک برنامه مناسب مدیریت نگهداری در دوره عمر بهره‌برداری از آنها، پیش از رسیدن به مراحل بحرانی قابل شناسایی و رفع می‌باشند. بدین ترتیب می‌توان از وقوع خسارات گسترده ناشی از فروریزش و خرابی کلی سازه‌ها جلوگیری نمود. در نتیجه سیستم‌های شناسایی و تعیین آسیب می‌توانند نقش بسیار مهمی را در فرآیند نگهداری و ایمن‌سازی و بهسازی سازه‌ها و جلوگیری از بوجود آمدن خسارات مالی و جانی ناشی از فروریختن آنها ایفا نمایند. سامانه مدیریت نگهداری سازه‌ها بطور کلی نیازمند وجود زیرسیستم‌هایی به شرح زیر است:

- سیستم پایش سلامت و بازرسی جهت جستجو و تشخیص آسیب‌ها و ارزیابی وضعیت موجود سازه
- سیستم ارزیابی عملکرد جهت بررسی نحوه عملکرد و کارایی سازه در برابر بارهای وارده و تخمین عمر مفید آنها
- سیستم تصمیم‌سازی و ارائه راهکارها جهت رفع آسیب‌ها و تأمین عملکرد مطلوب سازه بصورت بهینه

بر این اساس، توسعه دانش فنی و فناوری‌های مرتبط با پایش سلامت، ارزیابی عملکرد و راهکارهای تعمیر و بهسازی سازه‌ها به منظور افزایش عمر مفید، افزایش تاب‌آوری و کاهش خسارات و هزینه‌های ناشی از وقوع خرابی‌های پیش‌بینی نشده در آنها، مورد نیاز می‌باشد. فناوری‌های موسوم به پایش سلامت سازه‌ها¹ یکی از فناوری‌های پشتیبان نگهداری هستند که با هدف تشخیص و پیش‌بینی آسیب‌های سازه‌ای و شناسایی وضعیت موجود سیستم سازه، بسترهای لازم برای توسعه و پیاده‌سازی رویکردهای مدرن نگهداری در سازه‌ها را فراهم می‌کنند. سیستم‌های پایش و تشخیص آسیب

¹ - Structural Health Monitoring

می‌توانند شامل سیستم‌های ساده نظیر بازرسی چشمی (VI)^۲ و ارزیابی‌های غیرمخرب (NDE)^۳ تا فناوری‌های پیشرفته پایش سلامت سازه یا به اختصار، SHM^۴ باشند. پایش سلامت سازه (SHM) بطور کلی عبارت از مشاهده و ارزیابی وضعیت و شرایط کارکرد سازه بصورت به‌هنگام در طول عمر آن، با استفاده از اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای مرتبط با شرایط کارکرد سازه و پردازش آنها، می‌باشد. اندازه‌گیری پارامترها و اکتساب اطلاعات مورد نیاز با استفاده از شبکه سنسورهای نصب شده بر روی سازه صورت می‌گیرد. کارکرد اصلی سیستم پایش سلامت سازه، جستجو، کشف و آشکارسازی آسیب‌های موضعی، با هدف اقدام جهت رفع آنها و جلوگیری از وقوع خرابی کلی ناشی از گسترش آنها در سازه می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق، ضرورت توسعه و پیاده‌سازی سیستم پایش سلامت و نگهداری و حوزه‌های فنی مرتبط با آن در سازه‌های صنعت برق، بصورت نظام‌مند و با لحاظ رویکردهای علمی و فناوری‌های نوین روشن می‌گردد. با توجه به اینکه حوزه‌های فنی مرتبط با پایش سلامت و نگهداری سازه‌ها دارای کاربردهای وسیع در حوزه‌های مختلف مهندسی سازه بوده و از طرف دیگر، نیاز به حوزه‌های گوناگونی از دانش علمی و فنی، تخصص و فناوری دارد، تدوین سند راهبردی ملی برای هماهنگ‌سازی و جهت‌دهی به فعالیت‌های مورد نیاز توسعه و در راستای افزایش کارایی و اثربخشی آنها، ضروری می‌باشد.

بر این اساس در سند حاضر، اکتساب و توسعه دانش فنی و پیاده‌سازی آن در سازه‌های اولویت‌دار در بخش‌های تولید، انتقال و فوق‌توزیع، و توزیع (بصورت پایلوت) در حوزه‌های فنی مرتبط به شرح زیر مورد نظر قرار گرفته است تا با اتخاذ سیاست‌های مناسب و انجام اقدامات مؤثر با حمایت و مداخله هوشمندانه دولت، توسعه پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق در راستای اهداف تعیین شده در سند، محقق گردد.:

- پایش سلامت سازه‌ها (شامل حوزه‌های شناسایی سیستم^۵ و ارزیابی وضع موجود^۶ سازه‌ها، تشخیص و آشکارسازی آسیب‌های^۷ موجود در سازه‌ها، پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها^۸، پایش شرایط و مخاطرات محیطی).

2 - Visual Inspection

3 - Non Destructive Evaluation

4 - Structural Health Monitoring

5 - System Identification

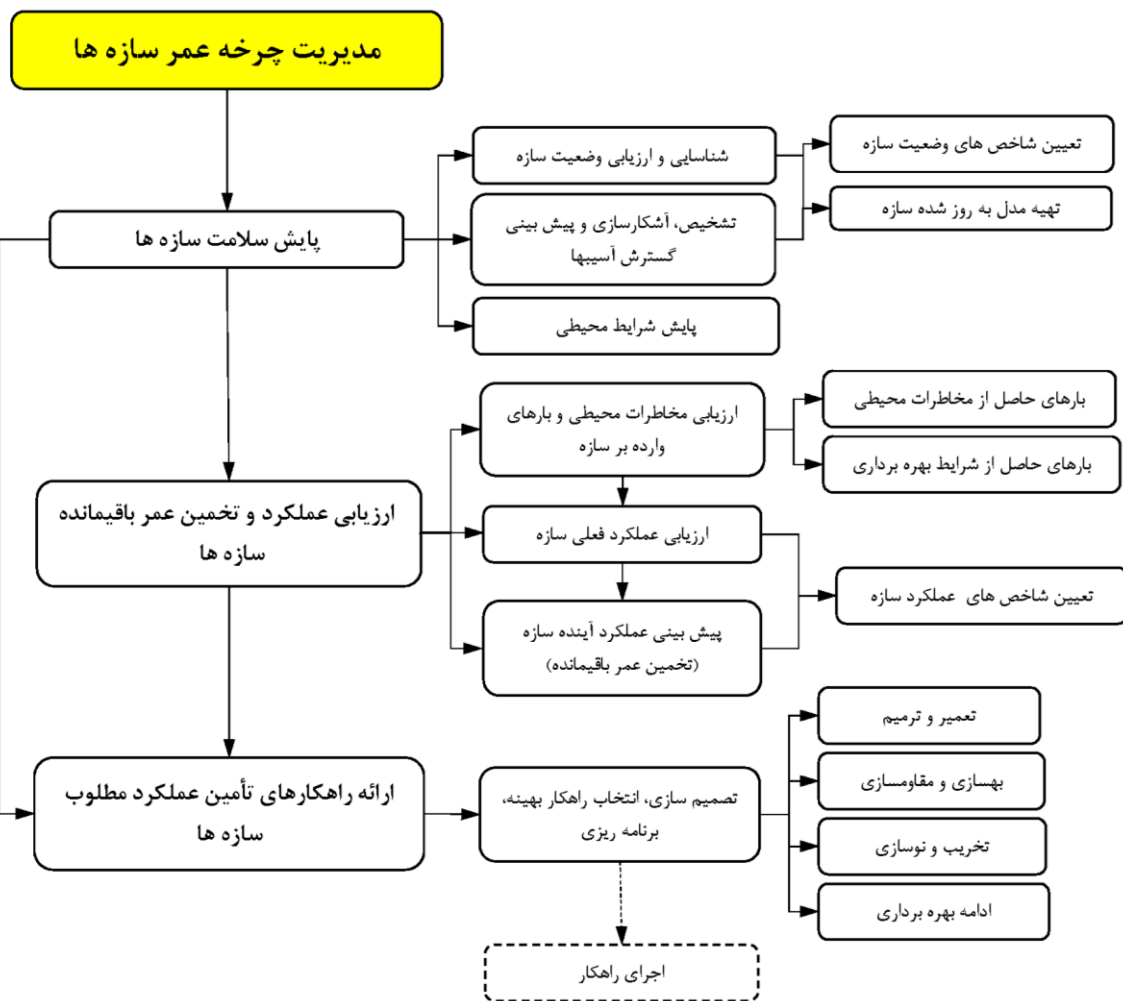
6 - Condition Assessment

7 - Damage Detection and Diagnosis

8 - Damage prognosis

- ارزیابی عملکرد^۹ و تخمین عمر باقیمانده^{۱۰} سازه‌ها در برابر بارهای وارده و مخاطرات محیطی.
 - ارائه راهکارهای رفع یا کاهش آسیب‌ها، جلوگیری از خرابی، تأمین عملکرد مطلوب و افزایش عمر مفید برای سازه‌ها (مانند تعمیر، بهسازی، مقاومسازی، تخریب و نوسازی، ادامه بهره‌برداری و ...)
- به منظور افزایش ایمنی، قابلیت اطمینان و تاب‌آوری آنها.

در شکل ۱ نداشت کلی حوزه‌های فنی مرتبط با موضوع سند ارائه شده است.

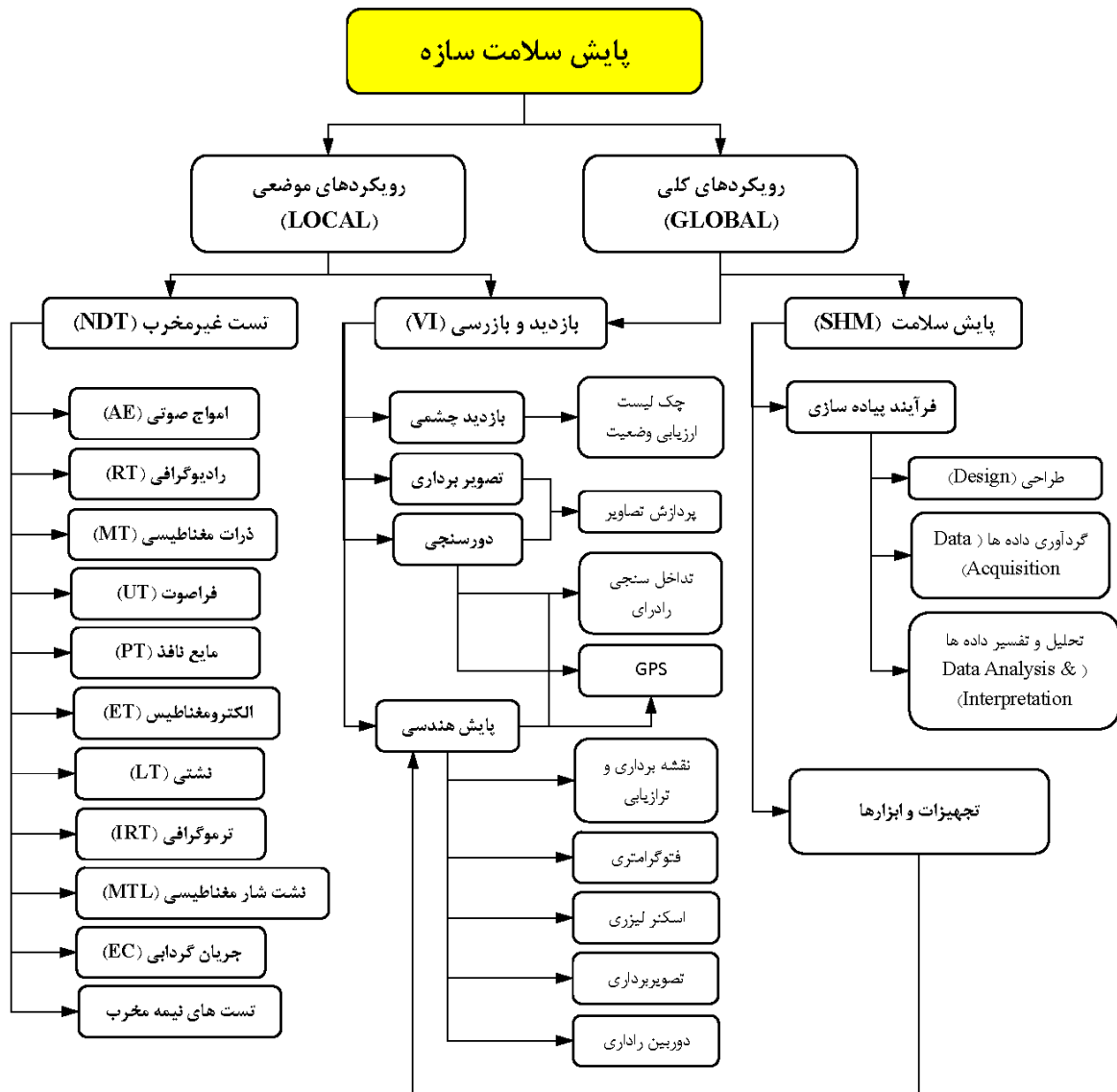


شکل ۱: نداشت کلی حوزه‌های فنی مرتبط با نگهداری و تعمیرات سازه‌ها

نگاشت کلی رویکردهای مختلف پایش سلامت سازه‌ها و اجزای اصلی هریک از آنها نیز در شکل ۲ ارائه شده است.

^۹ - Performance Assessment

^{۱۰} - Remaining (Service) Life Estimation



شکل ۲: نگاهت رویکردها، اجزا و فناوری‌های پایش سلامت سازه‌ها

چشم‌انداز سند توسعه پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق

با اتمک به خداوند متعال و مجاهدت ملی، وزارت نیرو در آفرینش ۱۴۱۰ در راستای تحقق
سند چشم‌انداز خود، با تأکید بر خودآموزی، ارتقای سطح رفاه اجتماعی، و با توسعه و
بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و دانش پیشرفته مبتنی بر نیروی انسانی بومی و ضمن
توجه به مقوله حفظ محیط زیست،
حوزه پایش و وضعیت و سلامت سازه‌های صنعت برق و ارائه راهکارهای تأمین
عکس و مطلوب آنهارا، به منظور کمک به نیل به پایایی مطلوب، کمک به افزایش
تاب‌آوری و عمر مفید سازه‌ها، و کاهش حداقل ۵۰ درصد هزینه‌های نگهداری
سازه‌ها؛ در کشور پیاده‌سازی خواهد نمود.

اهداف کلان سند

اهداف کلان تعیین شده برای تحقق چشم‌انداز این سند به شرح زیر می‌باشد:

- افزایش سطح سازگاری زیست‌محیطی سازه‌های صنعت برق
- کاهش متوسط هزینه سالیانه نگهداری سازه‌های تولید، انتقال و توزیع در سطح کل کشور به میزان حداقل ۵ درصد
- افزایش طول عمر سازه‌های تولید، انتقال و توزیع به میزان حداقل ۲۰ الی ۵۰ درصد متناسب با شرایط محیطی
- کمک به افزایش تاب‌آوری و نیل به پایایی مطلوب شبکه با به حداقل رساندن خرابی سازه‌ها
- اکتساب و توسعه دانش فنی و پیاده‌سازی نظام پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی سازه‌ها در ۳۵ واحد نیروگاهی، ۱۰ درصد شبکه انتقال و فوق توزیع کشور در شرکت‌های برق منطقه‌ای و ۱۰ درصد شبکه توزیع در شرکت‌های توزیع برق؛ بر حسب اولویت

راهبرد کلان سند

راهبرد کلان توسعه پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق به شرح زیر است:
"اکتساب و توسعه دانش فنی، تامین زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و پیاده‌سازی پایش سلامت و نگهداری در سامانه‌ها و سازه‌های اولویت‌دار صنعت برق (جدول ۱)، از طریق توسعه درونزا و یا همکاری فناورانه با تکیه بر توان دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی و استفاده از مشاوره خارجی و داخلی"

جدول ۱: تأسیسات و سازه‌های اولویت‌دار صنعت برق برای توسعه و پیاده‌سازی پایش سلامت و نگهداری

بخش	تأسیسات اصلی به ترتیب اولویت (به تفکیک بخشها)	سازه‌ها به ترتیب اولویت	سبک اکتساب
تولید	نیروگاه حرارتی (بخاری، گازی، ترکیبی)	سازه و فونداسیون سیستم خنک‌کن اصلی	همکاری فناورانه
		فونداسیون توربین و ژنراتور (بخاری و گازی)	همکاری فناورانه
		سازه نگهدارنده بویلر و HRSG	توسعه درونزا
		سازه و اتصالات نگهدارنده لوله‌ها (پایپ رک)	توسعه درونزا
		سازه توربین هال (بخاری و گازی)	توسعه درونزا
		مخازن (سوخت، آب خام، آمونیاک و ...)	توسعه درونزا
		سازه نگهدارنده دودکش	توسعه درونزا
		سازه ساختمان کنترل	توسعه درونزا
		سازه ایستگاه‌های گاز و محوطه سوخت	توسعه درونزا
انتقال و فوق توزیع	نیروگاه بادی	برج و فونداسیون توربین بادی	توسعه درونزا
	خطوط هوایی	دکل‌ها و فونداسیون آنها	توسعه درونزا
	پست‌ها	ساختمان کنترل	توسعه درونزا
		اجزای غیرسازه‌ای پست‌ها (بوشینگ، تجهیزات و...)	توسعه درونزا
		سازه و فونداسیون نگهدارنده تجهیزات پست‌ها	توسعه درونزا
توزیع	خطوط هوایی	گنتری پست‌ها	توسعه درونزا
		پایه‌های توزیع برق	توسعه درونزا
	پست‌ها	پست‌های هوایی توزیع	توسعه درونزا
		ساختمان پست‌های زمینی و زیرزمینی توزیع	توسعه درونزا

اقدامات کلان سند

اقدامات کلان سند در دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی-پژوهشی به شرح زیر می‌باشند:

۱. اقدامات غیرفنی (اقدامات سیاستی-حمایتی و صنعتی-بازار) لازم برای رفع چالش‌های کلی توسعه پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق به تفکیک کارکردهای مختلف نظام نوآوری فناورانه در جداول زیر ارائه شده‌اند:

جدول ۲: چالش‌های کارکرد توسعه و انتشار دانش و اقدامات غیرفنی رفع آنها

چالش‌ها	سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی
ناکافی بودن تحقیقات کاربردی صورت گرفته در حوزه های مرتبط با نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها (بخصوص با رویکرد SHM) در کشور (بخصوص در بخش‌های تولید و انتقال صنعت برق)	<ul style="list-style-type: none"> تعریف پایان‌نامه‌ها و طرح‌های پژوهشی کاربردی در حوزه نگهداری و پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق

سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> • مشارکت در تعریف و انجام پروژه‌های تحقیقات کاربردی مشترک میان صنعت برق و دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی فعال در حوزه‌های مورد نیاز • حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان (مشارکت یا پوشش ریسک) جهت ورود و فعالیت در حوزه‌های مورد نیاز 	<p>نیاز به انجام تحقیقات در زمینه شناسایی و تعیین مشخصات کمی مخاطرات محیطی مؤثر بر سازه‌ها (مانند توفانهای شن و غبار، یخ جوی، فرونشست زمین و ...)</p> <p>تعداد اندک شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها</p>
<p>استفاده از ظرفیت‌های ارتباطی موجود جهت معرفی موضوعات تحقیقاتی مرتبط با نگهداری و پایش سلامت سازه‌های صنعت برق به دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی</p>	<p>عدم آشنایی کافی دانشجویان و اساتید دانشگاه‌ها با موضوعات تحقیقاتی مرتبط با پایش سلامت و نگهداری سازه‌های صنعت برق (بدلیل عدم وجود این مباحث در برنامه‌های درسی)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • استفاده کارآمد از ظرفیت‌های موجود (مشارکت در سمینار، کنفرانس، همایش، انجمن، مجلات و ...) در سایر حوزه‌های مرتبط • برگزاری جلسات هم‌اندیشی 	<p>عدم وجود سمینار، کنفرانس و مجلات تخصصی در زمینه نگهداری و پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق</p>
<p>استفاده از ظرفیت‌های ارتباطی موجود جهت تسهیل بهره‌گیری از دانش پایش سلامت سازه در دانشگاه‌ها و شرکت‌های پیشرو در این حوزه در جهان (حضور و مشارکت در کنفرانس‌های بین‌المللی، انجام فعالیت‌های مشترک تحقیقاتی، اخذ مشاوره علمی و فنی، اعزام متخصصان به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی، برگزاری دوره‌های آموزشی)</p>	<p>عدم وجود مکانیزم ارتباطی مؤثر در بهره‌گیری از دانش تولید شده نگهداری و پایش سلامت سازه در دانشگاه‌های دنیا</p> <p>شکاف بین ایران و کشورهای پیشرو در دانش عملیاتی شده پایش سلامت سازه</p>
<p>مشارکت در ارائه دوره‌های آموزشی میان رشته‌ای پایش سلامت سازه در دانشگاه‌ها</p>	<p>ضعف ارتباط بین رشته‌ای در پایش سلامت سازه‌ها (عمران، برق و مکانیک)</p>
<p>امکان‌سنجی بکارگیری آزمایشگاه‌های موجود و نیازسنجی احداث آزمایشگاه</p>	<p>عدم وجود آزمایشگاه تحقیقاتی در حوزه پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق</p>
<ul style="list-style-type: none"> • استفاده از ظرفیت‌های موجود مدیریت دانش جهت بهره‌گیری از دانش نگهداری و پایش سلامت سازه در سایر صنایع • مشارکت در تکمیل بانک اطلاعاتی محققین (شبکه متخصصین در دانشگاه‌ها، مؤسسات پژوهشی و صنایع) و سامانه‌های موجود مدیریت دانش جهت ثبت دستاوردهای دانشی (علمی و فنی) در حوزه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها • برگزاری جلسات هم‌اندیشی 	<p>ضعف ارتباطات بین دانشگاه‌های مختلف با یکدیگر در حوزه پایش سلامت سازه‌ها در صنعت برق</p> <p>مکانیزم ناکارآمد تبادل دانش مرتبط با پایش سلامت سازه بین صنعت برق با صنایع دیگر</p> <p>عدم وجود بانک اطلاعاتی از تخصص و سوابق افراد (شبکه متخصصین) فعال در حوزه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها (بخصوص در صنعت برق)</p> <p>زنجیره نبودن پایان‌نامه‌ها و کارهای تحقیقاتی در حوزه پایش سلامت سازه در ایران</p> <p>عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در حوزه پایش سلامت سازه‌ها برای عموم محققین، مسئولین و سیاست‌گذاران</p> <p>ارتباط ضعیف در تبادل دانش بین بازیگران (دانشگاه‌ها، مؤسسات پژوهشی و صنعت) در حوزه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها</p> <p>عدم وجود مکانیزم ارتباطی مؤثر جهت استفاده از تحقیقات و دانش تولید شده توسط محققین مختلف در حوزه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها</p> <p>عدم وجود نظام مدیریت دانش در حوزه‌های مرتبط با نگهداری و پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق</p>

جدول ۳: چالش‌های کارکرد کارآفرینی، جهت‌دهی به سیستم و شکل‌دهی به بازار و اقدامات غیرفنی رفع آنها

سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی	چالش
تشکیل واحدی* جهت نظارت بر فعالیت‌ها، رفع مشکلات، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات سند در راستای تحقق اهداف و کاربردی شدن نتایج پروژه‌ها در صنعت برق و تخصیص منابع مدیریتی و نظارتی مورد نیاز برای انجام فعالیتهای آن	نبود مرجعی که بصورت تخصصی به پیگیری و شناسایی مشکلات سازه‌های موجود، ارائه راهکار، تصمیم‌گیری و اقدام برای رفع آنها بپردازد. (بطور خاص در بخش تولید)
<ul style="list-style-type: none"> تدوین قوانین پیشنهادی جهت ایجاد الزام به انجام نگهداری و پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق و ارائه به مراجع ذیصلاح جهت ابلاغ تدوین و ارائه پیشنهاد سازوکار و نظام تشخیص صلاحیت شرکت‌ها جهت ارائه خدمات نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها به بخش‌های مختلف صنعت برق و ارائه به مراجع ذیصلاح جهت تصویب و پیاده‌سازی 	عدم وجود قوانین جهت الزام بکارگیری نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها در صنعت برق بصورت یک محصول خدماتی (بدلیل نیاز به حفظ سازه‌های صنعت برق به عنوان دارایی‌های ملی و ماهیت حاکمیتی آن، الزام باید از سوی دولت ایجاد شود)
تدوین (یا مشارکت در تدوین) دستورالعمل‌های مورد نیاز جهت انجام پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی در سازه‌های صنعت برق و ارائه به مراجع ذیصلاح جهت ابلاغ و نظارت بر حسن اجرای آنها (لحاظ شده در اقدامات فنی)	عدم وجود دستورالعمل برای نگهداری و پایش سلامت سازه‌های بخش تولید برق و عملیاتی نشدن (یا اثربخشی ناکافی) دستورالعمل‌های مرتبط در بخش‌های انتقال و توزیع بطور مؤثر
<ul style="list-style-type: none"> شفاف‌سازی مزایا و منافع (بخصوص از بعد اقتصادی) پیاده‌سازی نگهداری، پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌ها در صنعت برق و میزان خسارات محتمل ناشی از عدم اجرای آن، با انجام تحلیل و ارزیابی ریسک و محاسبه هزینه‌های چرخه عمر سازه‌ها آگاه‌سازی مدیران صنعت برق از مزایای بکارگیری نگهداری و پایش سلامت سازه در صنعت برق از طریق برگزاری سمینارها و همایش‌های تخصصی رابطی جهت در نظر گرفتن شاخص اجرایی کردن دستورالعمل‌های پایش سلامت سازه‌های صنعت برق، در ارزیابی عملکرد مدیران تاسیسات مختلف صنعت برق عضویت و شرکت فعال در کارگروه‌های تخصصی مرتبط با سازه‌های صنعت برق در شرکت‌های مادر تخصصی و تابعه صنعت برق 	<p>عدم آشنایی مدیران و مالکان صنعت برق با مزایای پیاده‌سازی نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها (بخصوص در بخش تولید)</p> <p>عدم وجود فرهنگ هزینه کردن برای پیشگیری از وقوع خرابی در آینده (در حوزه سازه‌ها)</p>
<ul style="list-style-type: none"> اعتماد به عدم وجود آسیب‌ها و مشکلات سازه‌ای، در مدیران و مالکان صنعت برق (بخصوص در بخش تولید) و در نتیجه، عدم احساس نیاز به توسعه و پیاده‌سازی نگهداری و پایش سلامت در سازه‌ها 	توجه ذینفعان صنعت برق به حل مسائل روزمره به جای سرمایه‌گذاری برای آینده (نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها نیز چون اثر مستقیم بر تولید و عرضه روزمره برق نداشته و در دراز مدت اثر خود را نشان می‌دهد لذا در اولویت توجه ذینفعان قرار ندارد)
<ul style="list-style-type: none"> حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و مهندسی جهت ورود و فعالیت در حوزه‌های مورد نیاز (مشارکت یا پوشش ریسک) تجاری‌سازی محصولات و خدمات توسعه یافته در طرح پایش سلامت سازه‌های صنعت برق و ارائه به صنعت 	عدم وجود انگیزه کافی برای تأسیس یا ورود شرکت‌های مهندسی و دانش بنیان در حوزه‌های مرتبط با پایش سلامت و تعمیر و مقاومسازی در سازه‌های صنعت برق

* در حال حاضر این وظیفه بر عهده طرح پایش سلامت سازه‌های صنعت برق قرار دارد.

جدول ۴: چالش‌های کارکرد مقبولیت بخشی و تامین منابع و اقدامات غیرفنی رفع آنها

سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی	چالش	
<ul style="list-style-type: none"> شفاف‌سازی مزایا و منافع (بخصوص از بعد اقتصادی) پیاده‌سازی نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها در صنعت برق و خسارات محتمل ناشی از عدم اجرای آن، با انجام تحلیل و ارزیابی ریسک و محاسبه هزینه‌های چرخه عمر سازه‌ها مشارکت در طراحی مدل‌های مناسب کسب و کار با هدف ترغیب ذینفعان در بخش‌های دولتی و خصوصی برای مشارکت در تامین منابع مالی پیاده‌سازی نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها در بخش‌های مختلف صنعت برق 	<p>عدم تمایل در مدیران و مالکان صنعت برق به سرمایه‌گذاری در حوزه‌های مرتبط با توسعه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها به عنوان یک محصول خدماتی (بخصوص در بخش تولید)</p> <p>عدم شفافیت منافع اقتصادی حاصل از پیاده‌سازی نگهداری و پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق (کاهش خسارات سازه‌ها در آینده به ازای صرف هزینه اولیه در حال) برای ذینفعان و عدم لمس و تحقق این منافع در کوتاه مدت</p> <p>عدم تأثیر مستقیم و قابل لمس پیاده‌سازی خدمات نگهداری و پایش سلامت سازه‌های صنعت برق در فرآیند روزمره تولید و عرضه برق (در کوتاه مدت)</p> <p>در نظر نگرفتن پایش سلامت و مقاوم‌سازی سازه‌ها در ذهن مدیران به صورت یک موضوع استراتژیک و در نتیجه عدم شکل‌گیری ذهنیت و مشروعت کافی در لزوم توسعه دانش و فناوری‌های مربوطه</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> رایزنی با سیاستگذاران به ویژه مدیران وزارت نیرو جهت اولویت‌دهی اجرای پروژه‌های پایش سلامت و مقاوم‌سازی سازه‌ها و تخصیص منابع مورد نیاز از محل درصدی از درآمد و اعتبارات شرکتهای برق رایزنی با ذینفعان (بخصوص شرکتهای مادر تخصصی) جهت تخصیص منابع مورد نیاز رایزنی با صنایع مرتبط (عمدتاً بخش‌های خصوصی) و جلب مشارکت آنها در تامین منابع مورد نیاز توسعه پایش سلامت و مقاوم‌سازی سازه‌های صنعت برق برگزاری همایش‌های ترویجی، انتشار مقالات و بولتن‌های خبری، انجام مصاحبه‌های ترویجی جهت آگاه‌سازی، تبیین و ترویج منافع توسعه فناوری‌های ارزیابی لرزه‌ای و مقاوم‌سازی در راستای شکل‌دهی مشروعت توسعه فناوری 	<p>عدم انجام تعاملات و رایزنی‌های لازم با ذینفعان این حوزه در جهت تامین منابع و زیرساخت‌های توسعه</p>
	<p>مشارکت در برگزاری دوره‌های ضمن خدمت برای مهندسين عمران شاغل در بخش‌های مختلف در صنعت برق، جهت آشنایی با سازه‌های صنعت برق</p>	<p>عدم تربیت نیروی انسانی آشنا به سازه‌های خاص (در صنعت برق) در دانشگاه‌ها و کمبود متخصص سازه و عمران در حوزه‌های مختلف صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع)</p>
	<p>مشارکت در ارائه دوره‌های آموزشی و مشارکت در ارائه واحدهای درسی (اختیاری) میان رشته‌ای پایش سلامت سازه در دانشگاه‌ها</p>	<p>عدم اهتمام دانشگاه‌ها به تربیت دانشجو در حوزه نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها</p>
<p>مشارکت در تهیه نرم‌افزار مورد نیاز پایش سلامت سازه‌های صنعت برق</p>	<p>عدم تولید نرم‌افزارهای تخصصی مربوط به پایش سلامت سازه‌ها در کشور</p>	
<p>مشارکت در تکمیل بانک اطلاعاتی سوابق آسیب‌ها و خرابی‌های سازه‌ای در شبکه برق (تولید، انتقال و توزیع) و ارائه به مسئولین تصمیم‌گیر</p>	<p>عدم وجود یا دسترسی به سوابق و اطلاعات آماری از وقوع آسیب و خرابی در سازه‌های صنعت برق و خسارات جانی و مالی ناشی از آنها</p>	
<p>مشارکت در برگزاری دوره‌های آموزشی جهت آشنایی با نحوه بکارگیری نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای مربوط به نگهداری و پایش سلامت سازه‌ها (تربیت اپراتور و تکنسین‌های پایش سلامت سازه)</p>	<p>ضعف در دانش بکارگیری و استفاده از نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای مربوط به پایش سلامت سازه‌ها</p>	

سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی	چالش
تدوین قوانین پیشنهادی حمایتی و مشوق برای ورود بخش خصوصی به ارائه خدمات نگهداری و پایش سلامت سازه‌های صنعت برق و ارائه به مراجع ذیصلاح جهت ابلاغ	کمبود قوانین حمایتی برای بخش خصوصی برای ارائه خدمات نگهداری و پایش سلامت سازه‌های صنعت برق

۲. اقدامات فنی-پژوهشی لازم برای اکتساب، پیاده‌سازی و توسعه پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های اولویت‌دار صنعت برق:

- طراحی چهارچوب کلی سامانه پایش سلامت و مدیریت نگهداری سازه‌های صنعت برق با هدف یکسان‌سازی ساختار و ایجاد وحدت رویه با فرآیند کلی نگهداری و تعمیرات در صنعت برق (به تفکیک در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع)
- اولویت‌بندی تأسیسات صنعت برق (به تفکیک در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع) و سازه‌های آنها در سطح کشور برای پیاده‌سازی سامانه پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی سازه‌ها بر اساس روش‌های نوین علمی
- اکتساب و توسعه دانش فنی پایش سلامت (شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی آسیب‌ها)، ارزیابی عملکرد و تخمین عمر باقیمانده در سازه‌های صنعت برق (به تفکیک در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع) در برابر مخاطرات محیطی طبیعی و انسانی
- ارائه راهکارهای مقاومسازی و تعمیر در سازه‌های صنعت برق (به تفکیک در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع) و اکتساب دانش فنی مورد نیاز، در راستای بهبود عملکرد و افزایش عمر مفید آنها
- اکتساب دانش فنی مدیریت نگهداری و ابزارهای تصمیم‌یار در خصوص انتخاب رویکردهای بهینه پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی سازه‌های صنعت برق (به تفکیک در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع) با کمترین هزینه و بیشترین منافع در دوره عمر آنها؛ مبتنی بر رویکردهای علمی نوین در نگهداری و تعمیرات
- (مشارکت در) تدوین و بروزرسانی دستورالعمل‌های مرتبط با پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌های صنعت برق
- پیاده‌سازی سامانه پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی در سازه‌های پایلوت صنعتی
- رایزنی با ذینفعان برای پیاده‌سازی سامانه پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی سازه‌ها در تعداد مشخصی از تأسیسات اولویت‌دار صنعت برق در سطح کشور (۳۵ واحد نیروگاهی، ۱۰ درصد شبکه

انتقال و فوق توزیع کشور در شرکت‌های برق منطقه‌ای و ۱۰ درصد شبکه توزیع در شرکت‌های
توزیع برق) به ترتیب اولویت و نظارت بر اجرای آن

فهرست پروژه‌های اجرایی سند

با توجه به جدا بودن متولیان اصلی این حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع در سطح کلان کشور از یک طرف و تفاوت‌های رفتاری و ماهیتی موجود میان سازه‌های هریک از بخش‌های فوق به لحاظ نوع و فرم سازه‌ها، شرایط محیطی و بهره برداری، مخاطرات و بارهای مؤثر بر آنها و رفتار آنها در برابر مخاطرات مؤثر، اجرای سند در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع برق بطور کامل از یکدیگر تفکیک شده‌اند. بر این اساس و با توجه به ساختار اجرایی مصوب برای اسناد توسعه فناوری در پژوهشگاه نیرو، اجرای این سند در قالب سه طرح مجزا در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع مورد نظر قرار گرفت. پروژه‌های اجرایی هریک از طرح‌ها طوری تدوین شده‌اند که ضمن پوشش دادن به کلیه حوزه‌های فنی مورد نظر در سند به منظور تحقق کلیه اهداف و چشم‌انداز آن، حتی‌الامکان از یکدیگر مستقل و بدون همپوشانی بوده، با خواسته و نیازهای صنعت انطباق داشته و قابلیت اجرا (از نظر زمان و مبلغ و متولی انجام) داشته باشند. همچنین طی تعاملات با شرکت‌های مادر تخصصی و سایر ذینفعان صنعت برق، پروژه‌هایی نیز به منظور پاسخگویی به نیازهای عاجل صنعت در هریک از بخش‌های تولید، انتقال و توزیع در طرح‌های مربوطه لحاظ شده است. پروژه‌های ارائه شده، کلان بوده و در هنگام اجرا بر حسب نیازها و مقتضیات روز، می‌توانند به پروژه‌های ریزتر نیز تقسیم شوند.

عناوین طرح‌های سه‌گانه سند و فهرست پروژه‌های اجرایی هریک از آنها به شرح جداول زیر می‌باشند:

جدول ۵: فهرست پروژه‌های طرح "ارزیابی، پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌های بخش تولید"

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	طراحی چهارچوب کلی و معماری سامانه جامع پایش سلامت و مدیریت نگهداری سازه‌های نیروگاهی
۲	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در سازه سیستم خنک‌کن نیروگاه‌های حرارتی و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت
۳	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در فونداسیون توربین-ژنراتور نیروگاه‌های حرارتی و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت
۴	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در سازه‌های توربین‌ها، بویلر و HRSG نیروگاه‌های حرارتی و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت

۵	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در مخازن ذخیره سوخت نیروگاه‌ها و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت
۶	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در سازه‌های ساختمانی نیروگاه‌ها و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت
۷	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در سازه‌های نگهدارنده دودکش و لوله‌ها (پایپ رک‌ها) و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت
۸	توسعه دانش فنی ارزیابی عملکرد و تخمین عمر مفید سازه‌های نیروگاه‌های حرارتی در برابر مخاطرات محیطی بر اساس شاخص‌های قابلیت اطمینان، ریسک و تاب‌آوری و ارائه راهکارهای ایمن‌سازی به همراه تدوین دستورالعمل اجرایی
۹	توسعه دانش فنی و ابزارهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در خصوص مدیریت بهینه نگهداری و تعمیرات سازه‌های نیروگاهی در دوره عمر آنها، بر اساس کمیته‌سازی هزینه چرخه عمر به همراه تدوین دستورالعمل اجرایی
۱۰	پیاده‌سازی و اجرای پایش سلامت، ارزیابی عملکرد، تخمین عمر و ارائه راهکارهای ایمن‌سازی سازه‌ها در ۳ نیروگاه حرارتی دارای اولویت بصورت پایلوت و نظارت بر پیاده‌سازی در سایر نیروگاه بر حسب اولویت
۱۱	ارائه راهکارهای فنی و مدیریتی برای بهینه‌سازی ساخت سازه‌ها نیروگاه‌های حرارتی با هدف کاهش زمان و هزینه ساخت
۱۲	مطالعات نیازسنجی در حوزه دستورالعمل‌ها و آئین‌نامه‌های بومی برای طراحی سازه‌های نیروگاهی و تدوین دستورالعمل‌ها و آئین‌نامه‌های مورد نیاز
۱۳	تدوین دانش فنی شناسایی و پایش اثرات فرونشست زمین بر نیروگاه‌های حرارتی، ارائه راهکارهای ایمن‌سازی و پیاده‌سازی در ۳ نیروگاه دارای اولویت
۱۴	رتبه‌بندی نیروگاه‌های حرارتی کشور بر اساس ریسک زلزله، ارزیابی آسیب‌پذیری و ارائه راهکارهای ایمن‌سازی سازه‌های مهم در ۳ نیروگاه دارای اولویت در برابر خطر زلزله
۱۵	توسعه دانش فنی پایش سلامت سازه با هدف شناسایی سیستم، تشخیص و پیش‌بینی گسترش آسیب‌ها در برج و فونداسیون توربین‌های بادی و ارائه راهکارهای ترمیم و تعمیر آنها به همراه تدوین دستورالعمل و اجرای پایلوت
۱۶	توسعه دانش فنی ارزیابی عملکرد و تخمین عمر مفید برج و فونداسیون توربین‌های بادی در برابر مخاطرات طبیعی بر اساس شاخص‌های ریسک و تاب‌آوری و ارائه راهکارهای ایمن‌سازی به همراه تدوین دستورالعمل اجرایی
۱۷	پیاده‌سازی و اجرای پایش سلامت، ارزیابی عملکرد، تخمین عمر و ارائه راهکارهای ایمن‌سازی سازه‌ها در ۵ توربین بادی دارای اولویت
۱۸	مطالعات امکانسنجی و بکارگیری مواد کامپوزیت در ساخت، ترمیم و مقاوم‌سازی سازه‌های نیروگاهی
۱۹	مطالعات امکانسنجی و بکارگیری مواد نانوساختار در ساخت، ترمیم و مقاوم‌سازی سازه‌های نیروگاهی

جدول ۶: فهرست پروژه‌های طرح "ارزیابی، پایش سلامت و مقاوم‌سازی سازه‌های بخش انتقال"

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	ارزیابی ریسک‌های موجود در سازه‌های انتقال کشور و برآورد میزان تغییرات مورد انتظار ریسک از طریق پیاده‌سازی سیستم پایش سلامت سازه
۲	امکانسنجی، طراحی، ساخت و آزمون دکل تلسکوپی کامپوزیتی ۶۳ کیلوولت دو مداره آویزی انتقال
۳	طراحی، ساخت و انجام آزمونهای استاندارد یک نمونه مقرر خودکراس آرم کامپوزیتی دکل انتقال نیروی تلسکوپی ۶۳ کیلوولت آویزی
۴	بررسی فنی و اقتصادی ساخت دکلهای موقت شبکه انتقال نیرو با مصالح کامپوزیت و آلومینیوم و طراحی، ساخت و

آزمون رده ولتاژی ۶۳-۱۳۲ و ۲۳۰-۴۰۰ با توجه به انتخاب گزینه برتر	
۵	تدوین دانش فنی ارزیابی عمر باقیمانده دکل های انتقال نیرو ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت و اجرای یک نمونه پایلوت
۶	جلوگیری از خسارات ناشی از فرونشست زمین در سازه‌های خطوط و پست‌های انتقال و فوق توزیع (در حال بهره‌برداری و طرح توسعه آتی)
۷	بررسی و ارائه راهکارهای جلوگیری از سرقت نبشی دکل‌های مشبک خطوط انتقال نیرو
۸	تدوین ضوابط و الزامات طراحی، ساخت، بهره‌برداری و آزمون‌های دکل‌های بتنی خطوط انتقال و فوق توزیع
۹	مقاوم سازی دکل های انتقال و فوق توزیع نیرو جهت افزایش ظرفیت سطح ولتاژ خطوط
۱۰	تدوین دستورالعمل طراحی، ساخت و آزمون کراس آرم کامپوزیتی دکل‌های خطوط انتقال
۱۱	بررسی فنی و ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ترانس‌های جریان و ولتاژ و ارائه راهکارهای مقاوم‌سازی برای ارتقای عملکرد لرزه‌ای آنها
۱۲	تحلیل داده‌های خسارات وارد شده به سازه‌های شبکه انتقال برق (ناشی از مخاطرات جوی، زمینی و انسانی منجر شده به ترمیم و یا تعویض در کشور) به منظور اولویت بندی اجرا و طراحی چهارچوب کلی و معماری سامانه و جامع ارزیابی، پایش سلامت و مقاوم سازی سازه‌های انتقال برق
۱۳	طراحی سامانه جامع ارزیابی، پایش سلامت و ارائه راهکارهای مقاوم سازی پست های انتقال و تدوین دستورالعمل های مرتبط و اجرای پایلوت
۱۴	اجرای پایلوت ارزیابی عمر باقیمانده دکل های انتقال نیرو ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت انتقال برق و ارائه راهکارهای مقاوم سازی
۱۵	افزایش تاب آوری و بهبود چرخه عمر سازه های خطوط انتقال نیرو با بکارگیری مواد نانو ساختار و اجرای نمونه پایلوت
۱۶	امکان سنجی و بررسی گزینه‌های مختلف سرپوشیده نمودن پست‌های انتقال با رویکرد پدافند غیر عامل و حفاظت از مخاطرات محیطی و اجرای یک نمونه پایلوت ۱۳۲ کیلوولت

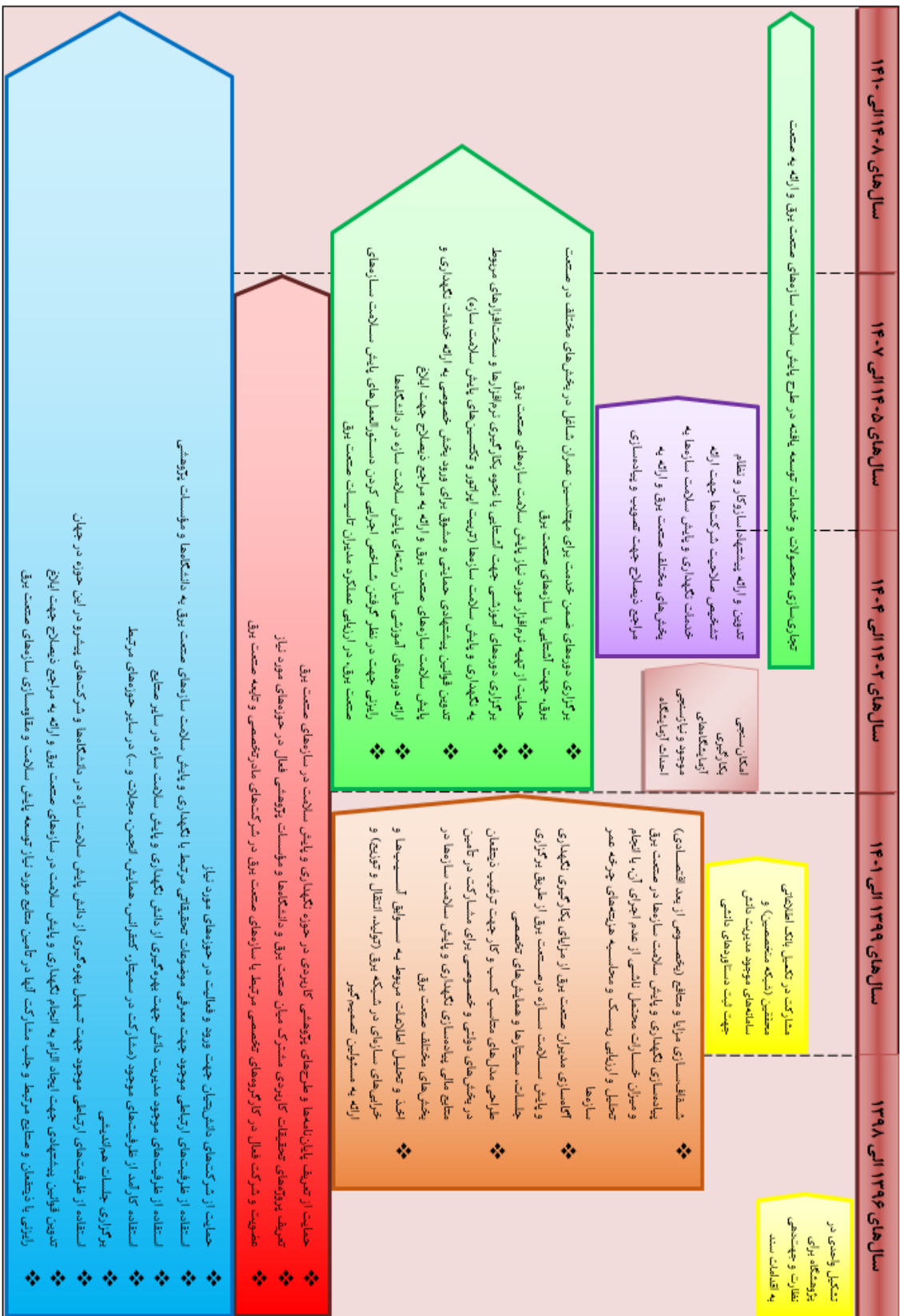
جدول ۷: فهرست پروژه‌های طرح "ارزیابی، پایش سلامت و مقاوم‌سازی سازه‌های بخش توزیع"

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	شناسایی راهکارها و فناوری‌های نوین به منظور افزایش کیفیت و عمر مفید پایه‌های شبکه توزیع
۲	تهیه بانک اطلاعاتی جامع وضعیت پایه های هوایی نصب شده در شبکه های توزیع کشور و نحوه پراکندگی آنها بر روی بستر GIS و تحلیل آماری داده ها
۳	تدوین دانش فنی و ارائه روش‌های تشخیص آسیب‌ها، ارزیابی وضعیت و تخمین عمر مفید در پایه‌های هوایی شبکه توزیع و ارائه راهکارهای تعمیر و مقاوم‌سازی آنها به همراه تدوین یا بروزرسانی دستورالعمل‌های مرتبط
۴	اصلاح فرآیندهای طراحی، ساخت و نصب پایه‌های هوایی شبکه توزیع و روشنایی با هدف افزایش کیفیت و عمر مفید آنها به همراه به‌روزرسانی دستورالعمل‌های مرتبط
۵	نظارت عالی بر انجام ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه توزیع برق کشور در برابر زلزله و ارائه طرح‌های مقاوم‌سازی
۶	ارائه روش‌های تشخیص آسیب‌ها، ارزیابی وضعیت و تخمین عمر مفید در پست‌های هوایی، زمینی و زیرزمینی شبکه توزیع و روشنایی و راهکارهای تعمیر و مقاوم‌سازی آنها به همراه تدوین دستورالعمل
۷	ارائه روش‌های تشخیص آسیب‌ها، ارزیابی وضعیت و تخمین عمر مفید در سازه و فونداسیون ساختمان‌های مهم شبکه توزیع (ساختمان کنترل، دیسپاچینگ و مدیربرت بحران) شبکه توزیع و روشنایی و راهکارهای تعمیر و مقاوم‌سازی آنها به همراه تدوین دستورالعمل
۸	توسعه ابزارهای کاربردی ارزیابی عملکرد سازه‌های شبکه توزیع برق در برابر مخاطرات طبیعی بر اساس شاخص‌های قابلیت اطمینان و ریسک
۹	توسعه دانش فنی و ابزارهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در خصوص مدیریت بهینه ساخت و نگهداری سازه‌های شبکه

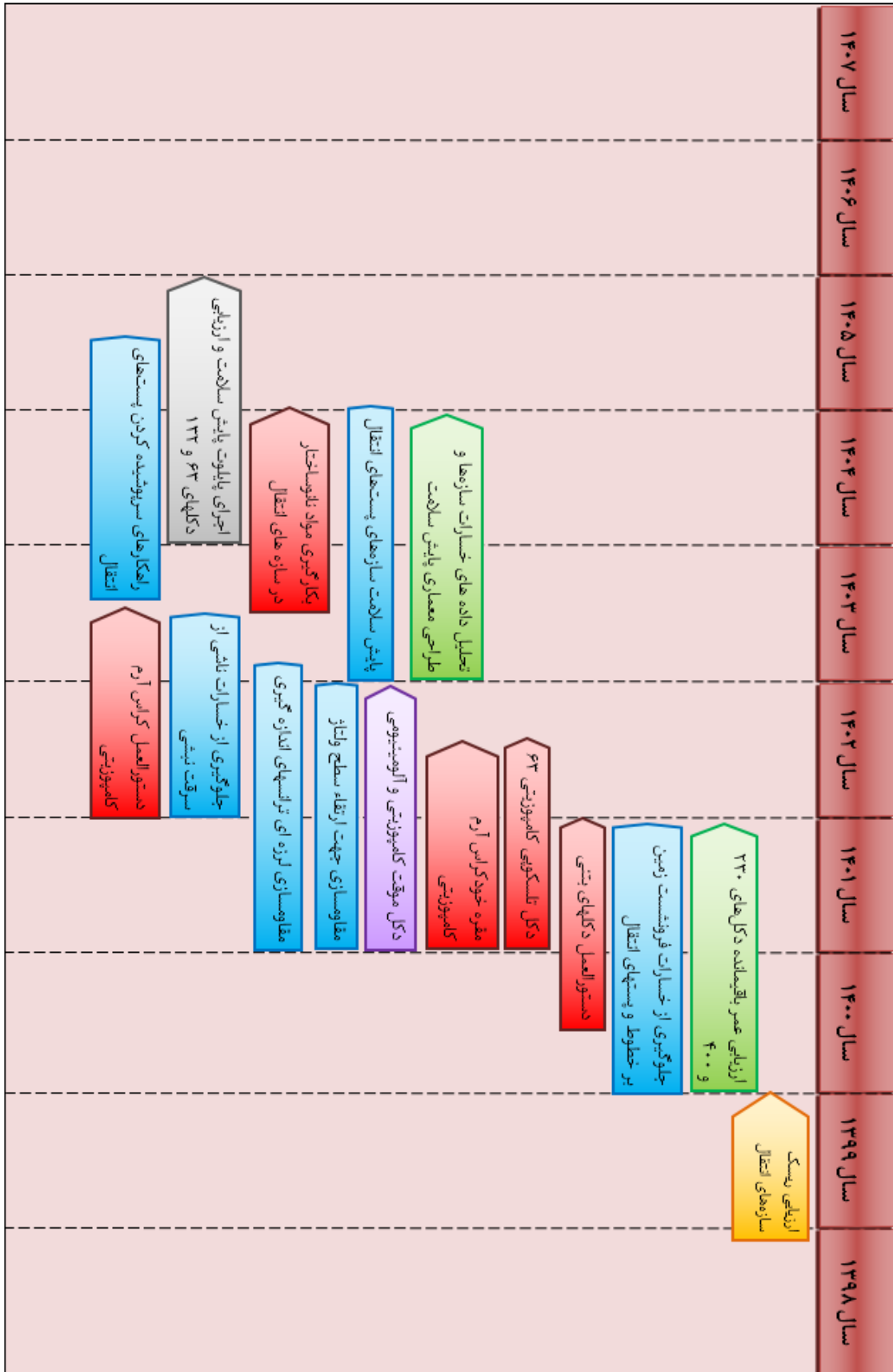
توزیع در دوره عمر آنها (ارزیابی وضعیت، مقاومسازی یا تعویض)، بر اساس کمیته‌سازی هزینه چرخه عمر و تدوین دستورالعمل‌های مرتبط	
پیاده‌سازی و اجرای پایش سلامت، ارزیابی عملکرد، تخمین عمر و ارائه راهکارهای ایمن‌سازی سازه‌های شبکه توزیع در ۵ فیدر توزیع دارای اولویت بصورت پایلوت و نظارت بر پیاده‌سازی در سایر فیدرها بر حسب اولویت	۱۰
تدوین دانش فنی و دستورالعمل طراحی، ساخت و آزمون نوعی پایه‌های نوین شبکه توزیع	۱۱
بررسی انواع روش‌های جدید امحاء، بازیافت و بکارگیری مجدد مصالح پایه‌های توزیع فرسوده	۱۲

رهنگاشت (نقشه‌راه) توسعه پایش سلامت سازه‌های صنعت برق

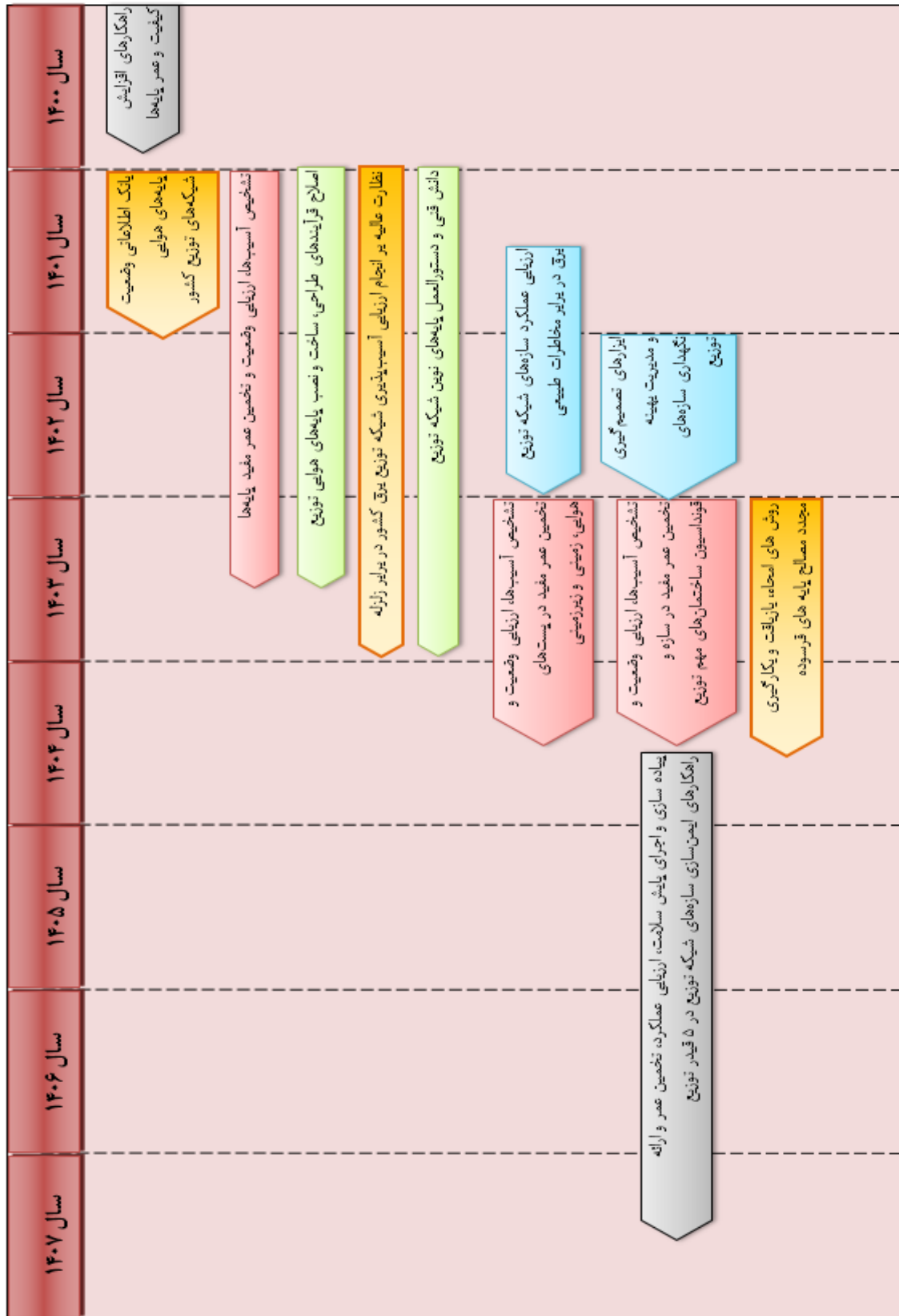
رهنگاشت‌های توسعه پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم و در اشکال ۳ الی ۶ نشان داده شده‌اند. این رهنگاشت‌ها شامل نقشه راه توسعه نظام نوآوری پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی) و نیز نقشه راه طرح‌های سه‌گانه توسعه پایش سلامت در سازه‌های صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی و پروژه‌ها در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع برق) است. در این رهنگاشت‌ها، عناوین اقدامات غیرفنی و پروژه‌های فنی مورد نیاز (به تفکیک در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع) به همراه بازه زمانی انجام و تقدم و تأخر آنها بصورت ترسیمی در افق زمانی ۱۰ ساله سند مشخص شده‌اند.



شکل ۳: ره‌نگاشت توسعه نظام پایش سلامت و نگهداری در سازه‌های صنعت برق (اقدامات غیرفنی)



شکل ۵: ره‌نگاشت پروژه‌های طرح ارزیابی، پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌های بخش انتقال



شکل ۶: ره‌نگاشت پروژه‌های طرح ارزیابی، پایش سلامت و مقاوم‌سازی سازه‌های بخش توزیع

شاخص‌های ارزیابی عملکرد و اثربخشی اقدامات سند

شاخص، استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. در این بخش شاخص‌های کلان عملکردی و اثربخشی سند طراحی و در جدول ۸ ارائه شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند را بررسی و ارزیابی نمود. لازم به ذکر است که اصلی‌ترین منفعت حاصل از توسعه و پیاده‌سازی نظام پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی سازه‌های صنعت برق، کاهش پی‌آمدهای حاصل از خسارات سازه‌ای (شامل انواع پی‌آمدهای مستقیم اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و انسانی و پی‌آمدهای غیرمستقیم حاصل از اخلاف در سرویس‌دهی شبکه برق) و بهینه‌سازی هزینه‌های نگهداری سازه‌ها خواهد بود که اثربخشی آن اساساً در بازه زمانی بلندمدت حاصل خواهد شد. با این وجود، سعی شده که در این بخش، شاخص‌هایی معرفی گردند که بتوان در افق زمانی ۱۰ ساله سند، میزان پیشرفت و اثربخشی اقدامات و پروژه‌های مربوطه را ارزیابی نمود.

جدول ۸: شاخص‌های ارزیابی عملکرد و اثربخشی سند

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	کاهش هزینه نگهداری سازه‌های صنعت برق	متوسط هزینه سالانه نگهداری سازه‌ها (شامل هزینه تعمیرات پیشگیرانه، هزینه تعمیرات اصلاحی پس از حوادث و هزینه‌های غیرمستقیم ناشی از حوادث) در یک بازه زمانی زیاد (مثلاً ۱۰ سال) قبل از سال پایه (سال شروع واقعی سند که می‌تواند ۱۳۹۹ یا ۱۴۰۰ منظور شود) و در انتهای افق زمانی سند نیز تعیین می‌شود که مقدار اخیر باید حداقل ۵ درصد نسبت به مقدار اولیه خود کاهش داشته باشد.
۲	طول عمر سازه‌های تولید، انتقال و توزیع	از زمان پیاده‌سازی نتایج سند، باید طول عمر مفید سازه‌های صنعت برق (بر اساس تخمین محاسباتی) ۲۰ الی ۵۰ درصد افزایش یابد. بطوریکه ارزش افزوده حاصله نسبت به هزینه انجام فعالیت‌های سند توجیه داشته باشد.
۳	تاب‌آوری سازه‌های تولید، انتقال و توزیع	از زمان پیاده‌سازی نتایج سند، باید شاخص‌های تاب‌آوری سازه‌های صنعت برق (بر اساس محاسبه) در برابر مخاطرات محیطی افزایش یابد. بطوریکه کاهش هزینه و زمان بازایی سازه‌ها در صورت وقوع خرابی نسبت به هزینه انجام فعالیت‌های سند توجیه داشته باشد.
۴	پیاده‌سازی پایش سلامت، نگهداری و مقاومسازی در سازه‌های صنعت برق کشور	پیاده‌سازی در ۳۵ واحد نیروگاهی
		پیاده‌سازی در ۱۰ درصد سازه‌های شبکه انتقال
		پیاده‌سازی در ۱۰ درصد سازه‌های شبکه توزیع

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۵	دستیابی به دانش فنی و بومی‌سازی فناوریهای نوین پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌های صنعت برق	دانش فنی و بومی‌سازی ۶ مورد از فناوری‌های نوین
۶	تدوین یا به‌روزرسانی دستورالعمل‌های مرتبط با پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌های صنعت برق	تدوین یا به‌روزرسانی ۱۵ دستورالعمل‌های مرتبط
۷	تدوین قوانین پیشنهادی جهت ایجاد الزام به انجام نگهداری و پایش سلامت و مقاومسازی سازه‌های صنعت برق	تدوین حداقل ۳ قانون (یا بخشنامه درون صنعت) پیشنهادی