طراحی، پیاده‌سازی و توسعه مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق

چکیده گزارش سیاستی:

صنعت برق، به‌ویژه در حوزه توزیع، با توجه به رشد روزافزون نیازها و تقاضای مصرف، با محدودیت منابع و چالش‌های متعددی مواجه است. در این راستا، هوشمندسازی سیستم توزیع برق به‌عنوان راهکاری مؤثر و ضروری برای ارتقای بهره‌وری، بهبود عملکرد و پاسخگویی به نیازهای آینده مطرح می‌شود. این گزارش ضمن بررسی ضرورت‌های هوشمندسازی در شرکت‌های توزیع برق، مبانی طراحی و پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق کشور را به‌عنوان چارچوبی جامع و کارآمد معرفی می‌کند. مدل مذکور با توجه به ابعاد فنی، سازمانی و مدیریتی، به بررسی روندهای کلیدی مانند پایش هوشمند سیستم، پردازش داده‌ها، پیش‌بینی وضعیت آینده و بهینه‌سازی اقدامات فنی و غیرفنی پرداخته و بر اهمیت ایجاد یک سیستم یکپارچه و هماهنگ در تمامی بخش‌ها تأکید دارد. از ویژگی‌های بارز این مدل می‌توان به جامعیت، انطباق با شرایط ویژه شرکت‌های توزیع برق کشور و قابلیت سفارشی‌سازی آن بر اساس نیازهای محلی اشاره کرد. در نهایت، این مدل با توجه به پویایی و تکامل‌پذیری، امکان به‌روزرسانی مستمر و انطباق با تحولات فناورانه را فراهم می‌آورد تا به اهداف استراتژیک شرکت‌های توزیع برق در سطح ملی و بین‌المللی دست یابد.

شناسنامه گزارش سیاستی

عنوان گزارش	طراحی، پیاده‌سازی و توسعه مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق
حوزه تخصصی	صنعت توزیع برق
مخاطبان اصلی	وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر
سفارش‌دهنده	شرکت مادر تخصصی توانیر
نویسندگان	محمدرضا صفری (mrsafari@nri.ac.ir)، حسین کرمی، کامران غفاری، سارا خیامیم، لیلا عبدی، سارا حسین‌پور، طیبه قربانی، آوا زند
ناظر	معاونت فناوری و نوآوری پژوهشگاه نیرو
پژوهشکده، گروه پژوهشی	پژوهشکده توزیع، گروه پژوهشی برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم قدرت
تاریخ مطالعه	اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۴

۱- مقدمه و ضرورت

افزایش اهمیت روزافزون صنعت برق و تبلور خدمت‌رسانی آن در مواجهه شرکت‌های توزیع برق با مشترکین از یک‌سو و توسعه سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و سازمان افزاری این شرکت‌ها از سوی دیگر باتوجه‌به محدودیت منابع (انسانی، مالی، تجهیزاتی، قانونی، مدیریتی) موجب گردیده مدیریت استفاده بهینه از منابع محدود در مقابل نیازهای نامحدود به‌گونه‌ای صورت گیرد که منجر به هم‌افزایی مطلوب شود. در این راستا توجه متناسب و متوازن به تمام حوزه‌ها و بخش‌های سیستم توزیع برق و همچنین طراحی نقشه راه[۱] گذار توأم، هماهنگ، متناسب و متوازن تمام حوزه‌ها و بخش‌های سیستم توزیع برق از وضع موجود به وضع مطلوب قابل‌تحقق، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

برخی از ویژگی‌های فنی و سازمانی حاکم بر شرایط کنونی شرکت‌های توزیع برق کشور نسبت به زمانی که مدیریت آن‌ها با روش‌های سنتی قابل‌قبول بود به شرح ذیل است:

- توسعه دارایی‌های فیزیکی
- توسعه مشترکین
- توسعه فناورهای فنی و غیرفنی
- افزایش توانمندی‌های سازمانی
- افزایش چالش‌های صنعت برق
- افزایش خسارت خاموشی مشترکین
- افزایش روزافزون حکمرانی داده
- افزایش و پیچیده‌تر شدن فرایندهای درون‌سازمانی و برون‌سازمانی
- تفاوت قابل‌توجه شرایط اقلیمی، جمعیتی، الکتریکی (وضعیت شبکه توزیع، فوق توزیع و انتقال)

موضوع حائز اهمیت در این راستا این است که علاوه بر ویژگی‌های فوق و محدودیت منابع (انسانی، مالی، تجهیزاتی، قانونی، مدیریتی) انتظار می‌رود شرکت‌های توزیع برق وظایف محوله و مأموریت‌های خود را با تأمین مطلوب موارد ذیل به انجام رسانند:

- بهبود قابلیت اطمینان تأمین برق مشترکین
- بهبود تاب‌آوری شبکه توزیع برق و سازمان متولی آن
- بهبود کیفیت توان برق تحویل داده شده به مشترکین
- تسهیل تردد عابران و اتومبیل‌ها، توسعه امنیت اجتماعی و زیباسازی معابر با تأمین روشنایی لازم
- بهبود بهره‌وری سازمانی
- عملکرد اقتصادی
- توسعه نهادهای جانبی
- توسعه زیست‌بوم فناوری و نوآوری صنعت توزیع برق

در این شرایط تأمین مطلوب یا حداقل قابل‌قبول نیازهای نامحدود با استفاده از منابع محدود موجود نیازمند مصالحه[۲] هوشمند در خصوص تمامی ابعاد سیستم توزیع برق است. منظور از سیستم توزیع برق مجموع ۶۷ بخشی است که مطابق شکل (۱) در ۱۰ حوزه قابل‌طبقه‌بندی هستند.

[1] Roadmap
[۲] Trade off



شکل ۱: حوزه‌ها و بخش‌های مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق

راه‌حل اجتناب‌ناپذیر انجام مجموع موارد فوق‌الذکر، هوشمندسازی سیستم توزیع برق است که مشتمل بر ابعاد، مراحل و موارد ذیل خواهد بود:

۱-۱- پایش هوشمند سیستم (تولید داده‌ها و اطلاعات لازم)

تولید، انتقال، ذخیره‌سازی و توزیع داده‌ها و اطلاعات موردنیاز برای شناسایی وضعیت فعلی و پیش‌بینی وضعیت آتی تجهیزات، تأسیسات، سامانه‌ها و سایر اجزای سیستم توزیع برق، در قالب مؤلفه‌ای از مدل ملی هوشمندسازی با عنوان «پایش هوشمند سیستم» انجام خواهد شد.

در چارچوب پایش هوشمند سیستم، داده‌ها و اطلاعات جامع، اعم از الکتریکی و غیرالکتریکی و درون‌سازمانی و برون‌سازمانی، به‌صورت مستمر، به‌روز و برخط رصد و پایش خواهند شد. همچنین، در سیستم هوشمند، حجم گسترده‌ای از داده‌ها و اطلاعات با رعایت استانداردها و الزامات مرتبط، به‌منظور تسهیل فرایندهای ذخیره‌سازی و توزیع و تضمین امنیت آن‌ها، مدیریت خواهد شد.

۱-۲- مدیریت هوشمند اطلاعات

مدیریت هوشمند اطلاعات به مجموعه‌ای از فرآیندها اطلاق می‌شود که شامل جمع‌آوری، ذخیره‌سازی امن، تلفیق و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها برای بهبود عملکرد سیستم‌ها و فرآیندها است. این فرآیندها شامل جمع‌آوری داده‌های دقیق از منابع مختلف مانند سنسورها و پایگاه‌های داده، ذخیره‌سازی امن آن‌ها برای حفاظت از اطلاعات حساس و تلفیق داده‌های استاتیک (مانند مشخصات و محل نصب تجهیزات) و دینامیک (مانند وضعیت مصرف انرژی) به‌منظور تحلیل و تصمیم‌گیری بهینه است. همچنین، امنیت داده‌ها از طریق رمزنگاری و مدیریت دسترسی به‌طور دقیق تضمین می‌شود و تعامل یکپارچه با دیگر سیستم‌ها و سازمان‌ها برای تبادل اطلاعات و بهینه‌سازی تصمیمات و منابع ضروری است. این رویکرد، موجب بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و تسهیل تصمیم‌گیری‌های دقیق در سطح کل کشور یا سازمان‌ها می‌شود.

۱-۳- مدل‌سازی، پردازش سریع، صحیح و یادگیرنده

حجم زیاد داده‌ها و اطلاعات و نیاز به تشخیص سریع و صحیح آن‌ها مستلزم بهره‌گیری از مدل‌ها و روش‌های نوین است. در این راستا، استفاده از الگوریتم‌های یادگیرنده شرایط لازم برای پیش‌بینی شرایط آتی را فراهم می‌کند.

۱-۴ - تشخیص صحیح وضعیت سیستم و پیش‌بینی شرایط آتی

نتیجه مورد انتظار از فرایندهای «پایش هوشمند سیستم» و «پردازش سریع، صحیح و یادگیرنده» این است که بتوان تشخیص صحیح از وضعیت‌های الکتریکی و غیر الکتریکی سیستم توزیع برق حاصل نمود. پیش‌بینی شرایط آتی از ویژگی‌های مهم هوشمندی یک سیستم است که در مدل ملی هوشمندسازی به‌طور ویژه موردتوجه قرار گرفته است.

۱-۵ - اتخاذ تصمیمات منجر به افزایش بهره‌وری

باتوجه‌به گستردگی و هزینه‌بربودن پروژه‌های احداث، بهره‌برداری، توسعه، اصلاح و بهینه‌سازی عناصر سیستم توزیع برق از یک‌سو و محدودیت منابع از سوی دیگر، اتخاذ تصمیمات چندبعدی، دارای ارزش‌افزوده، امکان‌پذیر و منتهی بر افزایش بهره‌وری امری اجتناب‌ناپذیر و الزامی است.

۱-۶- انجام هوشمندانه اقدامات لازم

ازآنجاکه اقدامات فنی و غیرفنی موردنیاز برای بهبود عملکرد سیستم توزیع برق متعدد و مستلزم هزینه‌های قابل‌توجهی هستند، ضروری است این اقدامات با پرهیز از رویکردهای غیرسیستماتیک و در چارچوب فرایندهای بهینه‌سازی‌شده برنامه‌ریزی و اجرا شوند. همچنین، پایش متغیرهای کلیدی سیستم باید به‌گونه‌ای انجام شود که امکان رؤیت‌پذیری و کنترل‌پذیری آن فراهم گردد. رعایت قوانین، ضوابط و استانداردهای مرتبط در اجرای این اقدامات نیز از الزامات اساسی است. افزون بر این، با توجه به توسعه مستمر ابعاد و ویژگی‌های سیستم توزیع برق، لازم است قابلیت تکامل‌پذیری و انطباق با تغییرات آتی در طراحی و پیاده‌سازی سیستم موردنظر لحاظ شود.

۱-۷- نظارت، کنترل و هدایت مؤثر

با توجه به گستردگی سیستم توزیع برق و موضوعات مربوطه، تعدد اقدامات فنی و غیرفنی الکتریکی و غیرالکتریکی و همچنین دیدگاه‌های مختلف ذی‌نفعان که دارای اهداف و منافع مختلف هستند ضروری است اقدامات مذکور از منظر رعایت الزامات فنی- تخصصی، مالی، اجتماعی، زیست‌محیطی، حقوقی و مدیریتی مورد پایش و ارزیابی قرار گیرند و در مواقع ضروری اقدامات کنترلی و هدایت‌کننده متناسب اتخاذ شود.

۱-۸- مدیریت هوشمند

تنوع ابعاد سیستم توزیع برق، پیچیدگی فرایندهای فنی و غیرفنی، تعدد ذی‌نفعانی که دارای اهداف و منافع متفاوت هستند، ضرورت توجه به شرایط حال و پیش‌بینی صحیح و دقیق شرایط کوتاه‌مدت – میان‌مدت – بلندمدت در ارکان صف و ستاد شرکت توزیع، توجه به ویژگی محلی، منطقه‌ای و ملی اقدامات موردنیاز؛ ایجاب می‌نماید با بهره‌گیری از مدل مدیریت هوشمندی که موجب بهره‌وری و تعالی‌بخشی سیستم گردد امکان تبلور سازمانی پیشرو، نوآور و خلاق را فراهم نمود.

ابعاد و مراحل هشت‌گانه فوق‌الذکر در شکل (۲) نشان داده شده است. توجه به ارتباط منسجم این مراحل و اهداف کلیدی هر مرحله حائز اهمیت است.



شکل ۲: ابعاد و مراحل هوشمندسازی سیستم توزیع برق

۲- اهم موضوعات موردتوجه در مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق

۲-۱- پایش[۳]: به معنای فرآیند مداوم جمع‌آوری، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و نظارت بر وضعیت سیستم‌ها، فرایندها یا فعالیت‌ها برای شناسایی تغییرات، ارزیابی عملکرد و اتخاذ تصمیمات مناسب است. این فعالیت معمولاً با هدف اطمینان از مطابقت با استانداردها، هدف‌ها، یا معیارهای مشخص‌شده صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر پایش به رصد و بررسی مستمر وضعیت، عملکرد و تغییرات در یک سیستم یا فرآیند برای شناسایی مسائل، مشکلات یا فرصت‌ها جهت اصلاح و بهبود عملکرد گفته می‌شود. این فرآیند شامل جمع‌آوری داده‌ها از منابع مختلف (مانند حسگرها، گزارش‌ها یا داده‌های سیستم‌های نرم‌افزاری)، تحلیل آن‌ها و گزارش‌دهی برای ارائه تصویر واقعی از وضعیت موجود است.

۲-۲- حکمرانی داده[۴]: به مجموعه‌ای از سیاست‌ها، فرآیندها، استانداردها و مسئولیت‌ها اطلاق می‌شود که برای مدیریت و نظارت بر داده‌ها در یک سازمان ایجاد می‌شود تا اطمینان حاصل شود که داده‌ها به‌طور مؤثر، امن و مطابق با قوانین و مقررات مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف اصلی حکمرانی داده، اعتماد به داده‌ها، یکپارچگی، امنیت و بهبود کیفیت داده‌ها است تا داده‌ها به منابعی ارزشمند و قابل‌اتکا برای تصمیم‌گیری های استراتژیک و عملیاتی تبدیل شوند. به عبارت دیگر حکمرانی داده یک چارچوب ساختاری است که با هدف نظارت، کنترل و تضمین کیفیت، امنیت و دسترسی به داده‌ها در سازمان‌ها ایجاد می‌شود. این فرآیند شامل استانداردسازی، مستندسازی، شفاف‌سازی و مسئولیت‌پذیری در رابطه با داده‌هاست، به‌طوری که تمام داده‌های موجود در سازمان به صورت صحیح، در دسترس، امن و مورد تأیید برای استفاده در تصمیم‌گیری‌های مختلف، پردازش و تحلیل شوند.

۲-۳- داده‌کاوی[۵]: یک فرآیند تحلیلی و خودکار است که هدف آن کشف الگوها، روابط و اطلاعات پنهان در مجموعه‌های بزرگ داده‌ها است. این فرآیند از روش‌ها و الگوریتم‌های آماری، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای استخراج اطلاعات مفید و معنادار از داده‌ها استفاده می کند. داده‌کاوی به سازمان‌ها کمک می‌کند تا الگوهای غیرقابل مشاهده را شناسایی کرده و از آن‌ها برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک، پیش‌بینی

[۳] Monitoring
[۴] Data Governance
[۵] Data Mining

روندها و بهینه‌سازی فرآیندها استفاده کنند. به عبارت دیگر داده‌کاوی فرآیند کشف الگوهای معنادار در مجموعه‌های بزرگ و پیچیده داده‌ها است که با استفاده از تکنیک‌های مختلف تحلیل داده، الگوریتم‌های آماری، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی انجام می‌شود. این فرآیند شامل جستجو، استخراج و تحلیل داده‌ها با هدف شناسایی الگوها، روابط پنهان و بینش‌های جدید است که می‌توانند برای پیش‌بینی، تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی در کسب‌وکارها یا تحقیقات علمی مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۴- یادگیری ماشینی[۶]: یادگیری ماشین به فرایند طراحی و توسعه الگوریتم‌ها و مدل‌ها اطلاق می‌شود که می‌توانند از داده‌ها به‌طور خودکار یاد بگیرند و به مرور زمان با استفاده از داده‌های جدید بهبود یابند. این الگوریتم‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که به‌طور خودکار از تجربیات (داده‌ها) الگوهایی را شناسایی کنند و بر اساس آن‌ها پیش‌بینی، طبقه‌بندی، یا تصمیم‌گیری کنند، بدون اینکه نیاز به برنامه‌نویسی دقیق و دستورالعمل‌های صریح داشته باشند.

۲-۵- رؤیت‌پذیری[۷]: رؤیت‌پذیری در شبکه‌های توزیع برق عبارت است از توانایی جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها از تمام بخش‌های شبکه به‌منظور فراهم کردن اطلاعات لحظه‌ای، دقیق و جامع برای تصمیم‌گیری‌های سریع و بهینه در مورد مدیریت بار، پیشگیری از خرابی‌ها و پاسخ به شرایط اضطراری. این فرآیند شامل دریافت اطلاعات از منابع مختلف نظیر تجهیزات شبکه (ترانسفورماتورها، مدارهای برق، تجهیزات حفاظتی)، مصرف‌کنندگان (پست‌ها، مشترکان) و شرایط محیطی است که از طریق سیستم‌های نظارتی، حسگرها و تجهیزات اندازه‌گیری هوشمند در شبکه جمع‌آوری می‌شود.

مایلستون: مایلستون، توصیفی است از «موعد»، «نقطه‌ی عطف» یا «مرحله‌ی مهمی» از پروژه که دارای ویژگی‌های ذیل است:

- مبهم نیست بلکه قابل‌اثبات، مشاهده یا اندازه‌گیری است.
- نشان‌دهنده نقاط خاصی از گاه‌شمار پروژه است.
- موجب شکل‌گیری فهم لازم در مخاطب از میزان پیشرفت پروژه است.

۳- مبانی طراحی مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق

علی‌رغم اقدامات گسترده و متنوع شرکت توانیر و شرکت‌های توزیع برق کشور در زمینه هوشمندسازی شبکه توزیع برق طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ و دستیابی به موفقیت‌های نسبی در این حوزه، ازآنجاکه تصمیم‌گیری‌ها و اقدامات مذکور عمدتاً به‌صورت پراکنده و موردی انجام شده‌اند، توسعه متوازن و مطلوب زیرساخت‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و سازمانی محقق نگردیده و در نتیجه، هم‌افزایی مورد انتظار میان این اقدامات نیز به‌طور مطلوب شکل نگرفته است.

حسب تصمیم دفتر هوشمندسازی و فناوری‌های نوین شرکت توانیر در سال ۱۳۹۹ پروژه تحقیقاتی مهمی با عنوان «**تدوین نقشه راه اجرایی هوشمندسازی شبکه توزیع برق کشور**» بین آن شرکت و پژوهشگاه نیرو آغاز و در سال ۱۴۰۱ به پایان رسید. در این پروژه که با اهتمام بیش از بیست نفر از پژوهشگران برجسته پژوهشگاه نیرو، شرکت توانیر و شرکت‌های توزیع برق مشهد، البرز و زنجان که به‌عنوان پایلوت پیاده‌سازی و اجرای مقدماتی مدل انتخاب شده بودند انجام پذیرفت، پس از احصاء مبانی علمی و تئوری‌های نظری مربوطه، شناسایی قوانین و مقررات بالادست و همچنین سیاست‌های کلان کشور، شناسایی تجارب جهانی، شناسایی مطالعات داخلی و همچنین اخذ نظر خبرگان و مسئولین صنعت توزیع نیروی برق کشور مشخص گردید که ضروری است علاوه بر توجه به هوشمندسازی شبکه توزیع برق اهتمام ویژه‌ای به هوشمندسازی

[۶] Machine Learning
[۷] Visibility

هماهنگ و تعامل‌پذیر حوزه‌ها و بخش‌های غیرفنی- مهندسی نیز معطوف گردد. شکل (۱) نشان‌دهنده حوزه‌ها و بخش‌های مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق است.

در سال ۱۴۰۳ پروژه پیاده‌سازی و توسعه مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق بین شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان رضوی و پژوهشگاه نیرو آغاز شد. در چارچوب این پروژه، تشکیل حدود ۳۰ کارگروه تخصصی با مشارکت مسئولان و متخصصان شرکت مذکور و پژوهشگران پژوهشگاه نیرو، به تدوین و توسعه اسناد علمی و تجارب کاربردی مرتبط منجر گردید. ارائه نتایج پروژه در کمیته عالی هوشمندسازی شرکت توانیر، زمینه تأیید این مدل از سوی شرکت توانیر در زمستان سال ۱۴۰۳ را فراهم نمود. متعاقباً، پیاده‌سازی مدل مذکور به شرکت‌های توزیع برق کشور ابلاغ شد و در پی آن، تعدادی از شرکت‌های توزیع برق کشور، درخواست همکاری از پژوهشگاه نیرو را در زمینه «پیاده‌سازی و توسعه مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق» مطرح نمودند.

۴- ویژگی‌های مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق

طراحی، پیاده‌سازی و توسعه «مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع نیروی برق» دارای ویژگی‌های خاص و حائز اهمیتی است که برخی از آن‌ها به شرح ذیل است:

۴-۱- جامعیت مدل

در مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق تمام حوزه‌ها و بخش‌های حائز اهمیت شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور موردتوجه قرار گرفته است. توجه به تمام ابعاد مهندسی و غیرمهندسی حائز اهمیت صنعت توزیع برق در این مدل یکی از ویژگی‌های مهم آن در مقایسه با سایر مدل‌ها و الگوهای طرح شده است. حوزه‌ها و بخش‌های این مدل که دسته‌بندی شده آن‌ها در شکل (۱) نشان داده شده به‌گونه‌ای انجام گردیده که علاوه بر تأمین نیاز مدل ملی هوشمندسازی الگوی کارآمدی برای دسته‌بندی‌های موردنیاز در مواردی از قبیل مصادیق ذیل است:

- تبیین حیطه‌های علمی نشریه‌های تخصصی، سمینارها و کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی صنعت توزیع
- تعریف دوره‌های آموزشی بلندمدت و کوتاه‌مدت
- شناسایی شایستگی‌های تخصصی و مدیریتی شاغلین و متقاضیان اشتغال در نظام صلاحیت حرفه‌ای و مراکز ارزیابی شایستگی مدیران

۴-۲- انطباق مدل با شرایط و اقتضائات شرکت‌های توزیع برق کشور و شرکت توانیر

هر چند مبدأ فکری طراحی مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق نشأت گرفته از مبانی علمی، تئوری‌های نظری، مطالعات شناختی کشورهای توسعه‌یافته، توجه به قوانین و مقررات و سیاست‌های کلان کشور، بهره‌گیری از نتایج تحقیقات نهادهای مختلف آموزشی و پژوهشی کشور در حوزه هوشمندسازی بوده است اما تعامل مستمر پژوهشگاه نیرو با شرکت توانیر و شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور به‌طور عام و شرکت‌های توزیع برق مشهد، البرز، زنجان و خراسان رضوی به‌طور خاص و همچنین تشکیل بیش از پنجاه نشست تخصصی با حضور خبرگان صنعتی و مسئولین بخش‌های متناظر در شرکت‌های توزیع نیرو برق کشور موجب گردید اطمینان کافی از انطباق مدل با شرایط و اقتضائات صنعت توزیع برق حاصل گردد. تأیید پروژه «تدوین نقشه راه اجرایی هوشمندسازی شبکه توزیع برق کشور» توسط شرکت توانیر، تصویب «مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق» در کمیته عالی هوشمندسازی شرکت توانیر و همچنین درخواست چهارده شرکت توزیع نیرو برق کشور از پژوهشگاه نیرو برای پیاده‌سازی این مدل در آن شرکت‌ها بخشی از شواهد اطمینان‌بخش انطباق مدل با شرایط و اقتضائات شرکت‌های توزیع برق کشور و شرکت توانیر است.

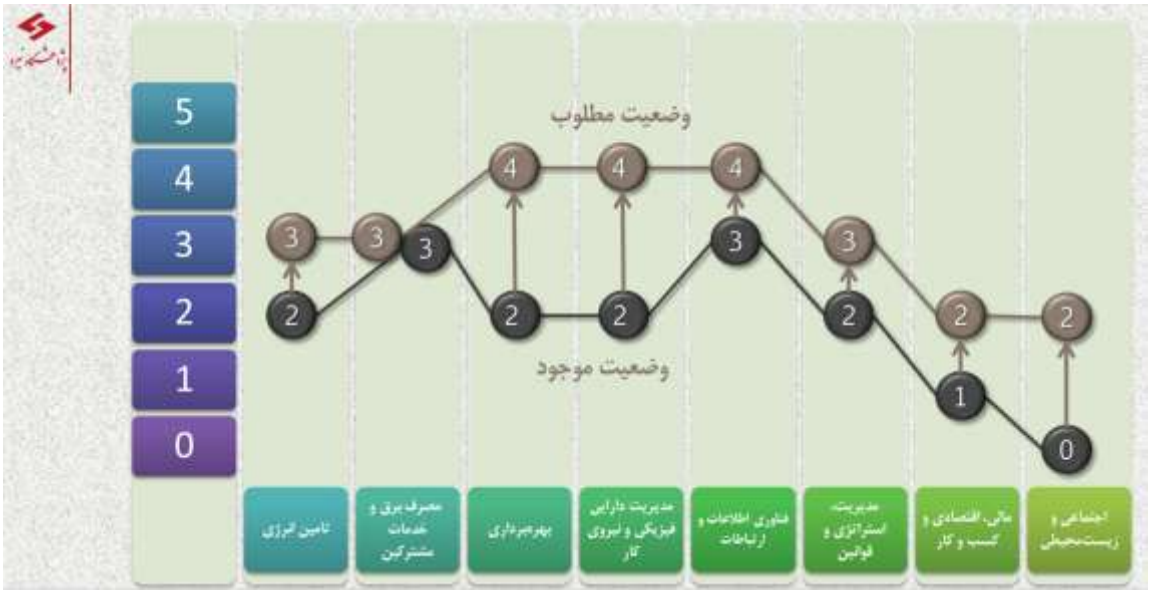
۴-۳- قابلیت سفارشی‌سازی مدل بر مبنای ویژگی‌ها و نیازهای هر یک از شرکت‌های توزیع برق

با توجه به اینکه نه‌تنها ۳۹ شرکت توزیع نیرو برق کشور دارای اقتضائات و شرایط مختلفی هستند بلکه تفاوت شهرستان‌ها و امور تابعه هر یک از این شرکت‌ها نیز قابل‌توجهی است. بدین جهت طراحی و پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق به‌گونه‌ای انجام شده که در مراحل اولیه پیاده‌سازی مدل در هر شرکت این تفاوت‌ها و اقتضائات خاص شناسایی گردیده و با لحاظ نمودن ویژگی‌های حائز اهمیت آن شرکت، فرایند پیاده‌سازی مدل اجرا می‌گردد. به این ترتیب، در این مدل، از حیث هوشمندی سیستم توزیع برق، ۵ سطح تکامل دیده شده که هر شرکت توزیع با هر میزان آمادگی، در یکی از این سطوح قابل دسته‌بندی است (شکل ۳).



شکل ۳: سطوح پنج‌گانه تکامل هوشمندی سیستم توزیع برق

با این سطح‌بندی، تعیین وضع مطلوب در هریک از حوزه‌های اصلی نمایش داده شده در شکل (۱) به‌طور مستقل و البته در هماهنگی با سایر حوزه‌ها صورت می‌پذیرد. با این رویکرد، یک شرکت توزیع به فراخور محدودیت‌ها و امکانات، نیاز نیست لزوماً در همه سطوح به یک سطح تکامل یکسان برسد؛ همچنین سطح تکامل مطلوب برای هر شرکت و حوزه متفاوت بوده و لزوماً سطح پیشگامی نخواهد بود (شکل ۴).



شکل ۴: تعیین وضع مطلوب با توجه به نیازها و محدودیت‌ها

در نتیجه نقشه راه پیشنهادی برای هر یک از شرکت‌های توزیع برق متناسب با اقتضائات آن‌ها بوده و بدین جهت نتیجه پیاده‌سازی مدل در هر شرکت دارای خصیصه‌های مهمی از قبیل امکان‌پذیری، سازگاری، انعطاف‌پذیری، کارایی، اثربخشی و هماهنگی با سیاست‌های شرکت توانیر، وزارت نیرو و دیگر ذی‌نفعان کلیدی است. اهم ویژگی‌های مؤثر بر آمادگی هر یک از شرکت‌های توزیع برق برای سفارشی‌سازی مدل هوشمندسازی شامل مواردی مندرج در شکل (۵) است:

تعهد و حمایت مدیران ارشد	ساختار سازمانی و فرآیندهای کاری	داده‌ها و اطلاعات	فناوری و زیرساخت‌ها
استراتژی دیجیتال	ارتباطات و همکاری تیمی	آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی	مشارکت کارکنان و اعتماد به سیستم هوشمندسازی
مهارت دیجیتال	فرهنگ و ارزش‌های مشترک	مهارت‌ها و دانش دیجیتال نیروی انسانی	رهبری و استراتژی دیجیتال
	فرآیندهای مدیریت تغییر و نوآوری	آمادگی برای پذیرش و استفاده از فناوری‌های نوین	

شکل ۵: اهم ویژگی‌های مؤثر بر آمادگی هر یک از شرکت‌های توزیع برق برای سفارشی‌سازی مدل ملی هوشمندسازی

۴-۴- توجه به توسعه تفکر هوشمندسازی بین ارکان حقیقی و حقوقی صنعت توزیع برق

یکی از ویژگی‌ها و اقدامات مهم در مرحله پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق این است که در بخش آغازین، توجیه مقامات ارشد و مدیران کلیدی شرکت صورت گرفته و سپس کارگاه‌های تخصصی ویژه مدیران و متخصصین مربوطه برگزار می‌گردد. ایجاد فرهنگ کار تیمی و مشارکت ارکان مختلف شرکت توزیع در مراحل مختلف پیاده‌سازی مدل موجب هم‌فکری ایشان در شناسایی صحیح و دقیق وضع موجود و مساعی در مرحله شناسایی اقدامات و تعریف پروژه‌های لازم برای هوشمندسازی می‌گردد.

۴-۵- پویایی، تکامل‌پذیری و استمرار به‌روزرسانی مدل

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم یک مدل ملی، پویایی و استمرار به‌روزرسانی آن است. تولیت پژوهشگاه نیرو و اهتمام مؤکد مقامات و متخصصین ذی‌ربط به این موضوع موجب گردیده که در پایان سال ۱۴۰۳ ویرایش ۴٫۸ مدل عرضه شده است. انباشت تجارب حاصل از پیاده‌سازی مدل در هریک از شرکت‌های توزیع برق از یک‌سو و رصد فناوری‌های ذی‌ربط از سوی دیگر موجب گردیده تا پژوهشگاه نیرو به‌عنوان نهاد تخصصی ملی در پویایی و استمرار به‌روزرسانی مدل و انجام تغییرات لازم برای حرکت به‌سوی چشم‌اندازهای ملی و بین‌المللی ایفای نقش نماید.

۵- توصیه‌های سیاستی برای بهبود توسعه و پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق

۵-۱- اتخاذ سیاست‌های منجر به تسریع و تسهیل توسعه و به‌روزرسانی مستمر مدل

اتخاذ سیاست‌های کارآمدی که منجر به افزایش کارآمدی و اثربخشی فعالیت ارکان کلیدی متولی توسعه و به‌روزرسانی مستمر مدل ملی هوشمندسازی سیستم توزیع برق گردد. این ارکان کلیدی عبارت‌اند از وزارت نیرو، شرکت توانیر و پژوهشگاه نیرو. برخی از مصادیق سیاست‌های مذکور عبارت است از برجسته‌نمودن ارزش این فعالیت در ارزیابی عملکرد ارکان کلیدی، تحلیل عملکرد و بررسی برنامه سالانه شرکت‌ها در بخش مستقلی از مجامع ایشان،

۵-۲- توسعه و تسهیل تأمین منابع مالی لازم

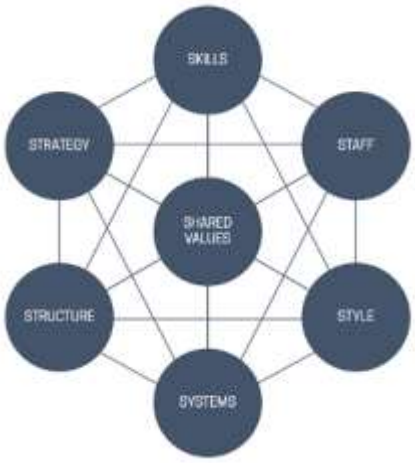
توسعه و تسهیل تأمین هزینه‌ی اجرای پروژه‌هایی که پس از اجرای فرایند پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی شناسایی خواهند شد. در این راستا تفکیک روش و فرایند تأمین منابع مالی در سه سناریوی مختلف در مواجهه با پروژه‌ها و اقدامات محلی، منطقه‌ای و ملی حائز اهمیت است.

۵-۳- توسعه توانایی شرکت‌های توزیع برق برای پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی

- تبدیل پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی به ارزش‌های مشترک ارکان شرکت
- توسعه مهارت‌های فردی، گروهی و سازمانی
- اصلاح روش راهبری مدیران ارشد شرکت‌های توزیع به‌نحوی که منجر به تحقق اهداف وزارت نیرو در حوزه هوشمندسازی گردد.
- اصلاح ساختار نیروی انسانی شرکت‌های متناسب با نیازها و الزامات سیستم‌های هوشمند
- اصلاح و توسعه رویه‌ها و فرآیندهای اجرایی شرکت‌های توزیع برق متناسب با الزامات پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی
- اصلاح چارت سازمانی و تعاملات درون‌سازمانی و برون‌سازمانی

- ابلاغ استراتژی‌های کلیدی متناسب پیاده‌سازی مدل ملی هوشمندسازی

این موارد برگرفته از مدل McKinsey 7S Mode است (شکل ۶).



شکل ۶: مدل McKinsey 7S Mode

۵-۴- توسعه مدل به سایر سیستم‌های حائز اهمیت وزارت نیرو

با توجه به شباهت سیستم‌های حائز اهمیت وزارت نیرو شامل انتقال برق، تولید برق حرارتی، مدیریت منابع آب، آب و فاضلاب نسبت به سیستم توزیع برق در موارد حائز اهمیت برای هوشمندسازی، توصیه می‌شود توسعه مدل ملی هوشمندسازی از سیستم توزیع برق به سایر سیستم‌های حائز اهمیت وزارت نیرو شامل: انتقال برق، تولید برق حرارتی، مدیریت منابع آب، آب و فاضلاب در دستور کار وزارت نیرو قرار گیرد. آگاهی پژوهشگاه نیرو از ویژگی‌های حائز اهمیت شرکت‌های مادرتخصصی توانیر، تولید برق حرارتی، مدیریت منابع آب، آب و فاضلاب و انجام پروژه‌های موردی مرتبط با هوشمندسازی در این شرکت‌های مادرتخصصی و شرکت‌های زیرمجموعه آن‌ها، شرایط مطلوب برای عملکرد بهینه در توسعه مدل به سایر سیستم‌های حائز اهمیت وزارت نیرو را فراهم نموده است.

۶- مراجع

1. “Mapping Road to Achieve Smart Grid Applying SGED Model”, Mohammadreza Safari, Sara Khayyamim, Hadi Modaghegh, 2021 11th Smart Grid Conference (SGC)
2. “Integrating Distributed Energy Resources into Smart Grid by SGED Model”, Sara Khayyamim, Tara Khayyamim, Mohammadreza Safari, 2024 9th International Conference on Technology and Energy Management (ICTEM)
3. “2020 Smart Grid System Report”, United States Department of Energy, Washington, DC, January 2022
4. “The present and future of smart power grid in developing countries”, M. Fadaeenejad, A.M. Saberian, Mohd. Fadaee, M.A.M. Radzi, H. Hizam, M.Z.A. AbKadir, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 29, 2014, Pages 828-834
5. “Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies”, IEA, 2023
6. “South Korea: Jeju Island Smart Grid Test-Bed: Developing Next Generation Utility Networks”, Smart Cities, September 2012
7. “Smart Grid Gotland- Pre-study”, GEAB, Vattenfall, ABB, KTH, June 2011
8. “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0”, Avi Gopstein, Cuong Nguyen, Cheyney O'Fallon, Nelson Hastings, David A. Wollman, February 2012
9. “IEEE 2030.5 Protocol Implementation- Smart communication for modern energy systems”, IEEE 2023
10. “Iranian smart grid: road map and metering program”, Gevork B. Gharehpetian, Mehdi Salay Naderi, Hadi Modaghegh, Alireza Zakariazadeh, Application of Smart Grid Technologies (pp.13-60), January 2018
11. “Smart Grid Hand Book for Regulators and Policy Makers”, India Smart Grid Forum (ISGF), November 2017