

گزارش ویژه محور چهارم:

اتوماسیون، حفاظت و کنترل توزیع

دکتر علیرضا فریدونیان - رئیس محور چهارم

۱- مقدمه

شبکه‌های توزیع برق به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حلقه‌های زنجیره تأمین انرژی الکتریکی، نقش مستقیمی در تداوم، کیفیت و قابلیت اطمینان برق‌رسانی به مشترکان ایفا می‌کنند. افزایش روزافزون مصرف انرژی، گسترش شهرنشینی و صنایع، توسعه بارهای حساس، تغییر الگوی مصرف و همچنین افزایش انتظارات مشترکان در زمینه کیفیت و استمرار تأمین برق، موجب شده است که رویکردهای سنتی بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع به‌تنهایی پاسخگوی نیازهای امروزی نباشند. در چنین شرایطی، حرکت از شبکه‌های توزیع سنتی و عمدتاً دستی به سمت شبکه‌هایی هوشمند، خودکار، قابل پایش و تصمیم‌پذیر، به یکی از ضرورت‌های اساسی صنعت برق تبدیل شده است. در این گذار، سه حوزه به‌هم‌پیوسته اتوماسیون، حفاظت و کنترل توزیع، جایگاهی بنیادین در ارتقای عملکرد و تاب‌آوری شبکه پیدا کرده‌اند.

اتوماسیون شبکه توزیع با هدف افزایش سرعت، دقت و قابلیت اطمینان فرآیندهای بهره‌برداری، امکان پایش مستمر وضعیت تجهیزات، جمع‌آوری و تحلیل داده‌های عملیاتی و اعمال فرمان‌های کنترلی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن فراهم می‌سازد. تجهیز فیدرها، پست‌های توزیع و نقاط کلیدی شبکه به سامانه‌های اندازه‌گیری، مخابراتی و کنترلی، زمینه را برای اجرای قابلیت‌هایی همچون کنترل از راه دور، تشخیص خطا، تعیین محل خطا، جداسازی بخش معیوب و بازآرایی شبکه فراهم می‌کند. حاصل این تحول، کاهش زمان خاموشی، تسریع در بازیابی شبکه، کاهش وابستگی به مداخلات دستی و افزایش بهره‌وری گروه‌های بهره‌برداری و اتفاقات است. از این منظر، اتوماسیون صرفاً جایگزینی تجهیزات یا فرآیندهای دستی نیست،

بلکه بخشی از یک تحول ساختاری در شیوه مدیریت و بهره‌برداری از شبکه توزیع به شمار می‌رود.

در کنار اتوماسیون، حفاظت الکتریکی یکی از ارکان اصلی امنیت و پایداری شبکه محسوب می‌شود. بروز اتصال کوتاه، اضافه‌بار، خطاهای زمین، پارگی هادی، خرابی تجهیزات و سایر شرایط غیرعادی می‌تواند در مدت کوتاهی موجب گسترش اختلال، آسیب به تجهیزات و قطع برق تعداد قابل توجهی از مشترکان شود. از این رو، سیستم‌های حفاظتی باید علاوه بر تشخیص سریع و دقیق خطا، از هماهنگی مناسب بین تجهیزات حفاظتی برخوردار باشند تا تنها بخش معیوب از مدار خارج شده و از قطع غیرضروری سایر بخش‌های سالم شبکه جلوگیری شود. توسعه رله‌های دیجیتال، تجهیزات حفاظتی هوشمند، کلیدهای قابل کنترل از راه دور و الگوریتم‌های نوین تشخیص و مدیریت خطا، ظرفیت‌های جدیدی را برای افزایش سرعت عملکرد، دقت تصمیم‌گیری و انعطاف‌پذیری سیستم حفاظت فراهم کرده است. به ویژه اینکه باید این نکته را لحاظ کرد که افزایش نفوذ واحدهای تولید پراکنده، حفاظت بخش توزیع را تحت تأثیر قرار داده و چالش‌های جدی را به همراه داشته است.

کنترل توزیع نیز به‌عنوان حلقه اتصال میان داده‌های حاصل از پایش، منطق حفاظتی و اقدامات عملیاتی، نقشی تعیین‌کننده در بهره‌برداری بهینه از شبکه دارد. کنترل ولتاژ و توان راکتیو، مدیریت بار، کنترل کلیدها و سکسیونرها، تغییر آرایش شبکه، تنظیم شرایط بهره‌برداری و بازگردانی سریع برق پس از وقوع خطا، از جمله حوزه‌هایی هستند که تحت تأثیر مستقیم پیشرفت سامانه‌های کنترلی قرار گرفته‌اند. یکپارچه‌سازی این قابلیت‌ها با سامانه‌های مدیریتی و نظارتی، این امکان را ایجاد می‌کند که وضعیت شبکه به‌صورت برخط ارزیابی شده و تصمیم‌های بهره‌برداری بر مبنای اطلاعات واقعی و به‌هنگام اتخاذ شوند. در نتیجه، مرز میان پایش، حفاظت و کنترل به‌تدریج کمرنگ شده

و یک معماری یکپارچه برای مدیریت هوشمند شبکه توزیع شکل می‌گیرد.

اهمیت این موضوع با ورود گسترده منابع تولید پراکنده، نیروگاه‌های خورشیدی، ذخیره‌سازهای انرژی، خودروهای برقی و بارهای قابل کنترل بیش از پیش افزایش یافته است. ساختار شبکه توزیع در گذشته عمدتاً بر مبنای جریان توان یک‌طرفه از پست فوق توزیع به سمت مشترک طراحی شده بود، در حالی که در شبکه‌های جدید، جریان توان می‌تواند دوطرفه و متغیر باشد. این تغییرات، الزامات جدیدی را برای حفاظت، تنظیم ولتاژ، هماهنگی تجهیزات، کیفیت توان و منطق کنترل ایجاد می‌کند و نشان می‌دهد که رویکردهای سنتی باید متناسب با شرایط جدید بازنگری شوند. بنابراین، توسعه راهکارهای انعطاف‌پذیر و هوشمند در حوزه حفاظت و کنترل، نه تنها برای افزایش قابلیت اطمینان، بلکه برای فراهم کردن بستر مناسب جهت پذیرش فناوری‌های نوین در شبکه ضروری است.

از سوی دیگر، تحقق یک شبکه توزیع هوشمند صرفاً به نصب تجهیزات جدید محدود نمی‌شود و مستلزم شکل‌گیری یک زیرساخت یکپارچه شامل تجهیزات میدانی، سامانه‌های مخابراتی، مراکز کنترل، پایگاه‌های داده، استانداردهای ارتباطی و سامانه‌های نرم‌افزاری است. قابلیت تبادل صحیح و امن اطلاعات میان تجهیزات مختلف، کیفیت داده‌های اندازه‌گیری، قابلیت اطمینان ارتباطات، امنیت سایبری و همچنین سازگاری میان سامانه‌های قدیمی و جدید، از جمله چالش‌هایی هستند که در مسیر توسعه اتوماسیون و کنترل توزیع باید مورد توجه قرار گیرند. به همین دلیل، رویکردهای جدید در این حوزه باید علاوه بر جنبه فنی تجهیزات، موضوعاتی همچون معماری سامانه، استانداردهای، امنیت اطلاعات، مدیریت داده و آموزش نیروی انسانی را نیز به صورت همزمان دربرگیرند.

بر این اساس، برگزاری کنفرانس سیرد با محورهای مختلف از جمله محور چهارم حول «اتوماسیون، حفاظت و کنترل توزیع» فرصتی برای بررسی مجموعه‌ای از موضوعات فنی، اجرایی و مدیریتی مرتبط با آینده شبکه‌های توزیع برق فراهم می‌آورد. این کنفرانس می‌تواند بستری برای تبادل تجربه‌های بهره‌برداری، معرفی فناوری‌ها و راهکارهای نوین، بررسی چالش‌های پیاده‌سازی پروژه‌های اتوماسیون و حفاظت، ارزیابی تجربیات حاصل از اجرای طرح‌های عملیاتی و شناسایی

زمینه‌های قلیل بهبود در فرآیندهای موجود باشد. محققان در این راستا، در محور چهارم کنفرانس سیرد، ۱۳۶ چکیده مقاله و مقله کامل ارسال کرده بودند. ابتدا در مرحله اول بر اساس چکیده‌های ارسال شده، تصمیم‌گیری انجام شد و تعدادی از عناوین به مرحله بعد رفت. در مرحله دوم تعداد ۸۸ مقله کامل دریافت شد که از این میان بر اساس داوری‌های انجام شده، ۴۲ مقاله در این محور پذیرفته شدند. به عبارتی درصد پذیرش ۴۷ درصد بود. قابل ذکر است که مقالات، حداقل دو داور داشتند. گزارش حاضر مربوط به مقالات پذیرفته شده در محور چهارم است. سعی شده است که بر اساس متن مقالات مذکور رعایت دقت، در انتقال مطلب صورت پذیرد.

۲- مرور مقالات ارائه شده در نشست

در این بخش مروری بر مقالات قبول شده در محور چهارم ارائه خواهد شد.

۱-۲. کد ۱۰۳۳، افزایش قابلیت اطمینان همزمان‌سازی و جبران اختلالات GPS در شبکه برق: تلفیق راهکارهای مبتنی بر PTP، فیبر نوری و الگوریتم‌های هوش مصنوعی
این مقاله به بررسی امکان‌سنجی جایگزینی سامانه همگام‌سازی زمان مبتنی بر پروتکل PTP به جای GPS در شبکه‌های برق می‌پردازد. همگام‌سازی دقیق زمان در سامانه‌های پایش منطقه وسیع (WAMS) و واحدهای اندازه‌گیری فازور (PMU) نقش اساسی در دقت، قابلیت اطمینان و پایداری بهره‌برداری دارد. اتکای سنتی این سامانه‌ها به GPS، آن‌ها را در برابر اختلالاتی مانند جیمینگ، جعل سیگنال و سایه‌اندازی آسیب‌پذیر می‌سازد. در این پژوهش، ظرفیت زیرساخت‌های موجود مانند فیبر نوری و OPGW برای توزیع زمان دقیق از مراکز کنترل منطقه‌ای به پست‌ها و PMU ها مورد توجه قرار گرفته است. همچنین نقش هوش مصنوعی به عنوان لایه نظارتی برای پایش کیفیت زمان، تشخیص رفتار غیرعادی و پشتیبانی از تصمیم‌گیری برای سوییچ بین منابع زمان در زمان اختلال GPS بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد ترکیب PTP، ارتباطات مبتنی بر فیبر و نظارت هوشمند می‌تواند تاب‌آوری همگام‌سازی زمان را افزایش داده، وابستگی به سیگنال‌های ماهواره‌ای را کاهش دهد و قابلیت اطمینان عملیاتی شبکه‌های برق را در شرایط بحرانی بهبود بخشد.

شبکه واقعی بهره می‌برد. با استفاده از روش مقایسه‌ای سه‌حالتی با عنوان «اثبات از طریق انکار» در ۲۹ شهرستان توزیع برق، مفهوم شکنندگی عملیاتی ناشی از وابستگی به اتوماسیون (OFIAD) معرفی و به صورت تجربی اعتبارسنجی شده است.

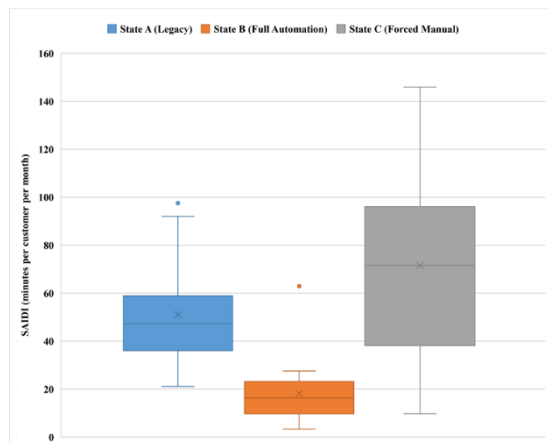


Figure ۱. Box Plot of SAIDI across Three Operational States.

نتایج کمی سه یافته کلیدی را نشان می‌دهد: نخست، گسترش تاریخی اتوماسیون توزیع، میانگین SAIDI را از ۵۱ به ۱/۱۸ دقیقه به ازای هر مشترک در ماه کاهش داده است. دوم، خاموشی اجباری SCADA میانگین SAIDI را نسبت به خط پایه کاملاً خودکار ۲۹۵٪ افزایش داده و به ۵/۷۱ دقیقه رسانده است. سوم، شبکه مدرن نه تنها به سطح عملکرد قبل از اتوماسیون بازنگشته، بلکه ۴۰٪ بدتر شده است که پشتیبانی تجربی برای فرضیه OFIAD فراهم می‌کند.

۲-۵. کد ۱۰۵۲، بررسی تأثیر نصب و استفاده از برقگیرهای فشار ضعیف در تابلوهای توزیع برای محدود کردن دامنه اضافه ولتاژهای گذرا در ثانویه پست های اختصاصی شبکه های توزیع برق با نرم افزار EMTP-RV

با توجه به اهمیت حفاظت از مشترکین و تجهیزات حساس شبکه‌های توزیع فشار ضعیف در برابر انواع اضافه ولتاژهای گذرا، در این مقاله به بررسی و مدل‌سازی تأثیر نصب و استفاده از برقگیرهای فشار ضعیف در تابلوی پست‌های شبکه توزیع برق در مقابل برخورد صاعقه به شبکه فشار متوسط اولیه و نوسان دامنه اضافه ولتاژ گذرا در شبکه فشار ضعیف ثانویه پست در چند سناریوی یک شبکه نمونه پرداخته می‌شود. نتایج شبیه‌سازی‌ها در EMTP-RV نشان می‌دهد در شرایطی که برقگیر فشار متوسط ترانسفورماتور سالم بوده و برقگیر فشار

۲-۲. کد ۱۰۳۸، مکان یابی خطا در خطوط فوق توزیع متصل به ریزشبکه DC با استفاده از روش معکوس زمان الکترومغناطیسی (EMTR)

این مقاله روشی مبتنی بر معکوس زمان الکترومغناطیسی (EMTR) برای مکان‌یابی خطا در خطوط فوق‌توزیع سه‌ترمیناله متصل به ریزشبکه DC ارائه می‌دهد. در روش پیشنهادی، ولتاژهای گذرای سه‌فاز در سه ترمینال خط اندازه‌گیری شده و پس از استخراج مؤلفه‌های گذرا، با استفاده از مدل‌سازی خط بر پایه معادلات تلگرافی، فرآیند بازپخش وارون زمانی در مدل دیجیتال خط انجام می‌شود. محل تمرکز انرژی بازپخش‌شده به‌عنوان شاخص تعیین بخش خطدار و مکان دقیق خطا استفاده می‌شود. همچنین یک طبقه‌بند مبتنی بر انرژی فازها برای تشخیص نوع خطا به کار گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی قادر است مکان خطا را در هر سه شاخه با خطای متوسط کمتر از ۲٪ تعیین کند و طبقه‌بند پیشنهادی نوع خطا را با دقت ۱۰۰٪ در همه سناریوها شناسایی می‌کند.

۲-۳. کد ۱۰۴۳

Implications of General Tariff Classification on Inefficient Consumption of Central Cooling Systems in Residential Complexes

این پژوهش با هدف ارزیابی و برجسته‌سازی ناسازگاری‌های ساختار تعرفه برق ایران بر الگوهای مصرف و مدیریت بار پیک در مجتمع‌های مسکونی انجام شده است. تمرکز اصلی، نشان‌دادن این موضوع است که چگونه طبقه‌بندی تعرفه «عمومی» اعمال‌شده بر سامانه‌های سرمایش مرکزی (چیلرها)، انگیزه اقتصادی مصرف‌کنندگان برای بهینه‌سازی مصرف را کاهش می‌دهد و در نهایت منجر به افزایش ریسک عملیاتی برای شرکت‌های توزیع نیروی برق (DSOs) و کمک به استفاده ناکارآمد از انرژی می‌شود. این مطالعه به چالش عینی ناشی از شکست مدیریت سمت تقاضا با منشأ تعرفه‌ای و تأثیر سیستمی آن می‌پردازد.

۲-۴. کد ۱۰۵۰

Operational Fragility Induced by Distribution Automation Dependency in a Real-World SCADA Shutdown

این مطالعه از یک آزمایش طبیعی نادر برای بررسی ارزش عملیاتی و شکنندگی‌های پنهان وابستگی به اتوماسیون در یک

ضعیف در تابلوی توزیع آن نصب نباشد، در صورت برخورد صاعقه به شبکه فشار متوسط اولیه، دامنه نوسان اضافه ولتاژ گذرا در شبکه فشار ضعیف ثانویه پست همچنان زیاد بوده و می‌تواند به مشترکین حساس شبکه فشار ضعیف آسیب وارد کند. لیکن در صورتی که برقگیر فشار ضعیف در تابلوی توزیع نصب گردد، دامنه نوسان اضافه ولتاژ گذرا در شبکه فشار ضعیف ثانویه پست محدود شده و از ایجاد خسارت در مشترکین حساس آن جلوگیری می‌کند.

۲-۶. کد ۱۰۵۵،

Predictive AI/IoT-based Maintenance Model for Distribution Transformers Using a Novel Health Impact Factor

این مقاله یک چارچوب مفهومی-کاربردی برای ارزیابی سلامت ترانسفورماتور و پشتیبانی تصمیم‌گیری بر پایه یک معماری چهارلایه ارائه می‌دهد که شامل وضعیت عایقی، شواهد خطای فعال، تنش عملیاتی و سابقه دارایی است. یک عامل تأثیر سلامت نوین (NHIF) برای تجمیع شواهد سلامت چنددامنه‌ای در یک امتیاز واحد قابل اقدام معرفی شده است، در حالی که به‌صراحت خطر اثر ماسک‌شدن را کاهش می‌دهد؛ حالتی که در آن شاخص‌های قوی در برخی دامنه‌ها می‌توانند تخریب بحرانی در دامنه دیگر را پنهان کنند. از آنجا که مجموعه داده‌های برجسب‌گذاری شده با خرابی اغلب در دسترس نیستند، چارچوب از طریق سناریوهای آزمون تنش کیفی ارزیابی می‌شود که رفتار مورد انتظار شاخص را در (۱) شرایط یکنواخت سالم، (۲) تخریب بحرانی تک‌دامنه‌ای و (۳) پیری متوسط چنددامنه‌ای بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد منطق تصمیم مبتنی بر NHIF، اولویت‌بندی قابل تفسیر و آگاه به ریسک را برای برنامه‌ریزی نگهداشت فراهم می‌کند و با حفظ قابلیت ردیابی به لایه تشخیصی زیربنایی، مداخلات هدفمند را ممکن می‌سازد.

۲-۷. کد ۱۰۶۱، تحلیل خطای لوازم اندازه‌گیری سمت اولیه متأثر از نمونه‌برداری ولتاژ به روش مثلث باز با استفاده از تبدیل فورسکیو

در این مقاله با استفاده از تبدیل فورسکیو ولتاژهای خروجی یک سیستم اندازه‌گیری ولتاژ به روش مثلث باز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و تأثیر آن بر عملکرد کنتور و صحت اندازه‌گیری آن مشخص خواهد شد. این موضوع از این حیث

حائز اهمیت است که در سیستم‌های قدرت و خصوصاً شبکه‌های توزیع برق به منظور اندازه‌گیری پارامترهای توان و انرژی برق مصرفی، برای انشعابات سمت اولیه (مشترکین بزرگ) نمونه‌برداری ولتاژ با استفاده از روش مثلث باز انجام می‌شود که عدم تقارن ولتاژهای خروجی در این روش موجب ایجاد توالی منفی در سمت کنتور و بروز مشکلات عدیده دیگر در شبکه را در پی دارد. همچنین با استفاده از مازول‌های مرتبط با اندازه‌گیری توالی به روش فورسکیو در سیمولینک متلب، ولتاژهای ورودی و خروجی سیستم را شبیه‌سازی کرده و سپس به معرفی یک نمونه مطالعاتی پرداخته و در پایان نیز روش‌های پیشنهادی حذف یا کاهش تأثیر منفی سیستم اندازه‌گیری ولتاژ به روش مثلث باز ارائه خواهد شد.

۲-۸. کد ۱۰۸۱، تحلیل تجربی عملکرد زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند در شبکه توزیع خراسان جنوبی؛ چالش‌ها، درس‌آموخته‌ها و جهت‌گیری آینده مبتنی بر یادگیری عمیق

این پژوهش با هدف تحلیل تجربی عملکرد کنتورهای هوشمند در شبکه توزیع خراسان جنوبی (اقلیم گرم و خشک) و ارائه چارچوبی برای پیش‌بینی خرابی آن‌ها انجام شده است. مدل ترکیبی CNN-MLP با معماری استخراج ویژگی توسط لایه‌های کانولوشنی و طبقه‌بندی توسط پرسپترون چندلایه، برای پیش‌بینی وضعیت سه کلاس (سالم، هشدار، معیوب) در بازه ۳۰ روزه طراحی و ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی به صحت کلی ۹۲/۷ درصد و امتیاز Macro F1 معادل ۸۸/۶ درصد دست یافت که به‌طور معنی‌داری از روش‌های پایه (CNN تنها، MLP تنها، جنگل تصادفی) بهتر است. شاخص SMI با اهمیت نسبی ۰/۲۴ تأثیرگذارترین ویژگی شناسایی شد. عملکرد مدل در مناطق شهری (دقت ۹۴/۱٪) بهتر از روستایی (۹۱/۸٪) و در تابستان با دمای ۳۸ درجه (دقت ۹۱/۲٪) ضعیف‌تر از سایر فصول بود. نسخه فشرده مدل با کاهش ۷۷٪ پارامترها و افت تنها ۲/۶٪ دقت، قابلیت پیاده‌سازی در لبه شبکه را دارد. چارچوب ارائه‌شده با رویکرد نگهداشت مبتنی بر وضعیت، می‌تواند هزینه‌های تعمیرات را کاهش، قابلیت اطمینان داده‌ها و کیفیت خدمات را افزایش دهد.

۹-۲. کد ۱۱۰۰، طراحی سامانه مدیریت بار و اطلاع‌رسانی به مشترکین بزرگ صنعتی مبتنی بر داده‌های سامانه مدام

این مقاله، به طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه نرم‌افزاری دسکتاپ مبتنی بر چارچوب NET و زبان C# پرداخته است که با دریافت داده‌های مصرف از خروجی فایل اکسل سامانه مدام، تخلفات را شناسایی و از طریق تماس صوتی و پیامک به مشترکین اطلاع‌رسانی می‌کند. از ویژگی‌های بارز این سامانه می‌توان به الگوهای اخطار تدریجی در چهار نوبت، اعمال تلورانس قابل تنظیم (درصدی یا آمپری)، پشتیبانی از مشترکین چندفیدری با محاسبه مجموع توان مجاز و مصرف، و اطلاع‌رسانی چندکاناله اشاره کرد. نتایج ارزیابی در شرکت توزیع برق استان قزوین نشان می‌دهد که خودکارسازی پایش و اطلاع‌رسانی به واسطه سامانه پیشنهادی زمان تشخیص تخلف تا ارسال اخطار را از ۱۰۰ دقیقه به کمتر از ۱۰ دقیقه کاهش داده و خطای انسانی را به صفر رسانده می‌رساند.

۲-۱۰. کد ۱۱۵۷،

Assessing the Technological Maturity of Advanced Distribution Management Systems (ADMS): A Dual Perspective Approach

این مطالعه از رویکردی دوگانه برای ارزیابی مسیر توسعه ADMS استفاده می‌کند که ترکیبی است از: تحلیل کتاب‌سنجی انتشارات علمی برای بررسی روندهای زمانی، بازیگران کلیدی، همکاری‌ها و خوشه‌های موضوعی؛ و تحلیل پتنت برای بررسی روندهای نوآوری، حوزه‌های فناورانه و بازیگران اصلی. با ادغام این دو تحلیل، مطالعه شکاف‌ها و چالش‌ها را شناسایی، مسیرهای آینده را ترسیم و سطح بلوغ فناوری زیردامنه‌های ADMS را با استفاده از مدل‌های بلوغ اعمال‌شده بر داده‌های علمی و پتنت ارزیابی می‌کند.

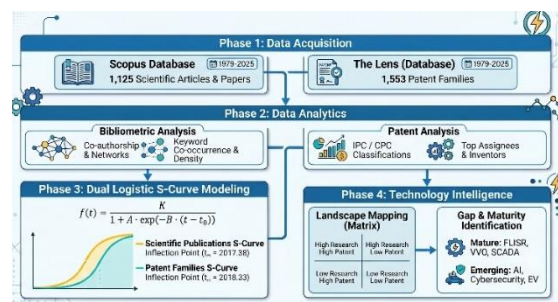


Figure ۲. Overall workflow of the proposed dual-perspective technology-intelligence framework

نتایج به‌عنوان مرجعی قابل اعتماد برای پژوهشگرانی که جهت‌های نوظهور را شناسایی می‌کنند، سیاست‌گذاری که استراتژی‌های فناوری تدوین می‌کنند و صنعت و سرمایه‌گذاری که به دنبال فرصت‌های نوآوری برای پیاده‌سازی ADMS در شبکه‌های توزیع برق هستند، در نظر گرفته شده است.

۲-۱۱. کد ۱۱۶۷، تدوین چارچوب جانمایی و تعیین فواصل بهینه برقگیرها در فیدرهای فشار متوسط

این مقاله رفتار گذارای یک خط فشار متوسط نمونه با ویژگی‌های اقلیمی استان کردستان را در محیط نرم‌افزار EMTP-RV مدل‌سازی و بیشینه فاصله مجاز میان دو برقگیر متوالی را ارزیابی کرده است. پاسخ‌های گذرای استخراج‌شده نشان می‌دهند که در صورت عدم نصب برقگیر در مقطع بحرانی خط، اضافه ولتاژهای شدید (در مقیاس کیلوولت) به سرعت در طول فیدر منتشر شده و عایق تجهیزات نواحی کم‌ریسک را نیز دچار شکست می‌کند. با اعمال برقگیرها در فواصل بهینه تعیین‌شده در شبیه‌سازی، رفتار موجی صاعقه به شدت تحت کنترل درآمده و سطح ولتاژ گره‌ها مجدداً به محدوده مجاز عایقی باز می‌گردد. خروجی‌های شبیه‌سازی به طور دقیق مشخص کردند که نصب برقگیرها در فواصل بهینه استخراج‌شده، دامنه اضافه ولتاژ را تا چه میزان محدود می‌کند و چگونه می‌توان با یک طراحی موضعی در خط، ایمنی و پایداری ۱۰۰ درصدی کل فیدر را تضمین کرد.

۲-۱۲. کد ۱۲۲۵،

Data Mining-Driven Feeder Risk Analysis and Pattern Discovery of Bird-Related Outages: A Case Study of South Khorasan Electricity Distribution Company (SKEDC) ۲۰۲۱-March ۲۰۲۶

این مقاله یک چارچوب داده‌کاوی محور برای شناسایی الگوهای زمانی، مکانی و سطح فیدر قطعی‌های ناشی از پرندگان با استفاده از سوابق قطعی شرکت توزیع نیروی برق خراسان جنوبی ایران، در بازه سال‌های میلادی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ و یک دوره مشاهده جزئی تا ۲۰ مارس ۲۰۲۶ ارائه می‌دهد. برای انجام شبیه‌سازی و نیز شناسایی الگوهای تکرارشونده قطعی، مکان‌های پرخطر و فیدرهایی با فراوانی رویداد نامتناسب تحلیل‌های مختلفی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که قطعی‌های ناشی از پرندگان به‌طور یکنواخت در شبکه توزیع نشده‌اند و تعداد محدودی از

فیدرها و مناطق مکانی سهم قابل توجهی از رویدادهای ثبت شده را به خود اختصاص می‌دهند. این یافته‌ها از اولویت‌بندی مداخلات پیشگیرانه، از جمله نصب حفاظ پرنده، منحرف کننده پرنده، بهبود عایق‌بندی و برنامه‌های بازرسی هدمند پشتیبانی می‌کند.

۱۳-۲. کد ۱۲۴۲، بازسازی موقعیت مشترکین شبکه توزیع برق با پالایش تکرارشونده بر پایه میانگین مربعات خطا، کنترل پهنه مأمور-روز و استنتاج همسایگی

این پژوهش چارچوبی داده‌کاوی مکانی برای بهبود دقت موقعیت مشترکین با استفاده از قرلئت‌های میدانی چنددوره‌ای ارائه می‌دهد. روش پیشنهادی پنج مرحله‌ای شامل حذف رکوردهای نامعتبر، پالایش نقاط پرت با MSE، اعتبارسنجی پهنه مأمور-روز، تشخیص تکرار بین رمزهای متوالی و استنتاج همسایگی است. پیاده‌سازی در QGIS روی ۲۴۱۳۳ رکورد واقعی شهرستان گمیشان نشان داد میانگین مختصات باکیفیت از ۲۴/۲۲ به ۶/۴۲ نقطه برای هر مشترک کاهش یافت و میلنه MSE نهایی به ۲/۸۷ متر رسید. روش بدون نیاز به یادگیری ماشین پیچیده، لایه مکانی قابل اتکایی تولید می‌کند.



شکل ۳- پهنه های مأمور روز کار ساخته شده با پوش مقعر

۱۴-۲. کد ۱۲۴۴،

A Multi-Dimensional Trade-off Analysis of UHF and Cellular Communication Infrastructure for Distribution SCADA

این مقاله در حوزه طراحی زیرساخت‌های مخابراتی متعلق به اتماسیون شبکه‌های توزیع برق بوده و چارچوبی چندبعدی برای مقایسه زیرساخت‌های ارتباطی UHF و سلولی در SCADA توزیع ارائه می‌کند. با داده‌های پنج‌ساله شرکت توزیع خراسان رضوی، دسترس‌پذیری نظری UHF بالای ۹۹/۹٪ در برابر ۹۸٪ سلولی بود، اما در PDR میدانی تفاوت معناداری دیده نشد (۹۵/۷۰٪ در برابر ۹۶/۴۴٪). با وجود CAPEX بالاتر، TCO

پنج‌ساله UHF کمی کمتر و هزینه هر فرمان قابل اعتماد ۲۲٪ کمتر بود. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که هزینه‌های بستر UHF به ازای هر RTU با افزایش تراکم RTU کاهش می‌یابد، اگرچه این کاهش به دلیل غلبه مودم UHF بر هزینه‌ها، ناچیز است. ضمن اینکه این چارچوب برای انتخاب فناوری ارتباطی مبتنی بر شواهد قابل تکرار است.

۱۵-۲. کد ۱۲۵۴،

Outage Reduction in Distribution Networks through Placement of GSM-Based Fault Indicators Based on Energy Not Supplied and Actual Telecommunication Coverage: A Case Study of the ۲۰ kV Distribution Network of Sistan and Baluchestan Province

این مقاله مکان‌گذاری ۴۵۰ شاخص خطای GSM در شبکه ۲۰ کیلوولت سیستان و بلوچستان را با در نظر گرفتن همزمان معیار انرژی توزیع نشده و پوشش واقعی مخابرات بررسی می‌کند. لازم به ذکر است که نشانگرهای خطای مجهز به مودم‌های GSM علی‌رغم امکان ارسال پیام‌های مربوط به وقوع خطا که منجر به کاهش زمان بازرسی‌های میدانی و بهبود شاخص‌های پایداری شبکه می‌شود، اما کارایی آنها به شدت وابسته به انتخاب محل نصب مناسب از نظر الکتریکی و نیز وجود پوشش مخابراتی مطلوب در آن مکان است. سه سناریو شامل حالت ایده‌آل، نیمه‌بهمینه با نقاط ذخیره دارای پوشش و حالت واقعی مقایسه شد. نتایج نشان داد استفاده از نقاط ذخیره دارای پوشش، کاهش انرژی توزیع نشده را نسبت به حالت واقعی حدود دو برابر می‌کند و به ۳۳٪ ظرفیت حالت ایده‌آل می‌رسد.

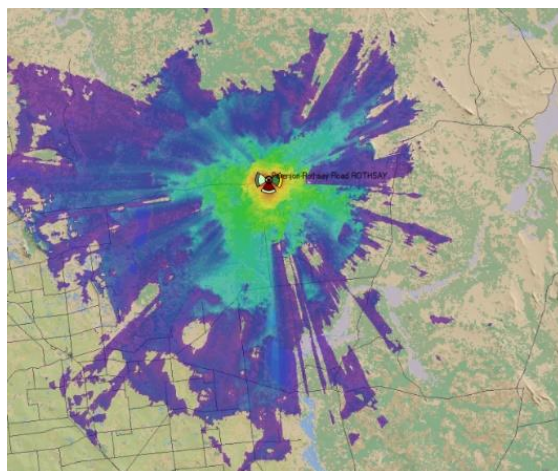


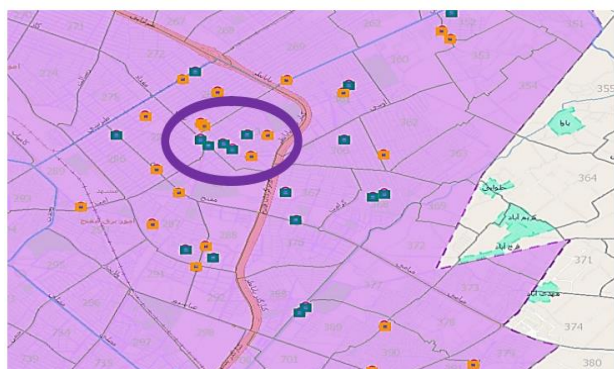
Figure ۴. Example Atoll Rx-Level coverage simulation used for the GSM coverage assessment workflow.

۲-۱۶. کد. ۱۲۸۷

خورشیدی ۵۰۰ کیلووات، حمله به RTU ولتاژ را از ۱/۱۰ به ۱/۱۲ پریونیت تغییر می‌دهد. با تخمین گر WLS و آزمون باقیمانده، ولتاژ واقعی ۱/۰۲ پریونیت تخمین زده شده و حمله آشکار می‌شود؛ سیستم به طور خودکار داده مخرب را جایگزین کرده و از افت تولید تجدیدپذیر جلوگیری می‌کند.

۲-۱۹. کد. ۱۳۱۰، مدل اتوماسیون تصمیم‌گیری فنی- اقتصادی برای انتخاب بهینه ترانسفورماتور در شبکه توزیع جهت مدیریت گذر از پیک بار (مطالعه موردی امور برق شهید مفتاح توزیع نیروی برق مشهد)

این مطالعه مدل اتوماسیون تصمیم‌گیری فنی-اقتصادی برای انتخاب بهینه ترانسفورماتور توزیع در شرایط گذر از پیک بار ارائه می‌دهد. شاخص‌هایی نظیر تلفات انرژی، افت ولتاژ، ظرفیت بارپذیری، سرمایه‌گذاری و بازگشت سرمایه ارزیابی شده و سامانه با تصمیم‌گیری چندمعیاره گزینه بهینه را پیشنهاد می‌دهد. مطالعه موردی امور شهید مفتاح مشهد نشان داد مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی با روش‌های سنتی نشان می‌دهد که اتوماسیون تصمیم‌گیری می‌تواند نقش مؤثری در افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی در شبکه‌های توزیع داشته باشد. با انتخاب طرح پیشنهادی با هزینه‌ای معادل ۶٫۵ میلیارد ریال؛ ضمن برگشت سرمایه و کاهش بار فیدر در پیک و کاهش طول فیدر و شعاع تغذیه ترانس، تلفات ترانسفورماتور از ۱۱٫۸۳ کیلووات به ۱٫۹۷ کیلووات تغییر یافته و کاهش افت ولتاژ از ۷٫۶ به ۲٫۳ منتج می‌گردد که گامی مؤثر در دسترسی به اهداف استراتژیک، جذب اعتبارات، بهره‌وری اقتصادی و حذف اتلاف‌ها می‌باشد.



شکل ۶- رفتار بار ترانس قدرت بر اساس کنتورهای هوشمند

A Neural Network Approach for Neutral Wire Break Detection in Distribution Networks Based on Voltage Variation Monitoring

این مقاله چارچوبی مبتنی بر شبکه عصبی و تغییرات ولتاژ برای تشخیص و مکانیابی قطع سیم نول با اندازه‌گیری‌های سر فیدر ارائه می‌دهد. یک فیدر ۲۳۰/۴۰ ولت با ۱۳ مقطع نامزد شبیه‌سازی شده و بار تک‌فاز و سه‌فاز، حالت‌های متعادل و نامتعادل، ترکیب بار، تغییر ولتاژ منبع و خطای تک‌فاز به زمین به‌عنوان اختلال رقیب لحاظ شده است. ویژگی‌ها فقط از ولتاژهای قبل و بعد رویداد استخراج می‌شوند.

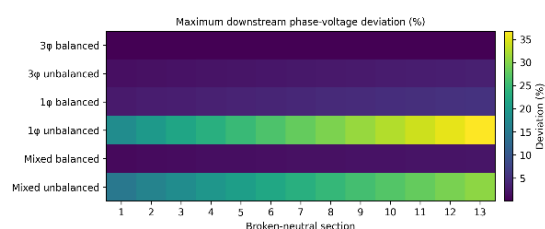


Figure ۵. Maximum downstream phase-voltage deviation for six load families and thirteen neutral-break locations.

۲-۱۷. کد. ۱۲۹۱، توسعه چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره برای تلفیق مهندسی ارزش و مدیریت دارایی‌ها در اولویت‌بندی پروژه‌های کاهش تلفات شبکه توزیع برق

این پژوهش چارچوبی چندمعیاره برای تلفیق مهندسی ارزش و مدیریت دارایی در اولویت‌بندی پروژه‌های کاهش تلفات شبکه توزیع، با تمرکز بر استان گلستان، توسعه می‌دهد. پله اول این مطالعه، تحلیل کارکرد، پالایش گزینه‌های پروژه با استفاده از اطلاعات فنی شبکه و نظر خبرگان شناسایی و از منظر کارکردی، با تکیه بر مفاهیم مهندسی ارزش می‌باشد. پس از شناسایی و پالایش گزینه‌ها، معیارهای فنی، اقتصادی، مدیریت دارایی و ریسک اجرایی تعریف و با AHP وزن‌دهی می‌شوند و گزینه‌ها با TOPSIS رتبه‌بندی می‌شوند. تحلیل حساسیت نیز برای بررسی پایداری رتبه‌ها پیش‌بینی شده است.

۲-۱۸. کد. ۱۳۰۳، افزایش تاب‌آوری شبکه‌های توزیع برق در برابر حملات سایبری از نوع تزریق داده غلط: رویکردی مبتنی بر مشاهده گر حالت و دفاع در عمق

این مقاله چارچوب دفاع چندلایه‌ای برای تاب‌آوری شبکه توزیع در برابر تزریق داده غلط ارائه می‌دهد و بر مشاهده گر حالت تمرکز دارد. در مطالعه موردی فیدر ۲۰ کیلوولت با نیروگاه

۲-۲۰. کد ۱۳۲۴،

حس‌گری به یک توانمندساز اصلی عملیات هوشمند بررسی می‌کند. معماری‌های کلاسیک توزیع و سامانه‌های متداول SCADA همچنان برای تله‌کنترل و دید نظارتی ضروری‌اند، اما به‌تنهایی برای حس‌گری مترام، تحلیل‌های نزدیک به بلادرنگ، نگهداشت پیش‌بینانه و مدیریت تهدیدات سایبری-فیزیکی در شرایط نفوذ فزاینده منابع انرژی توزیع‌شده (DER) طراحی نشده‌اند. مقاله همگرایی IoT و SCADA با رایانش لبه، پلتفرم‌های تحلیل جریانی و هوش مصنوعی را بررسی کرده و نقش آن‌ها را در بهبود آگاهی عملیاتی، برنامه‌ریزی نگهداشت، پشتیبانی از یکپارچه‌سازی تجدیدپذیرها و وضعیت امنیتی تحلیل می‌کند. بر پایه ترکیب ساختاریافته ادبیات و استانداردها، یک «چارچوب تحول توزیع هوشمند» پنج‌لایه پیشنهاد می‌شود که شامل (۱) زیرساخت و یکپارچه‌سازی داده، (۲) امنیت تطبیقی، (۳) هوشمندی و پردازش توزیع‌شده، (۴) حاکمیت و استانداردسازی، و (۵) ارزش‌آفرینی اقتصادی است. این چارچوب، انتخاب‌های فناوریانه و الزامات نهادی برای نوسازی تدریجی، از جمله ملاحظات بومی‌سازی مرتبط با شرکت‌های توزیع را سازمان می‌دهد. تأثیرات شاخص‌های کلیدی عملکرد به‌صورت تحلیلی و بدون ادعاهای عددی ساختگی بحث شده و چالش‌های باز، نقش پروتکل‌ها و جهت‌های پژوهشی آینده ترسیم شده است.

۲-۲۲. کد ۱۳۶۷،

An Integrated SCADA-Intelligent Dispatch Architecture for Resilient Power Distribution Operations

این مطالعه به چالش مراکز کنترل توزیع برای بازگرداندن سرویس پس از خطاهای فیدر، آلام‌های تجهیزات و رخداد‌های ناشی از شرایط جوی، در حین هماهنگی اکیپ‌های محدود عملیاتی می‌پردازد. مقاله یک معماری پنج‌لایه مستقل از فروشنده ارائه می‌دهد که دستگاه‌های میدانی، تحصیل داده اسکادا، میان‌افزار تصمیم‌هوشمند، ارتباطات/اعزام و نمای عملیاتی مرکز کنترل را به هم متصل می‌کند. میان‌افزار با عنوان (موتور تصمیم اعزام تطبیقی یا ADDE) یک لایه پشتیبان تصمیم‌مشورتی است که رویداد اسکادا را به یک شیء رخداد تبدیل می‌کند، شدت عملیاتی را ارزیابی می‌کند، صف را مرتب می‌سازد، فیلترهای سخت امکان‌سنجی اکیپ را اعمال می‌کند،

5G Network Slicing-Enabled Business Models for Smart Grids: A Conceptual Framework

این مقاله با تحلیل نیازمندی‌های ارتباطی کاربردهای شبکه هوشمند، چارچوبی مفهومی برای مدل‌های کسب‌وکار مبتنی بر برش شبکه 5G ارائه می‌دهد و سه دسته URLLC، mMTC و eMBB را به کاربردهایی مانند AMI، اتوماسیون توزیع و مدیریت DER نگاشت می‌کند. نقش بازیگران اکوسیستم شناسایی شده و تحلیل اقتصادی بر مطالعات منتشرشده استوار است. یک مطالعه تجاری کاهش ۸۶٪ هزینه مالکیت کل، بازگشت سرمایه پنج‌ساله و ROI حدود ۵۴٪ را برای اپراتورهای مخابراتی تا ۲۰۳۰ نشان می‌دهد، هرچند این اعداد وابسته به سناریوهای خاص هستند.

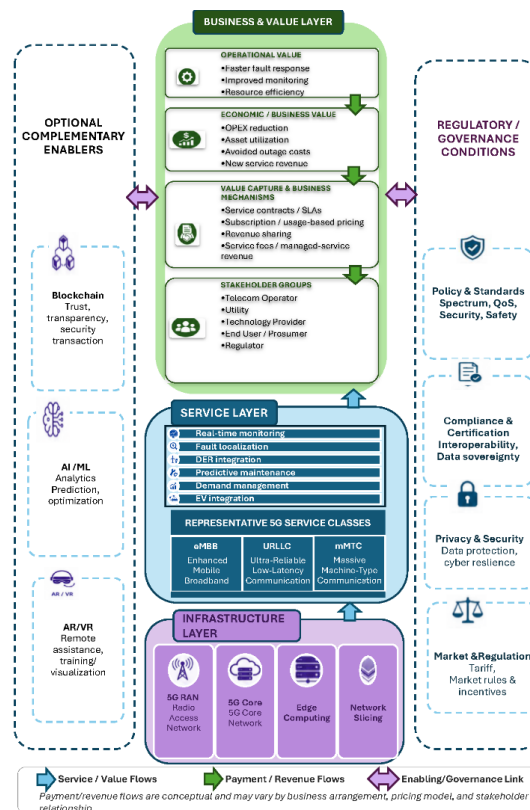


Figure ۷. Conceptual business model framework for 5G-enabled smart grids

۲-۲۱. کد ۱۳۶۶،

Smart Distribution Network Transformation: Integrating IoT, SCADA, Real-Time Analytics and Cybersecurity

این مقاله مروری-تحلیلی، تحول دیجیتال در توزیع نیروی برق را با تمرکز بر ارتقای اینترنت اشیاء (IoT) از یک گزینه حاشیه‌ای

۲-۲۴. کد ۱۳۹۸، بررسی مکانیسم‌های خرابی و روش‌های پایش وضعیت در نیروگاه‌های خورشیدی

ایده محوری این مقاله، ارائه یک مرور ساختارمند از مکانیسم‌های خرابی و روش‌های پایش وضعیت در نیروگاه‌های خورشیدی است. این مقاله یافته‌های موجود را گردآوری و دسته‌بندی می‌کند تا مشخص شود هر نوع خرابی با چه عواملی ایجاد می‌شود، چگونه قابل تشخیص است و چه اثری بر عملکرد و قابلیت اطمینان نیروگاه دارد. مشارکت اصلی مقاله در ارائه یک دیدگاه منظم و کاربردی برای شناخت بهتر خرابی‌ها و انتخاب روش‌های مناسب پایش وضعیت در نیروگاه‌های خورشیدی است. نتیجه مورد انتظار، ارائه یک دسته‌بندی منظم از مهم‌ترین مکانیسم‌های خرابی در نیروگاه‌های خورشیدی و روش‌های پایش وضعیت آن‌ها است. این جمع‌بندی می‌تواند به شناخت بهتر عیوب، انتخاب روش مناسب تشخیص و بهبود بهره‌برداری و قابلیت اطمینان نیروگاه کمک کند.

۲-۲۵. کد ۱۴۸۵،

Critical penetration level of distributed generation to maintain protection coordination in a distribution system

این مقاله تأثیر نفوذ تولید پراکنده (DG) بر هماهنگی حفاظتی را در سیستم ۳۳-bus IEEE با MATLAB/Simulink بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد افزایش نفوذ DG، جریان خطا را بالا برده و حاشیه هماهنگی رله‌ها را تخریب می‌کند. آستانه بحرانی نفوذ حدود $45\% \pm 5\%$ شناسایی شده که فراتر از آن، تنظیمات متداول رله جریان زیاد الزامات IEEE را برآورده نمی‌کند. یافته‌های این تحقیق یک معیار کمی برای تعیین زمان لازم برای بازنگری تنظیمات حفاظتی فراهم کرده و راهنمایی عملی برای برنامه‌ریزی حفاظت در شبکه‌های توزیع فعال ارائه می‌دهد.

۲-۲۶. کد ۱۴۲۵، طراحی معماری هیبریدی-SSR Electromechanical Relay برای افزایش سرعت و پایداری فرمان قطع در رله‌های حفاظتی

اکیپ‌های ممکن را رتبه‌بندی کرده و توصیه دیسپاچ صادر می‌کند. در رابطه با تحلیل کمی، در رژیم اضطراری اضافه‌بار شبیه‌سازی شده، سرویس مرتبط با ADDE ۱۴۷,۹۶۸ مشترک مدل شده را با میانگین اولویت سرویس دهی ۰/۳۹۲۳ پوشش داده است -در مقابل ۹۷,۸۵۰ مشترک و ۰/۳۲۳۲ برای اعزام اولین-آمده-اولین-سرویس شده. میانگین زمان انتظار مدل شده از ۵/۱۹۹ ساعت در صف‌بندی مبتنی بر ترتیب ورود به ۰/۶۳۲ ساعت در صف‌بندی تطبیقی آگاه به OSI کاهش یافت. مقاله بیان می‌کند که جان‌نشین‌های عملیاتی برای کارایی اعزام و اولویت‌بندی رخداد هستند و نباید به‌عنوان بهبود اندازه‌گیری شده شاخص‌های پایایی، کاهش واقعی زمان پاسخ میدانی، ROI یا نتایج رضایت مشتری تفسیر شوند.

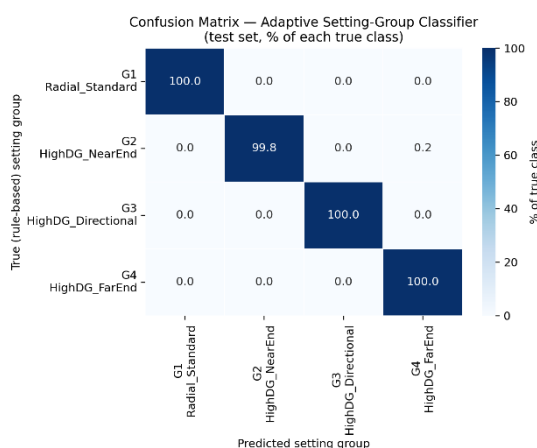
۲-۲۳. کد ۱۳۹۷، رویکردی مبتنی بر یادگیری تقویتی برای مکانیابی خطا در مدیریت بلادرنگ خاموشی‌ها

این مقاله با مرور پژوهش‌های مرتبط با مدیریت خاموشی، تجهیزات اندازه‌گیری هوشمند و اثربخشی فناوری یادگیری ماشین در تشخیص مکان خطا پرداخته و نشان می‌دهد که تلفیق این فناوری‌ها می‌تواند زمان مکانیابی خطا را کوتاه‌تر، فرآیند اعزام اکیپ‌های عملیاتی را بهینه‌سازی، گستره خاموشی را محدود و شاخص‌های قابلیت اطمینان نظیر SAIDI و SAIFI را بهبود بخشد. در نهایت یک چارچوب یکپارچه مدیریت خاموشی پیشنهاد شده است که به‌طور همزمان از داده‌های عملیاتی با تلفیق روش‌های سنتی و نوین، مکانی و هوشمند برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری بلادرنگ بهره می‌گیرد. چارچوب پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای توسعه سیستم‌های مدیریت خاموشی تاب‌آورتر و کارآمدتر در شبکه‌های توزیع هوشمند آینده مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۸- شناسایی و مدیریت خطا در بستر GIS

این مقاله یک چارچوب حفاظت تطبیقی سه‌مرحله‌ای شامل جمع‌آوری داده، استخراج ویژگی و به‌روزرسانی پویای تنظیمات را ارائه می‌دهد که از یک طبقه‌بند Gradient-Boosted Trees برای تشخیص وضعیت بهره‌برداری شبکه از روی ولتاژ، جریان و وضعیت کلیدها استفاده می‌کند و گروه تنظیمات حفاظتی مناسب را انتخاب می‌نماید. مدل پیشنهادی به دقت طبقه‌بندی ۹۹/۹ درصد دست یافته و حتی در نفوذ بالای ۹۰٪ دقتی بالای ۹۹/۷ درصد حفظ کرده است. همچنین در مقایسه با رله با تنظیمات ثابت (طراحی‌شده برای حالت بدون DG)، نرخ عملکرد صحیح از حدود ۲۶٪ به بیش از ۹۹٪ افزایش یافته است. تحلیل اهمیت ویژگی نشان داد سطح نفوذ DG و پرچم جریان توان معکوس مهم‌ترین محرک‌های تصمیم هستند. اعتبارسنجی نهایی نیازمند آزمون روی داده‌های میدانی و مدل فیدر کامل است.

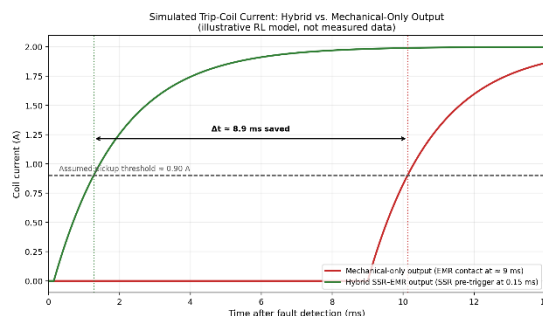


شکل ۱۰- ماتریس درهم‌ریختگی طبقه‌بندی پیشنهادی روی مجموعه آزمون (درصد از هر کلاس واقعی).

۲۹-۲. کد ۱۴۲۴ ،

Identification of Unauthorized Cryptocurrency Mining Farms Fed by Illegal Demand-Metered and Medium-Voltage Electricity Connections Using Root Cause Analysis (RCA)

این مقاله چارچوبی برای شناسایی مزارع استخراج رمزارز غیرمجاز که از اتصالات غیرقانونی فشار متوسط ۲۰ کیلوولت یا اتصالات فشار ضعیف با توان بالا (بیش از ۳۰ کیلووات) تغذیه می‌کنند، ارائه می‌دهد. گسترش این فعالیت‌ها موجب عدم تعادل انرژی، کاهش کیفیت توان، افزایش بار شبکه و خسارات مالی برای شرکت‌های توزیع شده است. با پیشرفت تشخیص مبتنی



شکل ۹- نتیجه شبیه‌سازی عددی جریان بوبین دژنکتور برای دو سناریوی خروجی صرفاً مکانیکی و خروجی هیبریدی SSR-EMR

این مقاله یک معماری هیبریدی SSR-Relay برای خروجی فرمان قطع رله‌های حفاظتی پیشنهاد می‌دهد تا سرعت بالای رله حالت جامد با ایمنی و پایداری رله الکترومکانیکی ترکیب شود. تحلیل زمانی نشان می‌دهد این معماری می‌تواند تحریک بوبین دژنکتور را ۶ تا ۱۲ میلی‌ثانیه جلوتر بیندازد، بدون کاهش ایمنی و قابلیت اطمینان.

۲۷-۲. کد ۱۴۲۷ ، مکانیابی خطا در شبکه‌های توزیع با استفاده از داده‌های کنتورهای هوشمند و یادگیری عمیق

این مقاله روشی مبتنی بر داده‌های کنتورهای هوشمند و شبکه عصبی پیش‌خور عمیق برای مکانیابی خطا در شبکه‌های توزیع ارائه می‌دهد. روش‌های امیدانسی متداول در فیدرهای دارای انشعاب با ابهام چندگانه مواجه‌اند، زیرا چند بخش می‌توانند فاصله الکتریکی یکسانی تا پست داشته باشند. روش پیشنهادی با یادگیری نگاشت بین الگوی فضایی افت ولتاژ ثبت‌شده در کنتورها و محل واقعی خطا، بخش خطادار را تشخیص می‌دهد. ارزیابی روی شبکه شعاعی ۱۴ باس با چهار انشعاب و ۷۰۰۰ سناریوی مصنوعی (مقاومت خطای ۰ تا ۱۵ اهم و حضور/عدم حضور DG) انجام شد. نتایج نشان داد روش پیشنهادی به دقت ۹۹/۸٪ و میانگین خطای مکانی ۰/۰۰۰۱۴ در واحد امیدانسی نسبی دست می‌یابد، در حالی که روش امیدانسی مرجع تنها ۳۲/۲٪ دقت و خطای ۰/۱۴۳ واحد نسبی دارد. دقت روش در برابر افزایش مقاومت خطا نیز پایدار می‌ماند. اعتبارسنجی نهایی روی داده میدانی و شبکه‌های استاندارد IEEE به‌عنوان گام بعدی پیشنهاد شده است.

۲۸-۲. کد ۱۴۲۹ ، حفاظت تطبیقی مبتنی بر یادگیری ماشین در شبکه‌های توزیع دارای منابع تولید پراکنده

۲-۳۱. کد ۱۵۱۵،

Investigating the Impact of Distribution Transformer Location on Vacuum Circuit Breaker Switching-Induced Transient Overvoltages and Evaluating the Effectiveness of SPDs in Their Mitigation

این مقاله به بررسی تأثیر موقعیت ترانسفورماتور توزیع بر اضافه‌ولتاژهای گذرای ناشی از کلیدزنی کلید خلأ (VCB) و ارزیابی اثربخشی برقگیرها (SPD) در کاهش آن‌ها می‌پردازد. کلیدهای خلأ به دلیل قابلیت قطع بالا، عمر مکانیکی طولانی و نگهداشت کم، به‌طور گسترده در شبکه‌های فشار متوسط استفاده می‌شوند، اما عملکرد آن‌ها می‌تواند اضافه‌ولتاژهای گذرای فرکانس بالا ناشی از پدیده‌هایی مانند برش جریان، اشتعال مجدد و پیش‌شروع ایجاد کند. این اضافه‌ولتاژها نه تنها تجهیزات فشار متوسط را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بلکه از طریق کوپلاژ خازنی ترانسفورماتورهای توزیع به شبکه فشار ضعیف منتقل شده و موجب افزایش تنش دی‌الکتریک، کاهش عمر تجهیزات و حتی آسیب به وسایل برقی مشتریان می‌شوند. با توجه به نفوذ روزافزون تجهیزات الکترونیکی حساس در بخش‌های مسکونی و صنعتی، بررسی این پدیده‌ها و توسعه راهکارهای کاهش آن‌ها اهمیت فزاینده‌ای یافته است.

۲-۳۲. کد ۱۵۱۷، شناسایی مشترکین مشکوک به استخراج رمز ارز در شبکه توزیع نیروی برق با استفاده از الگوریتم LightGbm

این پژوهش با استفاده از دو منبع اطلاعاتی مستقل ایجادشده توسط برنامه‌کننده‌های هوشمند، به شناسایی مشترکین مشکوک به استخراج رمزارز می‌پردازد. فایل اول با عنوان SuperVision شامل پارامترهای اندازه‌گیری‌شده توسط کنترلهای هوشمند از جمله جریان فازها، ولتاژها، توان و سایر شاخص‌های الکتریکی است و فایل دوم با عنوان Profile شامل اطلاعات مصرف مشترک نظیر مقادیر کم‌باری، میان‌باری، اوج بار و سایر شاخص‌های مصرف انرژی می‌باشد. به دلیل در دسترس نبودن دریاچه داده، از برنامه فراب استفاده شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات این دو فایل برای هر مشترک در پنجره زمانی یک‌روزه، فرآیند مهندسی ویژگی انجام شده و علاوه بر ویژگی‌های استخراج‌شده از داده‌های خام، شاخص‌های جدیدی بر اساس رفتار مصرفی مشترکین محاسبه شده تا قدرت تفکیک مدل افزایش یابد. این ویژگی‌ها برای هر دو گروه مشترکین

بر کنتر هوشمند، بسیاری از استخراج‌کنندگان به سرقت برق روی آورده‌اند. روش پیشنهادی از تحلیل ریشه‌ای علت (RCA) برای شناسایی شاخص‌های حیاتی اتصالات غیرقانونی فشار متوسط و یافتن گلوگاه‌های اصلی برای بازرسی هدفمند استفاده می‌کند. رویکرد با شبیه‌سازی MATLAB و پیاده‌سازی عملی در یکی از شهرستان‌های استان اصفهان اعتبارسنجی شد و دقت و قابلیت اطمینان بالایی در شناسایی فعالیت‌های استخراج غیرمجاز نشان داد.

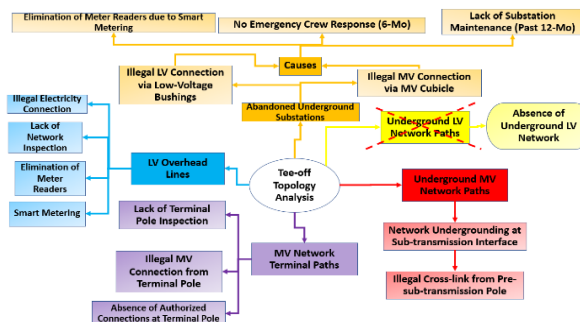


Figure ۱۱. Causes of Load Increase in Suspicious Tee-offs (RCA Analysis)

۲-۳۰. کد ۱۴۹۰،

Intelligent Spatio-Temporal Urban Load Forecasting and Distribution Feeder Expansion Planning Based on the Integration of GIS and Machine Learning

این مقاله چارچوبی هوشمند و داده‌محور برای پیش‌بینی فضایی-زمانی تراکم بار شهری ارائه می‌دهد. در روش پیشنهادی، داده‌های GIS شرکت توزیع با داده‌های طرح جامع شهری یکپارچه شده و منطقه مورد مطالعه به سلول‌های شبکه‌ای تقسیم می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی شامل مدل CA-Markov برای شبیه‌سازی گسترش فیزیکی شهر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند Random Forest و XGBoost برای نگاشت ویژگی‌های مکانی به مصرف‌مگاواتی بار پیک هر سلول برای افق پنج‌ساله پیش‌بینی می‌شود. خروجی این پژوهش، تولید نقشه‌های حرارتی تراکم بار با تفکیک‌پذیری بالا است که به برنامه‌ریزان شبکه امکان می‌دهد گلوگاه‌های آینده را پیش از وقوع بحران شناسایی کنند. استقرار این پلتفرم یکپارچه، رویکرد توسعه شبکه را از حالت واکنشی به proactive ارتقا داده و مسیریابی و ساخت پست‌ها و فیدرهای جدید ۲۰ کیلوولت را از منظر فنی و اقتصادی بهینه می‌کند.

۲-۳۸. کد ۱۶۶۵، سیستم هوشمند یکپارچه حفاظت و امنیت شبکه‌های توزیع مدرن: رهیافت نوین مبتنی بر متدولوژی رنگ آمیزی سیگنال و یادگیری عمیق

این مقاله یک چارچوب هوشمند برای حفاظت و امنیت شبکه‌های توزیع مدرن ارائه می‌دهد که با متدولوژی رنگ آمیزی سیگنال، سیگنال‌های ترانزیست سه‌فاز را به تصاویر رنگی RGB تبدیل کرده و با شبکه عصبی پیچشی ویژگی‌های خطا و حمله را استخراج و طبقه‌بندی می‌کند. روش با داده‌های COMTRADE و در چارچوب محدودیت‌های زمانی GOOSE قادر است نوسانات ناشی از خطاهای فیزیکی را از تغییرات ناشی از حملات سایبری تفکیک کند. شبیه‌سازی روی مدل تست ۵۰۰ کیلوولتی دقتی بیش از ۹۹٪ و زمان پاسخ کمتر از ۴ میلی‌ثانیه در تشخیص نوع خطا، مکان آن و شناسایی حملات FDI نشان داد.

۲-۳۹. کد ۱۶۷۱، استراتژی بازیابی خطا در شبکه‌های توزیع مبتنی بر یادگیری تقویتی عمیق با در نظر گرفتن اولویت بندی بارهای حیاتی

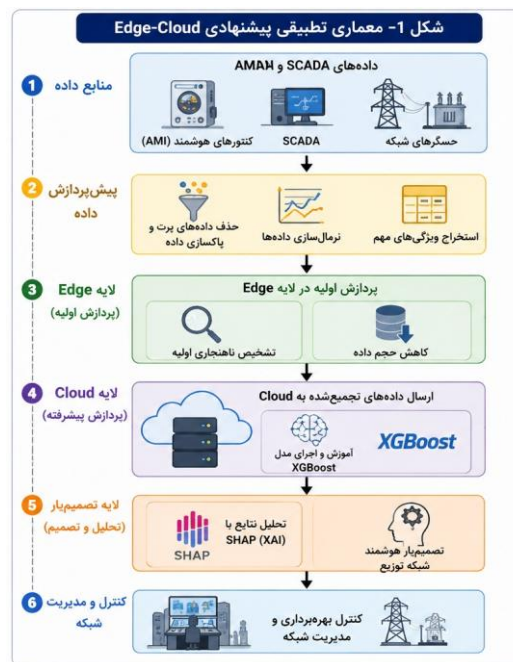
این پژوهش یک چارچوب هوشمند دومارحله‌ای برای بازیابی شبکه توزیع فعال ارائه می‌دهد. در مرحله نخست با الگوریتم ترکیبی BFS-DFS جزایر بهره‌برداری پیرامون منبع تولید پراکنده تشکیل می‌شوند تا حداکثر بارهای دارای اولویت با اتکا به منابع محلی بازیابی شوند. در مرحله دوم، مسئله بازیابی شبکه در قالب یادگیری تقویتی عمیق مدل‌سازی شده و عامل هوشمند با یادگیری سیاست‌های کلیدزنی مناسب‌ترین راهبرد بازیابی را انتخاب می‌کند. نتایج نشان داد در دو سناریو، بیش از ۸۳ و ۹۱ درصد بارهای از دست‌رفته تنها در مرحله جزیره‌بندی بازیابی شده و در نهایت تمامی بارها بازیابی گردند.

۲-۴۰. کد ۱۶۷۲،

A Hybrid Multi Level Intelligent Framework for Detection and Prioritization of Non Technical Losses in Power Distribution Networks Based on Consumption Behavior Modeling and Dedicated Representation Learning

این مقاله یک چارچوب ترکیبی چندسطحی نیمه‌نظارتی برای تشخیص تلفات غیرفنی بدون نیاز به داده برچسب‌دار سرقت یا تولید نمونه مصنوعی ارائه می‌دهد. چارچوب چهار لایه دارد: پیش‌پردازش هوشمند داده با الگوریتم eDTWBI برای

تجمیع‌شده برای پیش‌بینی بار و تشخیص ناهنجاری با الگوریتم XGBoost به لایه Cloud ارسال می‌شوند و نتایج با SHAP تفسیر می‌گردند. انتظار می‌رود این چارچوب ضمن کاهش حجم تبادل داده و زمان پاسخ، دقت پیش‌بینی بار، تشخیص ناهنجاری و کیفیت تصمیم‌گیری بهره‌برداران را بهبود دهد.



شکل ۱۳- معماری تطبیقی پیشنهادی Edge-Cloud

۲-۳۷. کد ۱۶۵۴، بررسی و تحلیل عملکرد سیستم‌های حفاظتی فیدرهای توزیع در حضور نیروگاه‌های خورشیدی، مطالعه موردی: شبکه توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان

این مقاله عملکرد سیستم‌های حفاظتی فیدرهای توزیع را در حضور نیروگاه‌های خورشیدی با تمرکز بر فیدر خانه سرخ از شبکه توزیع جنوب استان کرمان بررسی می‌کند. تمرکز اصلی بر رله‌های اضافه‌جریان است و رفتار سیستم در شرایط بدون نیروگاه خورشیدی و پس از اتصال این منابع مقایسه می‌شود. نتایج نشان داد حضور منبع تولید پراکنده بسته به محل خطا و محل اتصال نیروگاه می‌تواند رفتار متفاوتی ایجاد کند؛ در خطاهای نزدیک به پست، اثر نیروگاه ناچیز است و با افزایش فاصله خطا از منبع اصلی، سهم جریان تولید پراکنده و تغییرات مشاهده‌شده توسط رله‌ها محسوس‌تر می‌شود.

این پژوهش یک روش داده‌محور مبتنی بر شبکه عصبی ترکیبی CNN-LSTM برای مکانیابی خطا در شبکه‌های توزیع ارائه می‌دهد. فیدر استاندارد ۳۳ باسه در DigSILENT PowerFactory مدل‌سازی شده و انواع خطاهای اتصال کوتاه در نقاط مختلف اعمال می‌گردد. جریان‌های سه‌فاز به‌عنوان ورودی مدل استفاده شده و CNN ویژگی‌های مکانی-فرکانسی سیگنال را استخراج می‌کند، در حالی که LSTM الگوهای زمانی را یاد می‌گیرد. خروجی مدل مختصات مکانی خطا (X,Y) است. نتایج نشان می‌دهد مدل پیشنهادی دقت بالایی در تعیین محل خطا داشته و نسبت به روش‌های سنتی در برابر تغییرات بار و نویز اندازه‌گیری پایدارتر است.

۳- بحث و تحلیل

بررسی ۴۲ مقاله پذیرفته‌شده در محور «اتوماسیون، حفاظت و کنترل توزیع» نشان می‌دهد که اگرچه عنوان محور بر سه مؤلفه اصلی اتوماسیون، حفاظت و کنترل تأکید دارد، دامنه واقعی پژوهش‌های ارائه‌شده بسیار گسترده‌تر بوده و موضوعاتی نظیر هوش مصنوعی، تحلیل داده، ارتباطات، امنیت سایبری، مدیریت دارایی، پیش‌بینی بار، مدیریت خاموشی، منابع تولید پراکنده و تاب‌آوری شبکه را نیز دربرمی‌گیرد. از این منظر، مجموعه مقالات را می‌توان بازتابی از گذار تدریجی شبکه توزیع از یک ساختار عمدتاً تجهیزات‌محور و واکنشی به سوی یک ساختار داده‌محور، هوشمند، خودکار و تصمیم‌یار دانست. این روند با محتوای مقالات مربوط به ADMS، همگرایی IoT و SCADA، رایانش لبه، تحلیل برخط، مدیریت خاموشی و خودترمیمی شبکه به‌خوبی قابل مشاهده است.

۳-۱. دسته اول: حفاظت، تشخیص خطا، مکان‌یابی و هماهنگی حفاظتی

بزرگ‌ترین گروه موضوعی مجموعه مقالات به مسائل حفاظت و مدیریت خطا اختصاص دارد. این گروه شامل مقالاتی درباره مکان‌یابی خطا، تشخیص شکست هادی نول، محدودسازی اضافه‌ولتاژ، انتخاب و جانمایی برقگیر، هماهنگی رله‌ها و فیوزها، حفاظت تطبیقی و بررسی اثر منابع تولید پراکنده بر عملکرد سیستم‌های حفاظتی است. مقالات این دسته از دو رویکرد اصلی استفاده کرده‌اند: رویکردهای کلاسیک مبتنی بر مدل‌های

جایگذاری مقادیر گم‌شده و حذف نقاط پرت، خوشه‌بندی رفتاری با الگوریتم تطبیقی برای گروه‌بندی مصرف‌کنندگان بر اساس الگوهای مصرف نرمال، یادگیری نمایش عمیق با Stacked Autoencoder آموزش‌دیده فقط روی داده‌های نرمال هر خوشه برای محاسبه خطای بازسازی، و طبقه‌بندی ترکیبی با Random Forest و XGBoost با ادغام ویژگی خطای بازسازی. ارزیابی روی مجموعه داده واقعی SGCC با بیش از ۴۲۰۰۰ مصرف‌کننده، انتظار AUC حدود ۰/۹۸، دقت بیش از ۹۵٪، نرخ مثبت کاذب زیر ۴٪ و تشخیص سرقت با کاهش مصرف تا ۱۰٪ را نشان می‌دهد.

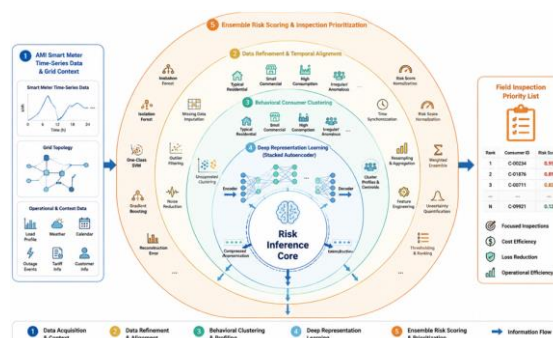


Figure ۱۴. Proposed hybrid multi-level framework for detection and prioritization of non-technical losses.

۲-۴۱. کد ۱۶۸۰، تشخیص خرابی خازن‌ها در بانک خازنی در شبکه‌های توزیع به منظور جلوگیری از گسترش خطا به خازن‌های دیگر

این پژوهش روشی ارائه می‌دهد که بدون افزودن تجهیزات حفاظتی جدید و تنها با استفاده از داده‌های ابتدای فیدر و تحلیل تغییرات توان‌های اکتیو و راکتیو در پست‌های فوق توزیع، سوختن المان‌های داخلی واحدهای خازنی را تشخیص می‌دهد و از گسترش خطا به واحدهای سالم جلوگیری می‌کند. با تحلیل مداری و شبیه‌سازی نشان داده شد می‌توان خرابی بانک خازنی را با هزینه بسیار کم تشخیص داد. برای تعیین دقیق حد آلام نیز با توجه به مدل بانک خازنی و تحلیل مداری، تعداد المان خازنی که می‌تواند آسیب ببیند به‌گونه‌ای مشخص می‌شود که ولتاژ واحدهای سالم از ۱/۱ برابر ولتاژ نامی عبور نکند.

۲-۴۲. کد ۱۷۳۲، مکانیابی خطا در شبکه‌های توزیع با استفاده از مدل ترکیبی CNN-LSTM مبتنی بر داده‌های شبیه‌سازی شده در DigSILENT

الکتريکی و شبیه‌سازی گذرا، و رویکردهای داده‌محور مبتنی بر شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین.

۲-۳. دسته دوم: اتوماسیون، SCADA، ADMS، ارتباطات و کنترل هوشمند

دومین جریان اصلی مقالات به معماری و زیرساخت اتوماسیون شبکه اختصاص دارد. در این دسته، موضوعاتی از قبیل همگام‌سازی زمانی، وابستگی عملیاتی به SCADA، بلوغ ADMS، زیرساخت مخابراتی، شاخص‌های خطای مبتنی بر GSM، ارتباطات UHF و سلولی، فناوری G5، Cloud-IoT، Edge، مراکز کنترل و اعزام هوشمند و در نهایت خودترمیمی شبکه بررسی شده‌اند.

۳-۳. دسته سوم: پایش وضعیت، مدیریت دارایی و اندازه‌گیری هوشمند

گروه دیگری از مقالات بر تجهیزات و کیفیت داده‌های اندازه‌گیری متمرکز هستند. کد ۱۰۵۵ چارچوبی برای ارزیابی سلامت ترانسفورماتورها و نگهداشت پیش‌بینانه بر مبنای IoT و هوش مصنوعی پیشنهاد کرده است. کد ۱۰۸۱ نیز قابلیت پیش‌بینی خرابی کنتورهای هوشمند را در یک شرایط اقلیمی واقعی بررسی کرده و از مدل ترکیبی MLP-CNN استفاده کرده است.

در حوزه اندازه‌گیری، کد ۱۰۶۱ اثر روش مثلث باز در اندازه‌گیری ولتاژ و ایجاد مؤلفه توالی منفی را بررسی کرده و کد ۱۳۹۸ به‌صورت مروری، مکانیسم‌های خرابی و روش‌های پایش وضعیت در نیروگاه‌های خورشیدی را دسته‌بندی کرده است. در ادامه، کد ۱۶۸۰ نیز روشی برای تشخیص خرابی داخلی بانک‌های خازنی با استفاده از تغییرات توان اکتیو و راکتیو ارائه می‌دهد.

۴-۳. دسته چهارم: تحلیل داده، مدیریت مصرف، تلفات و برنامه‌ریزی شبکه

بخش قابل توجهی از مقالات مستقیماً به استفاده از داده‌های عملیاتی و مصرف برای حل مسائل مدیریتی و برنامه‌ریزی پرداخته‌اند. کد ۱۰۴۳ مسئله تأثیر ساختار تعرفه بر مدیریت بار و مصرف برق را بررسی کرده و کد ۱۱۰۰ به خودکارسازی تشخیص و اطلاع‌رسانی تخلفات مشترکان پرداخته است. کدهای ۱۴۷۴ و ۱۵۱۷ نیز شناسایی استخراج رمزارز غیرمجاز را

با اتکا به داده‌های اندازه‌گیری و الگوریتم‌های تحلیل داده دنبال کرده‌اند.

در حوزه قابلیت اطمینان و برنامه‌ریزی نیز کد ۱۲۲۵ با داده‌های واقعی قطعی‌های ناشی از پرندگان، الگوهای مکانی و زمانی خرابی را استخراج کرده و کد ۱۲۹۱ یک چارچوب چندمعیاره برای اولویت‌بندی پروژه‌های کاهش تلفات ارائه می‌دهد. کد ۱۳۱۰ نیز انتخاب ترانسفورماتور را در شرایط گذار از پیک بار به یک مسئله تصمیم‌گیری فنی-اقتصادی تبدیل کرده و کد ۱۴۹۰ با تلفیق GIS و یادگیری ماشین، پیش‌بینی فضایی-زمانی بار شهری و توسعه آینده فیدرها را هدف قرار داده است.

۵-۳. دسته پنجم: امنیت سایبری، تاب‌آوری و حفاظت سایبری-فیزیکی

موضوع امنیت سایبری نسبت به سایر حوزه‌ها تعداد مقالات کمتری را به‌صورت مستقیم به خود اختصاص داده، اما از نظر مفهومی یکی از مهم‌ترین روندهای نوظهور مجموعه است. کد ۱۳۰۳ یک چارچوب دفاع چندلایه در برابر حملات تزریق داده غلط ارائه کرده و نشان می‌دهد که مشاهده‌پذیری و تخمین حالت می‌تواند بخشی از سازوکار دفاعی شبکه باشند. کد ۱۶۶۵ نیز تشخیص همزمان خطاهای فیزیکی و حملات سایبری را با استفاده از پردازش سیگنال و شبکه عصبی دنبال می‌کند.

۶-۳. روندهای فناورانه غالب

یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های این مجموعه، حضور گسترده روش‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، داده‌کاوی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی است. این رویکردها در موضوعات مختلف از مکان‌یابی خطا و حفاظت تطبیقی گرفته تا پیش‌بینی بار، تشخیص تلفات، نگهداشت، بازیابی شبکه و جانمایی تجهیزات مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بر مبنای یک طبقه‌بندی عملیاتی، بیش از نیمی از مقالات دارای یک جزء مشخص از یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، داده‌کاوی یا بهینه‌سازی هستند. در واقع می‌توان گفت هوش مصنوعی در این مجموعه از یک «فناوری جانبی» به یک «ابزار حل مسئله» تبدیل شده است.

روند دوم، افزایش اهمیت منابع تولید پراکنده و تغییر ماهیت شبکه است. تعدادی از مقالات به‌صورت مستقیم اثر واحدهای تولید پراکنده و نیروگاه‌های خورشیدی را بر حفاظت، هماهنگی

اتوماسیون، SCADA، ADMS و ارتباطات با ۱۱ مقاله، و تحلیل داده، مدیریت مصرف، تلفات و برنامه‌ریزی شبکه با ۱۰ مقاله نیز سهم قابل توجهی دارند؛ در کنار این موارد، پایش وضعیت، مدیریت دارایی، امنیت سایبری، تاب‌آوری و خودترمیمی نیز به‌عنوان جریان‌های روبه‌رشد مطرح شده‌اند. در مجموع، محتوای مقالات بیانگر حرکت تدریجی شبکه‌های توزیع از ساختارهای سنتی و واکنشی به سمت شبکه‌هایی داده‌محور، هوشمند، متصل، تطبیقی و تاب‌آور است؛ به‌گونه‌ای که اندازه‌گیری، ارتباطات، تحلیل داده، حفاظت و کنترل بیش از گذشته در قالب یک معماری یکپارچه دیده می‌شوند. از این رو، جهت‌گیری غالب این محور را می‌توان حرکت به سوی اتوماسیون و تصمیم‌گیری هوشمند مبتنی بر داده، با تأکید هم‌زمان بر قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری شبکه دانست؛ روندی که در سال‌های آینده، توسعه زیرساخت‌های ارتباطی، اعتبارسنجی میدانی الگوریتم‌ها، یکپارچه‌سازی سامانه‌ها و تقویت امنیت سایبری را به یکی از الزامات اصلی تحول شبکه‌های توزیع تبدیل خواهد کرد.

سپاسگزاری

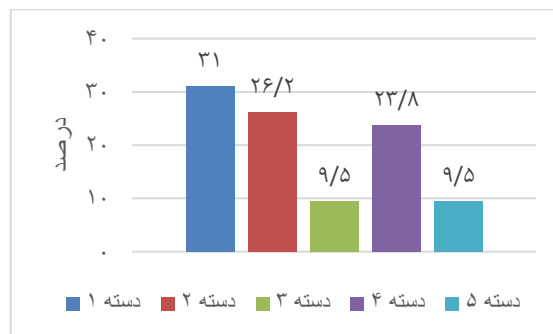
از یکایک داوران محترم محور چهارم کنفرانس سیرد که در مرحله ارزیابی اولیه و ارزیابی نهایی نهایت مساعدت و همکاری را با این محور داشتند نهایت تشکر و امتنان را داریم.

رله‌ها، بازیابی شبکه و تغییرات جریان توان بررسی کرده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که شبکه آینده دیگر یک شبکه یک‌طرفه کلاسیک نیست و تجهیزات حفاظتی و کنترلی باید برای شرایط بهره‌برداری پویا طراحی شوند.

روند سوم، حرکت از اتوماسیون منفرد به سمت معماری‌های یکپارچه است. در این نگرش، IoT، GIS، SCADA، AMI، رایانش لبه، Cloud، سامانه مدیریت خاموشی و ADMS اجزای مستقل نیستند، بلکه بخش‌هایی از یک معماری اطلاعاتی و کنترلی واحد محسوب می‌شوند. این موضوع به‌طور مشخص در مقالات مرتبط با ADMS، تحول دیجیتال، Cloud-Edge و مدیریت هوشمند خاموشی دیده می‌شود.

جمع‌بندی تحلیلی

در مجموع، ۴۲ مقاله پذیرفته‌شده را می‌توان تصویری نسبتاً جامع از تحول شبکه‌های توزیع در دوره گذار به سمت شبکه هوشمند دانست. بخش قابل توجهی از مطالعات همچنان بر مسائل کلاسیک و حیاتی نظیر حفاظت، اضافه‌ولتاژ، مکان‌یابی خطا و هماهنگی تجهیزات تمرکز دارند؛ اما در کنار آنها، موج جدیدی از پژوهش‌ها حول هوش مصنوعی، داده‌کاوی، ارتباطات نوین، ADMS، IoT، Cloud-Edge، امنیت سایبری و خودترمیمی شکل گرفته است.



شکل ۱۴- درصد مقالات تعلق یافته به دسته بندی های ۵ گانه

نتیجه‌گیری

در مجموع، بررسی ۴۲ مقاله پذیرفته‌شده در محور «اتوماسیون، حفاظت و کنترل توزیع» نشان می‌دهد که پژوهش‌های این محور در نقطه تلاقی میان مسائل کلاسیک شبکه توزیع و فناوری‌های نوین هوشمندسازی قرار گرفته‌اند. اگرچه حفاظت، تشخیص خطا و هماهنگی حفاظتی با ۱۳ مقاله و سهم ۳۱ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند، حوزه‌های