ارائه مدل علّی حلقوی بهبود متوسط خاموشی هر مشترک در سال برای شرکتهای توزیع برق در بستر پویایی شناسی سیستم‌ها

روح ا... راد[1]
دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی(تحقیق در عملیات)- دانشگاه فردوسی مشهد
علیرضا پویا*
استاد مدیریت دانشگاه فردوسی مشهد
حبیب رجبی مشهدی
استاد مهندسی برق دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

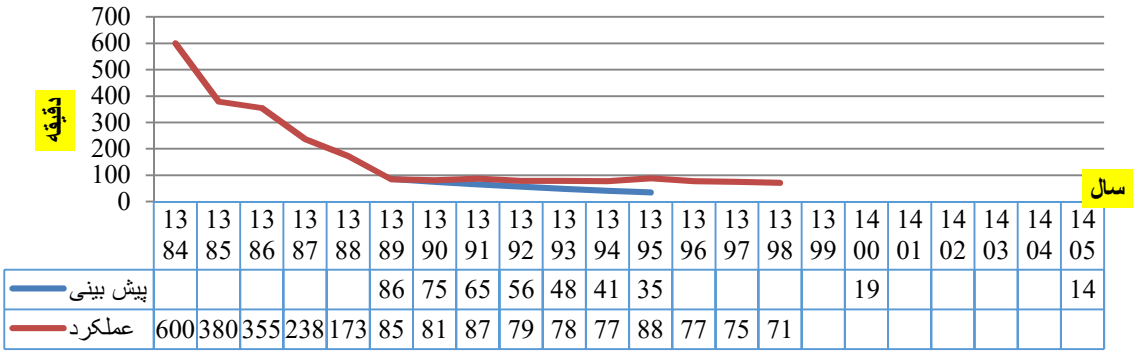
کنترل تحقق اهداف سازمانی منطبق بر برنامه و روند پیش‌بینی شده یکی از ابزارهای سازمان‌های امروزی برای بررسی عملکرد سازمان است؛ ابزاری که بتواند آینده تحقق برنامه‌ها و پیاده‌سازی سیاست‌های سازمان را تا حدودی پیش‌بینی نماید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود؛ یکی از این ابزارها، پویایی شناسی سیستم‌ها در بستر تفکر سیستمی است. مسئله‌ای که در این تحقیق تلاش شده تا با این تکنیک اقدام به شناسایی عوامل موثر و روابط متقابل در روند رفتار آن بررسی و مدل علّی حلقوی آن تعیین شود، متوسط خاموشی هر مشترک در سال است، که از منظر شرکت‌های توزیع برق، شاخصی استراتژیک می‌باشد. رویکرد اصلی در این تحقیق، طبیعت‌گرایانه، کیفی، کاربردی و توصیفی است؛ در این تحقیق تلاش شده است تا در مدل‌سازی برخلاف تحقیقات گذشته، علاوه بر توجه به عوامل فنی به عوامل غیرفنی دخیل در روند رفتار شاخص مورد بحث در دو حوزه خاموشی‌های بابرنامه و بی‌برنامه و روابط متقابل این عوامل پرداخته شود و مدلی جامع‌تر ارایه گردد. نتایج حاصل از این اقدام ارائه مدلی با در نظرگرفتن حلقه‌هایی در حوزه‌های اثرگذاری نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان، آنالیز علل ریشه‌ای وقوع عیوب، مالی، نیروی انسانی، حوادث و اتفاقات، عملیات خط گرم، مانور، اتوماسیون و هوشمندسازی شبکه توزیع برق، بازار برق ، تولید پراکنده و مصرف انرژی مشترکین بر روند شاخص استراتژیک متوسط خاموشی هر مشترک در سال می‌باشد.

واژگان کلیدی: پویایی شناسی سیستم‌ها، سایدی، انرژی توزیع نشده، مدل علّی حلقوی

[1] radskedc@gmail.com
[*2] alirezapooya@gmail.com

۱- مقدمه

شرکت توزیع‌نیروی‌برق‌مشهد براساس چشم‌انداز 1405+ برنامه استراتژیک خود، بایستی تا سال ۱۴۰۵ هجری شمسی، به متوسط ۱۴ دقیقه خاموشی هر مشترک در سال در بخش انرژی توزیع نشده خود برسد. لذا ضروری است که عوامل مؤثر بر روند تحقق هدف مورد نظر بررسی گردیده و میزان اثربخشی هرکدام در سناریوهای متفاوت پایش شود. این عوامل را می‌توان در قالب دو زیر مجموعه عوامل "فنی" و "غیرفنی" (انبیائی، ۱۳۸۳) تقسیم‌بندی نمود. عوامل فنی، آن دسته عواملی هستند که دراثر ساختار فیزیکی شبکه برق‌رسانی، رفتارهای متفاوتی در افزایش یا کاهش نرخ خاموشی ایفا می‌نمایند و عوامل غیرفنی، آن دسته عواملی است که با ساختار فیزیکی و توپولوژی شبکه برق رسانی، ارتباط مستقیمی ندارند، لکن رفتارهای‌شان باعث تغییر نرخ خاموشی اعمال شده به مشترکین می‌شود. متوسط خاموشی هر مشترک در سال[1] یکی از موضوع‌های استراتژیک از دیدگاه صنعت برق (IEEE، ۲۰۱۲; توانیر، ۱۳۹۷) است. در شرکت توزیع برق مشهد، با توجه به اهمیت این موضوع و در زمان تدوین برنامه استراتژیک، برنامه‌ای در بازه سال‌های ۱۴۰۵-۱۳۸۹ برای کاهش این شاخص از ۸۶ به ۱۴ دقیقه در سال تنظیم و روند کاهش آن به صورت سالیانه برآورد شد. در این راستا، شرکت اقدام به تنظیم برنامه‌های عملیاتی و کنترل آن در قالب جداول کنترل روند نمود تا بتواند این برنامه‌ها را به نحو مناسبی پیاده‌سازی و پایش نماید، لکن، این شاخص در طی دوره ۹ ساله تا پایان سال ۹۸، طبق برنامه تنظیمی پیش نرفت و با اینکه براساس برنامه‌ریزی می‌بایست بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ از عدد ۸۶ دقیقه در سال به نزدیک ۲۰ دقیقه می‌رسید، به عدد ۷۲ دقیقه رسیده است(شکل ۱). با توجه به تمامی تلاش‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و تصمیمات اتخاذ شده، به‌نظر می‌رسد عوامل پنهان و آشکار در ترکیب و تعاملات پیچیده با یکدیگر، باعث کم‌اثر شدن سیاست‌ها و برنامه‌های اجرا شده در راستای تحقق هدف مورد نظر شده‌اند.



	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405
پیش بینی						86	75	65	56	48	41	35					19					14
عملکرد	600	380	355	238	173	85	81	87	79	78	77	88	77	75	71							

شکل ۱: مقایسه پیش بینی و عملکرد(رفتار مرجع) سایدی (گزارش روند تغییرات متوسط خاموشی توزیع نیروی برق مشهد۱۳۹۸)

با توجه به مطالب فوق، به علّت اثرگذاری عوامل متعدد با روابط گسترده، در میزان تغییرات شاخصِ متوسط خاموشی هر مشترک در سال ، می‌توان گفت برای حلّ این مسئله نیاز به نگاهی کل‌نگر آمیخته به تفکرسیستمی به موضوع فوق ضرورت دارد، لذا با توجه به پیچیدگی مسئله، لزوم تحلیل سیستمیِ عوامل و روابط مؤثر در رفتار میزان سایدی، در شرکت توزیع نیروی برق مشهد، بارویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها، و کشف ساختار علّی-حلقوی آن به

[1] SAIDI: System Average Interruption Duration Index – سایدی

عنوان موضوع تحقیق انتخاب شد. بدیهی است متغیّر کلیدی مورد نظر در این تحقیق متوسط خاموشی هر مشترک در سال بوده؛ البته برای مطالعه رفتار این متغیّر باید مفاهیم دیگری از قبیل میزان خاموشی خواسته، میزان خاموشی ناخواسته و کل انرژی تحویلی به مشترکین در سال را در نظر گرفت. براساس اطلاعات موجود، رفتار مرجع متغیّر کلیدی متوسط خاموشی هر مشترک در سال در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۸، روندی نزولی و هدفجو را نشان می‌دهد. این روند طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸، در یک بازه مشخص، نوسان‌های نامتقارن داشته است(شکل ۱). این رفتار نشان می‌دهد که هدف سیستم، با هدف سیاست‌گذاران در سیستم منطبق نبوده و سیاست‌های تنظیم شده، قابلیت غلبه بر مقاومت سیستم را ندارند و نیاز به بازنگری در سیاست‌های موجود و همچنین طراحی سیاست‌های جدید می‌باشد. از جمله سیاست‌های کارساز درگذشته که تاکنون در حال اجراست، استفاده از عملیات خط‌گرم در نگهداشت شبکه‌های فشارمتوسط بوده است که با توجه به تأثیرات مثبت آن، در حال توسعه به بخش فشارضعیف نیز می‌باشد. دیگر سیاست‌های طراحی شده در این بخش عبارتند از: ایجاد امکانات مانوری شبکه فشار متوسط و پیاده-سازی نتایج نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان[1] و آنالیز علل ریشه‌ای[2] در طراحی شبکه‌ها، به کارگیری روش‌های تغذیه موقت، بهبود ساختار اتفاقات و عملیات، گسترش خدمات برق روستایی، طراحی بهره‌برداری محور، بهبود نظام نگهداری و تعمیرات، اصلاح و بهینه‌سازی شبکه و تأسیسات.

با توجه به اهمّیت استراتژیک شاخص متوسط مدت زمان خاموشی هر مشترک در سال از دیدگاه شرکت‌های توزیع نیروی برق و به طور کلی صنعت برق کشور، شناخت عوامل مؤثر بر تغییرات این شاخص از جایگاه ویژه‌ای برای تدوین برنامه‌های اصلاحی مؤثر برخوردار می‌باشد. بدیهی است این شاخص، نشانگر قابلیت اطمینان شبکه برق رسانی می‌باشد که آن نیز بر شاخص استراتژیک دیگری به نام انرژی توزیع‌نشده اثر می‌گذارد. از سوی دیگر، فلسفه وجودی شرکت توزیع نیروی برق مشهد که در بیانیه مأموریت شرکت آمده است "تأمین برق مطمئن، پایدار و استاندارد" می‌باشد. با در نظر گرفتن این مأموریت، کلیدی بودن شاخص متوسط مدت زمان خاموشی هر مشترک در سال مشهود است و به طور قطع، فلسفه وجودی مذکور در خصوص کلیه شرکت‌های توزیع نیروی برق صادق می‌باشد. پس، می‌توان این شاخص را موضوعی جهان شمول برای صنعت برق در نظر گرفت. با نگاهی به سوابق مطالعات انجام شده، می‌توان به این نتیجه رسید که این مطالعات تاکنون به جنبه‌های گوناگونی در شناخت عوامل مؤثر بر تغییرات شاخص متوسط مدت زمان خاموشی پرداخته‌اند، لکن این تلاش‌ها بیشتر با نگرشی تخصصی به تأثیرات یک عاملِ خاص، بر تغییرات شاخص مذکور بوده و عوامل مختلف و تأثیر آنها بر یکدیگر به صورت همزمان مورد بررسی قرار نگرفته است. البته قاسمیان فرد و موسوی راد (۱۳۹۶) در تحقیق خود نسبت به بررسی تحلیل پویایی‌های سیستمی برق توزیع‌نشده در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان اقدام نموده‌اند که در این تحقیق نیز عوامل غیرفنی مغفول مانده و عوامل فنی نیز صرفاً از بُعد حوادث شبکه توزیع انرژی الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته اند، لذا می‌بایست با رویکرد تفکر سیستمی و استفاده از تکنیک پویایی‌شناسی سیستم‌ها مسئله را بازبینی نمود تا تأثیر تغییرات عوامل فنی و غیرفنی در تعامل با یکدیگر، به طور همزمان در رفتار شاخص متوسط خاموشی هر مشترک در سال معیّن گردد.

[1] RCM: Reliability Centered Maintenance
[2] RCA: Root Cause Analysis

۲- مبانی نظری

بزرگترین ثابت عصر مدرن، تغییر است. بعضی از این تغییرات مطلوب‌اند؛ و برخی دیگر کره زمین را به نابودی می‌کشند. تمامی این تغییرات نهادها، روالها و باورهای سنتی را به چالش می‌کشند. بیشتر تغییراتی که برای درک آن‌ها تلاش می‌کنیم، پیامدهای خواسته یا ناخواسته خود بشرند. حال آنکه غالبا تلاش‌های همراه با حسن‌نیت ما برای حل مسائل فوری، منجر به مقاومت در برابر سیاست می‌شود. یعنی سیاست‌های ما به دلیل واکنش‌های پیش‌بینی نشدهٔ انسان‌های دیگر یا طبیعت، به تعویق می‌افتد، کم‌رنگ می‌شود، یا شکست می‌خورد. در بسیاری از مواقع بهترین تلاش-های ما برای حل یک مسئله، تنها اوضاع را وخیم‌تر می‌کند. اگر افراد دارای جهان‌بینی کل‌نگر بودند، با شناخت نقاط کلیدی سیستم جهت درک بهتر و دوری از مقاومت در برابر سیاست، در هماهنگی کامل با اهداف بلندمدت سیستم رفتار می‌کردند. در واقع برای بعضی‌ها گسترش تفکرسیستمی به منظور بقای انسان‌ها حیاتی است (استرمن.، ۲۰۰۰). سنگه (۱۳۷۵) سیستم را مجموعه‌ای از عناصر با روابط داخلی که الگویی یکپارچه را تشکیل می‌دهند، تعریف می‌کند. در تعریفی دیگر شروود (۲۰۰۲) سیستم را یک جامعه از موجودیت‌های متصل به هم بیان می‌کند که بر وابستگی ارتباطات بین موجودیت‌هایی که سیستم مورد علاقه را تشکیل می‌دهند، تاکید دارد. ایکاف (۱۹۹۹) می‌گوید، سیستم یک کل است که نمی‌تواند بدون از دست دادن ویژگی‌ها و کارکردهای ضروری خود به اجزایی مستقل تجزیه شود. این ایده که سازمان یک سیستم است ریشه در گزاره‌ای کلی‌تر دارد بدین مظمون که همه ابعاد جهان طبیعی و اجتماعی به مثابه سیستم‌ها قابل توصیف هستند. این مفهوم که نظریه‌عمومی‌سیستم‌ها نامیده می‌شود عموما به زیست شناس اهل وین ، یعنی لودویگ‌وون‌برتالانفی (۱۹۰۱-۱۹۷۲) نسبت داده می‌شود (مکولی ،دبرلی وجانسون، ۲۰۰۷). تفکر-سیستمی، یعنی با نگاهی یکپارچه به پدیده‌ها نگریستن. جوهر اصلی تفکرسیستمی تغییر در نگرش است. نوعی آرایش مجدد تصویری که از پدیده‌ها داریم، یا تغییر از نگرش‌خطی (آبشاری) به نگرش‌تکرارپذیر و حلقوی. این خصوصیت تفکرسیستمی است که آدمی را قادر به مشاهده ساختارهای اصلی مسایل می‌نماید. درتفکرسیستمی تاکید، بیشتر بر ساختار داخلی سیستم است تا عناصر خارجی مشکل‌زا. تفکرسیستمی، روشی به‌منظور درک شهودی از اشیاء، سیستم‌ها و نیز الگوهای رفتاری آنهاست (قبادی، ۱۳۹۵). چالشی که همه ما با آن روبه‌رو هستیم، چگونگی حرکت از کلی‌گویی درباره افزایش سرعت یادگیری و تفکرسیستمی است به سوی یافتن ابزارها و فرایندهایی که ما را در درک بهتر پیچیدگی‌ها، طراحی سیاست‌های اجرایی بهتر و ایجاد تغییرات در سیستم‌ها، از شرکت‌های کوچک گرفته تا سازمان‌های بزرگ، یاری می‌کند. البته یادگیری درباره سیستم‌های پیچیده درحالی که خود جزئی از آنها هستید، دشوار است. گویی مسافران هواپیمایی هستیم که نه تنها با آن پرواز می‌کنیم، بلکه باید آن را از نو طراحی کنیم (استرمن.، ۲۰۰۰). پویایی‌شناسی سیستم‌ها روشی است برای بالابردن سطح یادگیری در سیستم های پیچیده. درست همان‌گونه که در خطوط هوایی برای آموزش خلبان از برنامه شبیه‌ساز پرواز استفاده می‌شود، پویایی‌شناسی سیستم‌ها نیز عمدتا روشی برای ایجاد شبیه‌سازهای پرواز در مدیریت[1] غالبا به وسیله مدل‌های شبیه‌سازی شده رایانه‌ای است تا به کمک آن بتوانیم پیچیدگی‌های پویا را درک کنیم، منشا مقاومت در برابر سیاست را بشناسیم و سیاست‌های کاراتری طراحی کنیم (استرمن.، ۲۰۰۰). یکی از عوامل عدم تحقق اهداف سازمانی، مقاومت در برابر سیاست‌های تنظیم شده برای تحقق آن می‌باشد. استرمن. (۲۰۰۰) بیان می‌کند، یکی از علل مقاومت در برابر سیاست تمایل به تفسیر تجربه به‌عنوان مجموعه‌ای از رویدادهاست. ما از کودکی آموخته‌ایم که هر رویدادی علتی دارد که خود اثر علت دیگری است که پیش‌تر

[1] management flight simulators

رخداده است. چنین توضیحات برپایه رویدادها می‌تواند به‌طور نامحدودی در یک زنجیره علت و معلولی ارسطویی گسترش یابد، تا وقتی‌که به بعضی علل اولیه دست بیابیم یا به احتمال بیشتر تمایل خود را به دنبال کردن دلایل از دست دهیم. نگرش رویدادگرا به جهان، منجربه رویکرد رویدادگرا در فرایند حل مسئله می‌شود. ما غالبا وضعیت امور را ارزیابی و آن را با اهداف خود مقایسه می‌کنیم. فاصله بین وضعیت مورد نظر ما و وضعیت مشاهده شده مسئله ما را تعریف می‌کند. شما بهترین گزینه‌ای که به نظرتان می‌رسد، انتخاب می‌کنید و آن را به‌کار می‌گیرید با امید به اینکه به نتیجه بهتری منجر شود. سیستم به راه حل شما واکنش نشان می‌دهد. راه حل دیروز مشکل امروز می‌شود. ما عروسک‌گردان نیستیم که سیستم را از بیرون تحت تاثیر قرار دهیم، ما خود جزئی از سیستم هستیم. بازخورد وجود دارد: نتایج اقدامات ما موقعیتی را که در آینده با آن روبه‌رو خواهیم شد، تعریف می‌کند. موقعیت جدید ارزیابی ما را از مسئله و تصمیماتی که در آینده می‌گیریم، تغییر می‌دهد. مقاومت در برابر سیاست به این دلیل به وجود می‌آید که ما غالبا کل محدوده بازخوردهایی را که در سیستم ما عمل می‌کنند، درک نمی‌کنیم. درحالی که اقدامات ما وضعیت سیستم را تغییر می‌دهد، سایر افراد به آن واکنش نشان می‌دهند تا تعادلی را که ما بر هم زده‌ایم، به سیستم بازگردانند (استرمن.، ۲۰۰۰). برای جلوگیری از مقاومت در برابر سیاست و یافتن سیاست‌های موثر، لازم است که مرزهای مدل‌های ذهنی خود را گسترش دهیم تا از مفهوم بازخوردهای ایجادشده به وسیله تصمیم‌هایی که می‌گیریم، بیشتر آگاه شویم. باید ساختار و پویایی سیستم‌های با پیچیدگی روزافزون را که در آنها قرار داریم، بشناسیم(استرمن.، ۲۰۰۰). هنر اصلی مدل‌سازی با روش پویایی‌شناسی سیستم‌ها کشف و معرفی فرایندهای بازخوردی است که همراه با ساختارهای حالت و جریان، تاخیرهای زمانی و غیرخطی بودن‌ها پویایی‌های یک سیستم را تعیین می‌کنند. معمولا پیچیده‌ترین رفتارها از فعل و انفعالات (بازخوردهای) میان اجزاء سیستم به وجود می‌آیند، نه از پیچیدگی خود اجزاء. همه پویایی‌ها تنها از فعل و انفعالات دو نوع از حلقه‌های بازخوردی به‌وجود می‌آیند، حلقه‌های مثبت(خودافزاینده=تمایل دارند هرآنچه را در سیستم رخ می‌دهد، تقویت کنند) و حلقه‌های منفی(خوداصلاح=تغییر را خنثی کرده با آن به مخالفت بر می‌خیزند) (استرمن.، ۲۰۰۰). از ابتدا، پویایی‌شناسی سیستم‌ها بر ویژگی چند حلقه‌ای بودن، چند وضعیتی و غیرخطی بودن سیستم‌های بازخوردی‌ای که در آن زندگی می‌کنیم تاکید داشته است (Forrester، ۱۹۶۱). تصمیمات هریک از عوامل سیستم، تنها یکی از هزاران حلقه بازخوردی را تشکیل می‌دهد که در هر سیستم فعالیت می‌کنند. این حلقه‌ها بر اعمال تصمیم‌گیرنده به دو صورت پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده تاثیر می‌گذارند: ممکن است هم حلقه‌های مثبت وجود داشته باشند و هم حلقه‌های منفی، و این حلقه‌ها شامل متغیرهای حالت و متغیرهای غیرخطی بسیاری هستند (استرمن.، ۲۰۰۰).

تعاریف متنوعی در مورد قابلیت اطمینان ارائه شده است. استانداردهای ISO840 وBS478 ، قابلیت اطمینان را بدین گونه تعریف نموده‌اند:" قابلیت اطمینان سیستم عبارت است از توانایی آن، در انجام وظیفه، تحت شرایط محیطی و بهره برداری معین برای بازه زمانی خاص" (توانیر، ۱۳۹۷). موبری (۱۹۹۹) نگهداری و تعمیرات را "تضمین ادامه فعالیت دارایی‌های فیزیکی در انجام آنچه کاربرانشان از آنها انتظار دارند" تعریف می‌کند و در تکمیل تعاریف، نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان را "فرآیندی برای تعیین آنچه باید انجام شود تا ادامه فعالیت دارایی فیزیکی در انجام آنچه کاربرانش در شرایط عملیاتی موجود می‌خواهند تضمین شود" معرفی می‌کند. موبری (۱۹۹۹) شکست(خرابی) را "عدم توانایی تجهیز در انجام خواسته کاربرانش" می‌داند و شکست کارکردی را "عدم توانایی تجهیز در انجام کارکرد در سطح استاندارد عملکرد مورد قبول کاربر" معرفی می‌کند. همچنین شکست کارکردی کلی را از

دست دادن کامل کارکرد و شکست کارکردی جزئی را گونه‌ای از شکست می‌داند که تجهیز کار می‌کند ولی در سطح غیرقابل قبولی قرار دارد. موبلی (۱۹۹۹)[۱]در تعریف تحلیل علل ریشه‌ای بیان می‌کند، یک توالی منطقی از مراحل است که محقق را از طریق فرآیند جدا کردن واقعیت‌های پیرامون یک واقعه یا شکست هدایت می‌کند. هنگامی‌که مشکل به طور کامل مشخص شد، تجزیه و تحلیل به‌طور سیستماتیک بهترین اقدامی را تعیین می‌کند که رویداد را حل می‌کند و اطمینان می‌دهد که دیگر تکرار نمی‌شود. به دلیل هزینه‌های انجام شده برای انجام چنین تحلیلی، باید قبل از انجام تحقیقات مراقبت شود.

1-2- تعاریف مرتبط با حوزه عملیاتی توزیع انرژی الکتریکی

متوسط خاموشی هر مشترک در سال: متوسط مدت زمان خاموشی یک مشترک در طول یکسال را نشان می‌دهد و بر حسب" ساعت و یا دقیقه در سال" محاسبه می شود. شبکه توزیع: شبکه، تأسیسات و تجهیزات مربوطه که در ولتاژ کمتر از ۶۳ کیلوولت کار می کنند. قطعی: عدم تأمین انرژی برای یک یا تعدادی از مشترکین متصل به شبکه توزیع که در نتیجه خروج یک یا چند تجهیز رخ می‌دهد. قطعی بابرنامه: خروج آگاهانه تجهیزات که به منظور تعمیر، تعویض، پیشگیری از خرابی و ...صورت می‌گیرد و منجر به قطعی برق مشترکین می‌شود. قطعی بی‌برنامه: خروج پیش-بینی نشده تجهیزات که منجر به قطعی برق مشترکین می‌شود. قطعی گذرا: یک مرتبه عملکرد اتوریکلوزر، به علت صفر شدن ولتاژ را خاموشی گذرا می‌گویند، کلیدزنی باید در یک دوره کمتر از ۵ دقیقه انجام شود. این تعریف شامل تمام عملکردهای ریکلوزر در ۵ دقیقه اول قطعی است. قطعی ماندگار: هر قطعی که جزء حوادث گذرا دسته‌بندی نشود، را قطعی ماندگار می‌گویند. در واقع این نوع قطعی بیش از ۵ دقیقه به طول می‌انجامد. (توانیر، ۱۳۹۷)

قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع به دلیل تأثیر بر روی هزینه‌ها و رضایتمندی مشترکین، از مهمترین موضوعات توزیع انرژی الکتریکی است. دسته‌بندی شاخص‌های قابلیت اطمینان عموماً در سه شاخه شاخص‌های قابلیت اطمینان انرژی محور، شاخص‌های قابلیت اطمینان مشترک محور و شاخص‌های قابلیت اطمینان ترانسفورماتور محور صورت می گیرد. مهمترین معیار در شاخه شاخص‌های قابلیت اطمینان انرژی محور، شاخص انرژی تأمین نشده(توزیع نشده) است. شاخص‌های قابلیت اطمینان مشترک محور، مهمترین شاخص‌های قابلیت اطمینان در سطح توزیع می‌باشند. میزان و تأثیر این شاخص‌ها از نگاه مشترکین قابل درک و مشاهده است و بالا بودن این شاخص‌ها به طور مستقیم باعث افزایش نارضایتی مشترکین می‌شود. این شاخص‌ها در دو دسته شاخص‌های ماندگار[۳]و گذرا دسته‌بندی می‌شوند.. مهمترین شاخص‌های قابلیت اطمینان مشترک محور ماندگار عبارتند از شاخص‌های SAIFI[۴]، SAIDI[۵]و CAIDI[۶]. در کشورهای فنلاند، اسپانیا و پرتغال که امکان ثبت تعداد مشترکین متأثر از حوادث وجود ندارد، از شاخص‌های قابلیت اطمینان ترانسفورماتور محور به منظور بیان شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه استفاده می‌شود. این شاخص‌ها مختص شبکه‌های فشار متوسط تعریف می‌شوند و در محاسبه آن‌ها از شبکه فشار ضعیف صرف نظر می‌شود (توانیر، ۱۳۹۷).

---

[۱](Mobley ،1999)
[۲]ENS: Energy Not Supplied
[۳]Sustained interruption indices
[۴]System Average Interruption Frequency Index
[۵]System Average Interruption Duration Index
[۶]Customer Average Interruption Duration Index

۳- پیشینه تحقیق

با بررسی پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع این تحقیق، می‌توان این موارد را با سه ماهیت کلی تقسیم‌بندی نمود: مطالعات انجام شده در خصوص انرژی توزیع نشده (خاموشی شبکه) - تحقیقات صورت گرفته بر روی موضوعات مختلف برق با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها - تحقیقات انجام شده در مورد انرژی توزیع نشده با رویکرد پویایی-شناسی سیستم‌ها. خلاصه این سه تقسیم‌بندی در جدول ۱ ارایه شده است. کوئینتارا و سوریانی (۲۰۱۷)[1]در حوزه تحقیقات انجام شده در مورد انرژی توزیع نشده با رویکرد پویایی شناسی سیستم‌ها در تحقیق خود در تشریح مدل علّی-حلقوی زیرسیستم قابلیت اطمینان سیستم توزیع، از متغیرهای قابلیت اطمینان در این بخش مانند SAIDI، SAIFI و CAIDI به عنوان متغیرهای درون سیستم نام برده‌اند، لکن خود این متغیرها به عنوان متغیر محوری در مدلسازی استفاده نشده‌اند و رفتار این متغیرها در مدلسازی مدنظر نبوده و هدف اصلی محققین برنامه ریزی مناسب برای استراتژی عملیات در سیستم تولید برق است. ثورلبای (۲۰۱۳)[2]در مقاله خود بدنبال بررسی اثرات انباشتگی پیری در دارایی‌ها است و این انباشتگی را که ناشی از صرف هزینه‌های نگهداشت برای دارایی‌ها و عدم انجام تعویض و نوسازی دارایی‌ها می‌داند را مثل یک بمب ساعتی در حوزه دارایی‌های فیزیکی تشبیه می‌کند و عقیده دارد که این پیری بیش از حد خود باعث نگرانی است. در ادامه برای نمونه یک مورد مطالعه در یک شرکت آب و برق آلمانی را که برمبنای پویایی‌شناسی سیستم انجام شده است، ارائه می‌کند و در مدل ارائه شده به رفتار سایدی در مقابل عدم تغییر سیاست موجود می‌پردازد. البته هدف اصلی محقق در این مدل‌سازی رفتار سایدی نبوده و از این شاخص برای نشان دادن اثرات عدم توجه به بمب ساعتی دارایی‌ها در یک بازه ۲۰ ساله استفاده کرده است. ضمنا در مدل علّی-حلقوی ارائه شده در مقاله نیز متغیر سایدی تعریف نشده و جزء متغیرهای اصلی مدل نیست و خود محقق در متن مقاله به این اشاره می‌کند که شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه توزیع در مدلسازی مورد مطالعاتی برای تعریف سایر مکانیسم-های بازخورد اصلی کاربرد دارند. البته این مطالعه را می‌توان نمونه‌ای خوب برای شبیه‌سازی در این حوزه درنظر گرفت.

جدول ۱: جمع بندی پیشینه تحقیقات

ماهیت تحقیق	محقق (محققین)	روش/رویکرد	هدف تحقیق
انرژی توزیع نشده (خاموشی شبکه)	دشتی و رجبی مشهدی (۱۳۸۸)	قابلیت اطمینان	جایابی بهینه ریکلوزر جهت افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع
	محمدیان و بارفروشی (۱۳۸۰)	قابلیت اطمینان	بررسی عوامل خاموشی های گذرا در فیدرهای ۲۰ کیلوولت و روش های کاهش این خاموشی ها و نقش آن بر روی شاخص های قابلیت اطمینان
	طهماسبی نژاد (۱۳۸۰)	قابلیت اطمینان/خاموشی های ناخواسته	براورد خسارت ناشی از خاموشی های ناخواسته در شبکه توزیع برق
	فخارزادگان (۱۳۸۱)	قابلیت اطمینان/رفتارسازمانی	بررسی نگرش کارکنان فنی بر نرخ خاموشی شبکه توزیع برق

[1] (Quentara و Suryani ،2017)
[2] (Thurlby ،2013)

	انصاری فرد (۱۳۹۴)	قابلیت اطمینان/الگوریتم ژنتیک/بهینه سازی	مکان یابی بهینه کلیدهای قدرت جهت کاهش انرژی توزیع نشده
	امیری (۱۳۹۵)	قابلیت اطمینان/شبکه عصبی/داده کاوی	پیش بینی و کنترل خاموشی شبکه توریع برق
	زارع رشنو ،بیرانوند ،بحرینی وخودنیا (۱۳۹۵)	قابلیت اطمینان	مدیریت قابلیت اطمینان در حضور محدودیت های مالی ، لجستیکی و جغرافیایی
	حقیقت و طالبی (۱۳۹۵)	قابلیت اطمینان	مطالعه موردی یک شبکه فشار منوسط و بررسی عوامل خاموشی بر میزان قابلیت اطمینان آن
	جاسم محمد الشاهین (۱۳۹۶)	قابلیت اطمینان/کاهش خاموشی	محاسبه قابلیت اطمینان فیدرها در نمونه مورد مطالعه ارایه پیشنهاد بهبود و شبیه سازی پیشنهادات
پویایی‌شناسی سیستم ها در برق	(برزی ،سلوکدار ،بوالحسنی وجناب زاده، ۱۳۹۶)	پویایی شناسی	بررسی رفتار مصرف انرژی برق مشترکین تجاری و تاثیر رفتارخازن و تولید کننده های پراکننده انرژی بر آن
	مهدوی ،حسین زاده وکاظمی (۱۳۹۸)	پویایی شناسی	شناسایی و معرفی بهترین استراتژی برای افزایش بهره وری انرژی در ساختمان های مسکونی در ایران
	سلمان احمد، مت طاهر، سوکی و دیگران (۲۰۱۶)[1]	پویایی شناسی	بررسی کاربرد رویکرد پویایی‌شناسی سیستم در مدل سازی بخش برق
پویایی‌شناسی سیستم ها – انرژی توزیع نشده	کوئینتارا و سوریانی (۲۰۱۷)	پویایی شناسی	برنامه ریزی مناسب برای استراتژی عملیات در سیستم تولید برق مورد نیاز در جزیره مادورای اندونزی
	ثورلبای (۲۰۱۳)	پویایی‌شناسی	مدیریت بمب ساعتی دارایی
	قاسمیان فرد و موسوی راد (۱۳۹۶)	پویایی شناسی/قابلیت اطمینان	بررسی اثرات عوامل اثرگذار بر خاموشی

قاسمیان فرد و موسوی راد (۱۳۹۶) در مقاله خود، یکی از مهمترین مأموریت‌های شرکت‌های توزیع برق را، کاهش حوادث، خاموشی‌ها و انرژی‌های توزیع‌نشده عنوان می‌کنند. در این تحقیق، با استفاده از نظریه پویایی‌های سیستمی، عوامل مؤثر بر کاهش خاموشی‌ها در شبکه توزیع برق شمال استان کرمان شناسایی و اولویت‌بندی گردیده و نتایج نشان داد که انرژی توزیع‌نشده ۷۷,۸ مگاوات ساعت با اعمال سیاست‌های بهبود به سطح ۵۵,۱۳ مگاوات ساعت در سال ۱۳۹۳ کاهش می‌یابد. با توجه به پیشینه تحقیقات صورت گرفته تاکنون، می‌توان صرفاً تحقیقی که قاسمیان فرد و موسوی راد (۱۳۹۶) در رابطه با تحلیل عوامل مؤثر بر انرژی توزیع‌نشده از دیدگاه پویایی‌های سیستمی انجام داده‌اند را به عنوان تنها نمونه تحقیق در این‌باب در ایران ذکر کرد. لکن با توجه به اینکه یک اصل اساسی در پویایی‌شناسی سیستم‌ها، بررسی موضوع از جوانب مختلف به منظور کاهش محدودیت‌های مدل‌های ذهنی و نیز به منظور در نظر داشتن و توجه به عواقب بلندمدّت و تأثیرات جانبی اقدامات ما، که مفاهیمی مثل محیط‌زیست ، فرهنگ و معنویت را در بر می‌گیرد، است(میادوس، ریچاردسون و بروکمن، ۱۹۸۲)[2] می‌توان این نقد را به مطالعه مذکور وارد دانست که

[1](Ahmad ،Mat Tahar ،Muhammad-Sukki ،Munir وAbdul Rahim ،2016)
[2](Meadows ،Richardson وBruckmann ،1982)

تنها به جوانب فنی موضوع انرژی توزیع‌نشده توجه نموده و از سایر جوانب غافل مانده است. حال با توجه به مطالب مذکور، در این تحقیق تلاش بر توجه به موضوع پویایی‌های عوامل مؤثر بر خاموشی‌ها در ابعاد فنی و غیرفنی و ایجاد دیدگاهی کل‌نگر و سیستمی به این موضوع می‌باشد. لذا می‌توان به این نتیجه رسید که این تحقیق می‌تواند در نوع خود منحصر به فرد محسوب شود.

۴- روش شناسی تحقیق

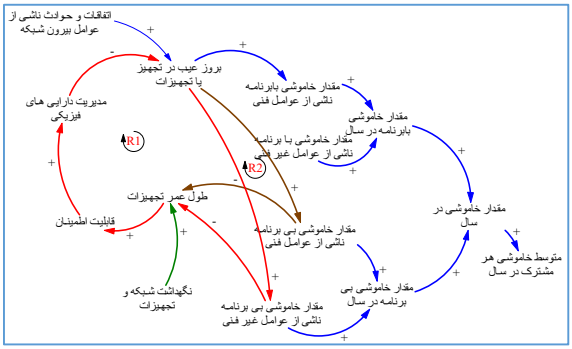
رویکرد اصلی در این تحقیق، طبیعت‌گرایانه است؛ چون توصیف واقعیت‌های مورد مشاهده در این تحقیق، به تفسیر افراد(خبرگان) و ذهنیت آنان بستگی دارد، و واقعیت چیزی نیست که همه افراد بطور یکسان آن را مشاهده کنند و تجربهٔ مشابهی از آن به‌دست آورند. روش‌های کیفی در این تحقیق مبنا می‌باشد. هدف تحقیق از نوع کاربردی درراستای توسعه دانش پویایی‌شناسی سیستم‌ها در بخش توزیع انرژی الکتریکی است. این تحقیق توصیفی است و به بررسی موردی پویایی‌های سیستمی مؤثر در میزان سایدی در شرکت توزیع نیروی برق مشهد می‌پردازد.

مطالعه اسناد، مصاحبه و تشکیل جلسات (خبرگی) ابزارهای گردآوری اطلاعات مورد نیاز این تحقیق بوده‌اند. کارشناسان و خبرگان در حوزه بهره‌برداری شرکت توزیع برق مشهد، به منظور کشف عوامل مؤثر بر تغییرات سایدی و روابط این عوامل با شرکت در جلسات مصاحبه جهت کشف مدل علّی و حلقوی ساختار ایجادکننده رفتار، مشارکت داشتند. با توجه به تشکیل کمیته تحلیل‌علل‌ریشه‌ای برای کاهش نرخ خاموشی در شرکت، در تشخیص عوامل اولیه مؤثر در خاموشی، اسناد این کمیته مطالعه و براساس نتایج آن نسبت به کشف روابط مابین این عوامل، با روش مصاحبه اقدام شد. برای چارچوب بندی مسئله(انتخاب مرز) در سه بخش انتخاب موضوع، معرفی متغیّرهای کلیدی، تعیین افق زمانی و معرفی رفتارهای مرجع اقدام و در ادامه نسبت به تدوین فرضیه پویا و مدل علّی-حلقوی مربوطه اقدام شد. فرضیه پویا نظریه‌ای است که چگونه ایجادشدن رفتار متغیرها را در بستر ساختار سیستم بیان می‌کند. فرضیه پویا این رفتارها را در قالب روابط علی و معلولی و بازخوردی نشان می‌دهد. متغیرها، پارامترها و روابط متقابل آن‌ها، ساختار سیستم را شکل می‌دهند و ساختار معین می‌کند که سیستم چگونه در موقعیت‌های مختلف از خود واکنش نشان‌داده و رفتار خواهد کرد. فرضیه پویا، نثر و نوشتاری از نمودار علّی-حلقوی است که تلاش می‌کند نمائی از نمودار فوق را با پاسخ به پرسش‌هایی چون علت بروز رفتار، چگونگی رفتار، عوامل و روابط دخیل در رفتار را برای شناخت بهتر سیستم-های پیچیده ارایه نماید.

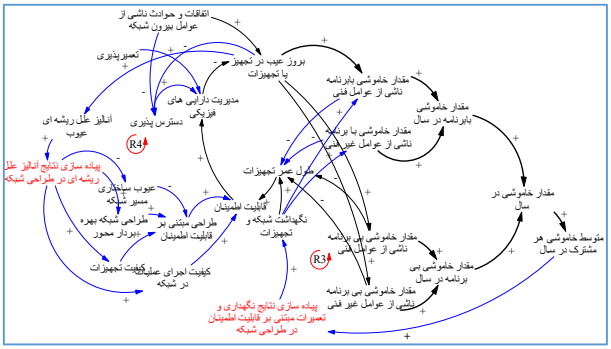
۵- مدل‌سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده‌ها (یافته‌ها)

همانگونه که بیان شد یکی از اهداف این تحقیق شناسایی عوامل فنی و غیرفنی دخیل در رفتار سایدی است. در شکل ۲ متوسط خاموشی هر مشترک در سال(سایدی) و ارتباط آن با عوامل فنی و غیرفنی ایجادکننده خاموشی تبیین شده است؛ همچنین برخی از عوامل مؤثر و رابطه علی و معلولیِ آنها را در نگاه اولیه می توان در شکل ۲ ملاحظه نمود. به عنوان نمونه، با توجه به مطالب فوق الذکر، یکی از اهداف، کاهش خاموشی بی‌برنامه ناشی از عوامل فنی است؛ حال، با نگاهی به شکل ۲ در حلقه R۱، در صورتی‌که تکرار وقوع اتفاقات و حوادث ناشی از عوامل بیرونی شبکه افزایش یابد، باعث افزایش بروز عیب در تجهیز یا تجهیزات شبکه خواهد شد و این موجب افزایش مقدارِ خاموشی بی‌برنامه(ناخواسته)

ناشی از عوامل غیرفنی می‌شود، درنتیجه، این موضوع باعث کاهش طول عمر تجهیزات شبکه، به خاطر ضربات ناشی از نیروهای الکتریکی و مکانیکی قطع و وصل شبکه خواهد شد و این کاهش، خود، عامل کاهنده قابلیت اطمینان شبکه و در نهایت کاهش سطح اثرگذاری مدیریت دارایی‌های فیزیکی درشبکه است. اثر این اتفاق در افزایش بروز عیب در تجهیز (تجهیزات) بروز خواهد کرد و این عیوب، این‌بار مقدار خاموشی بی‌برنامه ناشی از عوامل فنی را افزایش داده و مسیر کاهشِ طول عمر تجهیزات، از حلقه‌ای که خاموشی بی‌برنامه ناشی از عوامل فنی در آن قرار دارد، طی خواهد شد(شکل ۲ حلقه R۲) و این حلقه بازخوردی، در صورتی‌که توسط عامل نگهداشت شبکه و تجهیزات کنترل نشود، به صورت صعودی وقوع خاموشی‌های مکرر را در پی‌خواهد داشت. در شکل3 نحوه اثرگذاری پیاده‌سازی نتایج نگهداری-وتعمیرات مبتنی‌بر قابلیت‌اطمینان و آنالیزعلل‌ریشه‌ای عیوب در طراحی شبکه‌ها بر تغییرات مقادیر خاموشی‌ها در نمودار علّت و معلولی نشان داده شده است.همانگونه که در شکل3 حلقه R3 مشخص است پیاده‌سازی نتایج RCM به عنوان عاملی تحت تأثیر سایدی است و در صورت افزایش مقدار سایدی نیاز به تجدیدنظر در برنامه های نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان است و این خود باعث افزایش سطح عملیات نگهداشت شبکه و تجهیزات شده و متعاقب آن اثرش باعث افزایش طول عمر تجهیزات به سمت طول عمر اقتصادی آن‌ها و پیشگیری از خرابی‌های ناخواسته و افزایش سطح قابلیت اطمینان شبکه خواهد شد، در ادامه این حلقه اقدامات فوق باعث کاهش سایدی می‌شود. حلقه R4 در شکل3 بیانگر این موضوع است که اثر افزایش عیوب در تجهیز یا تجهیزات باعث افزایش نیاز به انجام آنالیزعلل‌ریشه‌ای عیوب خواهد شد و این افزایش می‌تواند در افزایش سطح بکارگیری و پیاده‌سازی نتایج حاصل از آنالیز فوق موثر باشد و درصورت افزایش در سطح بکارگیری این نتایج، اثرات آن در چهار حوزهٔ کاهش عیوب ساختاری مسیر شبکه، افزایش دقت در طراحی شبکه بهره‌بردار محور، افزایش دقت در کیفیت تجهیزات در زمان خرید و تامین کالا و افزایش کیفیت اجرای عملیات در شبکه مؤثر خواهد بود و باعث افزایش سطح قابلیت اطمینان شبکه خواهد شد؛ و این افزایش قابلیت اطمینان در شبکه در نهایت باعث کاهش بروز عیب در تجهیز یا تجهیزات می‌شود. در شکل ۴ اثرات منابع مالی و مقدار مصرف مشترکین(انرژی الکتریکی) بر سایدی در نمودار علّی و حلقوی مدلسازی شده است. با یک بررسی مشخص می‌شود که منابع مالی در ۳۲ حلقه متفاوت اثرگذار بر سایدی حضور دارد. از طرفی مقدار مصرف مشترکین علاوه بر تاثیرگذاری و تاثیرپذیری از مقادیر انواع خاموشی، بر روی منابع مالی با اثرگذاری بر فروش انرژی و وصول مطالبات، موثر است. همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود متوسط خاموشی هر مشترک در سال تابعی است از مقدار خاموشی در سال، انرژی تحویلی از شبکه بالادستی و تعداد مشترکین، که در این بین مقدار خاموشی در سال اثر مثبت بر رشد متوسط خاموشی هر مشترک در سال داشته و انرژی تحویلی و تعداد مشترکین اثر منفی دارند. از طرفی افزایش تعداد مشترکین باعث افزایش تقاضای انرژی خواهد شد و مقدار واقعی مصرف مشترکین ترکیبی از اختلاف تقاضای انرژی با اثر مثبت و مقدار خاموشی در سال با اثر منفی است. مقدار فروش انرژی و وصول مطالبات هم تابعی از مقدار مصرف مشترکین در سال با اثر مثبت می‌باشد. این روابط در حلقه R5 گواه این است که افزایش مقدار خاموشی درسال باعث کاهش فروش انرژی خواهد شد.

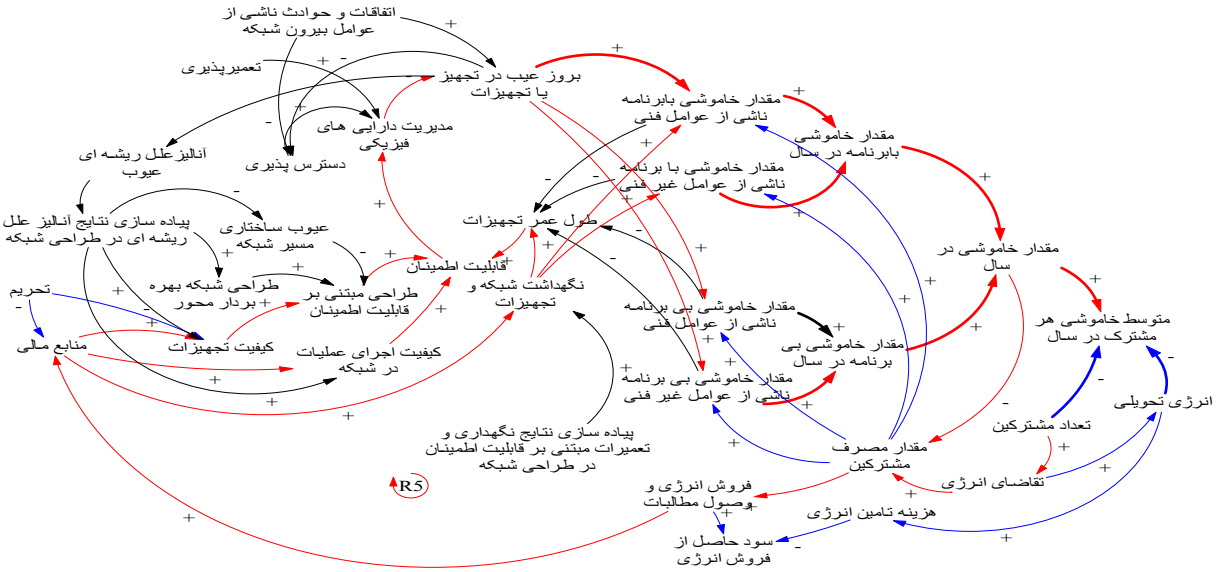


شکل ۲: نمودار اولیه بروز عیب در تجهیزات

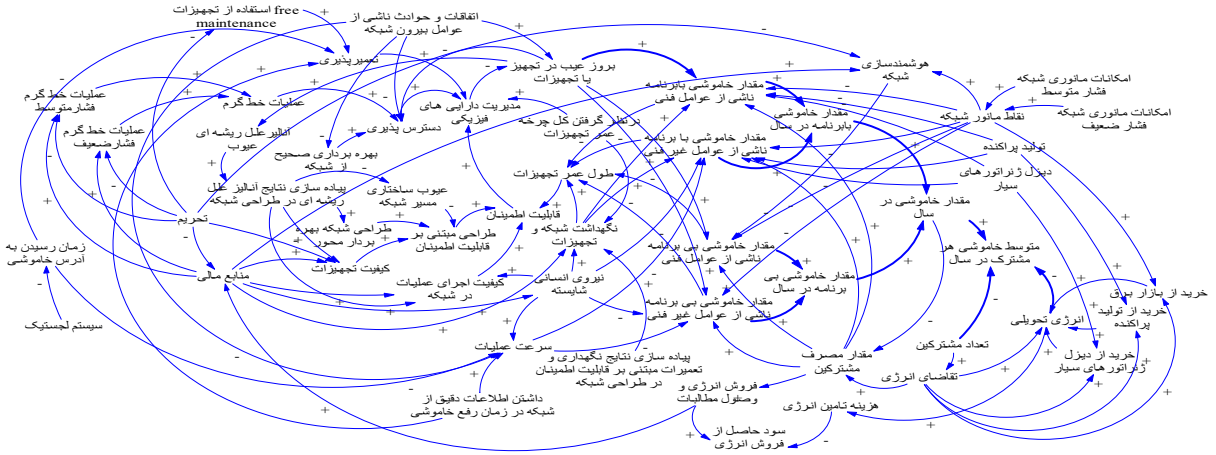


شکل3: اثرات پیاده سازی نتایج RCM و RCA

از آنجا که منابع مالی شرکت وابستگی مستقیم به فروش انرژی و درصد وصول مطالبات ناشی از آن دارد، لذا در صورت کاهش این مقادیر، منابع مالی که محرک اصلی اقدامات کاهنده خاموشی می‌باشند، تحت تأثیر واقع‌شده و امکان انجام این اقدامات از قبیل نگهداشت شبکه و تجهیزات، کیفیت اجرای عملیات در شبکه و تجهیزات خریداری شده برای شبکه تحت تاثیر واقع شده و کاهش رشد را در پی خواهند داشت. این موضوع خود، باعث رشد مثبت خاموشی در سال شده و باعث تکرار چرخه کاهش رشد منابع مالی و افزایش رشد خاموشی در سال خواهد شد. این نگاهی به اتفاقات متعدد و چرخه‌های پیچیده رفتار در سیستم است.درنهایت با اضافه کردن کلیه عوامل و روابط موثر بر سایدی شکل ۵ به عنوان مدل علّی و حلقوی فرضیه پویا تدوین شد.



شکل ۴: نمودار علّی و حلقوی اثرات منابع مالی و مصرف مشترکین



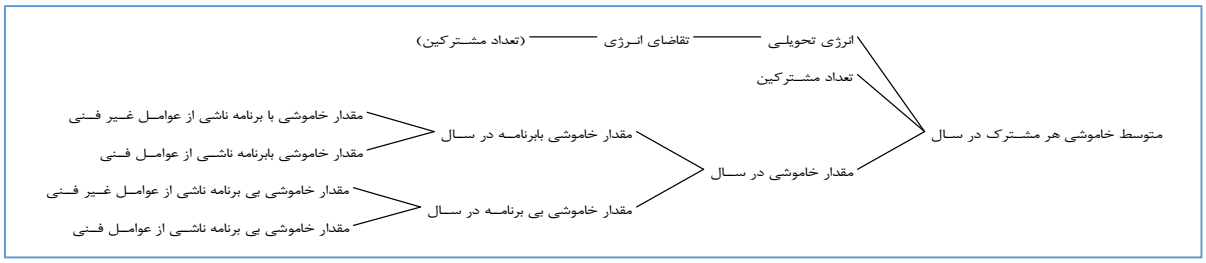
شکل ۵: نمودار علّی و حلقوی فرضیه پویا

۶- پیشنهاد و نتیجه‌گیری

با توجه به شکل ۵ می‌توان سلسله مراتب اولیه عوامل مؤثر بر تغییرات مقدار سایدی را در شکل ۶ نشان داد. همان‌گونه که شکل ۶ نشان می‌دهد افزایش مقدار زمان خاموشی در سال باعث افزایش شاخص متوسط خاموشی هر مشترک در سال می‌شود و افزایش انرژی تحویلی به شبکه و افزایش تعداد مشترکین باعث کاهش آن می‌شوند. همچنین مقدار خاموشی در سال از دو نوع خاموشی بابرنامه و بی‌برنامه تشکیل شده و هرکدام از این انواع خاموشی در دو بُعد از عوامل فنی و غیرفنی رخ می‌دهند. نمودار شکل ۵ همچنین نمایانگر عوامل بروز عیب در تجهیزات و روابط فی‌مابین آن‌ها و همچنین رابطه جمع کل عیوب بروز کرده با مقادیر خاموشی‌های بابرنامه و بی‌برنامه ناشی از عوامل فنی است. هرچه عیوب بیشتری در تجهیزات شبکه بروز کند، مقادیر خاموشی‌های مرتبط با آن افزایش خواهد یافت. عیوبی که باعث قطع برق شوند، در مرحله اول باعث افزایش مقدار خاموشی بی‌برنامه ناشی از عوامل فنی خواهند شد و در صورتی‌که توسط واحد اتفاقات و عملیات به صورت موقت اصلاح و تأمین برق گردد، در مرحله دوم جهت تعمیر اساسی درصورت انجام عملیات بصورت خط سرد[1]می‌تواند باعث افزایش مقدار خاموشی بابرنامه ناشی از عوامل فنی شود. عواملی که باعث تغییرات در تعداد بروز عیب در تجهیز یا تجهیزات می‌شوند در دو دسته اتفاقات و حوادث ناشی از عوامل بیرونی شبکه و دلایلی که از نحوه عملکرد مدیریت دارایی‌های فیزیکی در درون شبکه هستند، تقسیم‌بندی می‌شوند. بدیهی است که افزایش اتفاقات و حوادث ناشی از عوامل بیرون شبکه باعث بروز عیوب بیشتر در تجهیزات خواهد شد و مدیریت دارایی‌های فیزیکی دقیق‌تر و حساب شده‌تر موجب کاهش عیوب در تجهیزات می‌شود. با توجه به مطالب فوق می‌توان از نتایج این تحقیق در شناسایی عوامل موثر مقاومت در برابر سیاست‌های سازمانی و دلایل عدم تطبیق اهداف و عملکردهای سازمان در بستر شبیه‌سازی رفتار سایدی در شرکت‌های توزیع نیروی برق استفاده نمود. از جمله مزایای دیگر این تحقیق می‌توان به نگاه جامع‌تر آن به موضوع سایدی از منظر مدلسازی و شناسایی عوامل موثر بر آن و تفکیک عوامل در زیرمجموعه‌های خاموشی‌های بابرنامه و بی‌برنامه در دو حوزه فنی و غیرفنی

[1] انجام عملیات با اعمال خاموشی بر روی مسیر تامین انرژی

نسبت به سایر مطالعات پیش از این، اشاره نمود؛ که در صورت جمع‌آوری داده و جمع‌بندی اطلاعات در این دسته-بندی‌ها می‌توان با دقت بالاتری نسبت به شبیه‌سازی رفتار سایدی در حضور سایر عوامل اقدام کرد. پیشنهاد به سایرین، شبیه‌سازی این مدل بر اساس نمونه‌های واقعی در شرکت‌های توزیع برق و بررسی رفتار شاخص‌های قابلیت اطمینان از جمله سایدی در بستر تفکرسیستمی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها به‌عنوان، رویکردی کل‌نگر در حوزه عوامل دخیل در روند رفتار تاریخی سیستم برای گذشته و آینده و بررسی سیاست‌های سازمانی در غالب سناریوهای محتمل در راستای آینده‌نگاری برای سازمان مربوطه می‌باشد.



شکل ۶: سلسله مراتب اولیه عوامل موثر بر سایدی

منابع:

استرمن, ج. د. (۲۰۰۰). پویایی شناسی کسب و کار (جلد اول): تفکر سیستمی و مدل سازی برای جهانی پیچیده (ک. برارپور, پ. م. اهرنجانی, ب. بهزاد, م. امامی, ل. ر. عدل, & ح. فغانی, Trans. Vol. ۱). تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها(سمت)، پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی.

امیری, س. (۱۳۹۵). پیش بینی خاموشی در سیستم های توزیع برق. (کارشناسی ارشد), غیر دولتی - دانشگاه آزاد اسلامی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق - دانشکده برق و کامپیوتر, نراق. Retrieved from http://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/۹۶۰۳۴۰

انبیائی, م. (۱۳۸۳). عوامل مهم افزایش زمان خاموشی برق. Paper presented at the نهمین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع نیروی برق. https://www.civilica.com/Paper-EPDC-EPDC۰۹_۰۷۰.html

انصاری فرد, م. (۱۳۹۴). کاهش خاموشی و افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع شعاعی با استفاده از کلید قدرت در محل مناسب به کمک الگوریتم ژنتیک. (کارشناسی ارشد), غیر دولتی - دانشگاه آزاد اسلامی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهریز - دانشکده مهندسی برق و الکترونیک, مهریز. Retrieved from http://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/۸۸۶۶۱۲

ایکاف, ر. ا. (۱۹۹۹). بازآفرینی سازمان:طرحی برای سازمان های سده بیست و یکم (ت. ناصرشریعتی, ا. مردانی گیوی, & س. مریدی, Trans. دوم ed.). تهران: سازمان مدیریت صنعتی.

برزی, ع., سلوکدار, ع., بوالحسنی, غ., & جناب زاده, ف. (۱۳۹۶). مدل سازی تاثیر نصب تولیدپراکنده(فتوولتاییک) و خازن بر مصرف انرژی برق مشترکین تجاری از دیدگاه روش پویایی شناسی سیستم با استفاده از نرم افزار vensim. Paper presented at the دومین کنفرانس ملی پژوهش های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر, تهران. https://www.tpbin.com/article/۶۳۵۳۰

توانیر. (۱۳۹۷). دستورالعمل محاسبه شاخص های قابلیت اطمینان شبکه های توزیع نیروی برق با اطلاعات محدود. تهران: شرکت مادر تخصصی توانیر،معاونت هماهنگی توزیع،دفتر نظارت بر توزیع.

جاسم محمد الشاهین, م. (۱۳۹۶). بهبود قابلیت اطمینان با رویکرد کاهش خاموشی در شبکه توزیع برق ۱۱ کیلوولت در شهر الفهود-استان ذی قار عراق. (کارشناسی ارشد), دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده مهندسی برق و الکترونیک, مشهد. Retrieved from http://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/۹۶۲۰۱۳

حقیقت, ع., & طالبی, ج. (۱۳۹۵). بررسی و تحلیل خاموشی ها و قابلیت اطمینان بهره برداری در شبکه فشار متوسط (مطالعه موردی شرکت توزیع برق گیلان امور شهرستان ماسال). Paper presented at the کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی برق و کامپیوتر. http://fa.seminars.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=۶۰۵۲۷

دشتی, ر., & رجبی مشهدی, ح. (۱۳۸۸). جایابی بهینه ریکلوزر جهت افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع نیروی برق استان بوشهر. Paper presented at the چهارمین کنفرانس حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت PSPC۴, دانشگاه تهران.

زارع رشنو, ب., بیرانوند, ح., بحرینی, م., & خودنیا, ف. (۱۳۹۵). مدیریت قابلیت اطمینان برای کاهش انرژی توزیع نشده و مدت زمان خاموشی در سیستمتوزیع انرژی الکتریکی سپیدشت استان لرستان. Paper presented at the اولین کنفرانس ملی رویکردهای نو در مهندسی برق و کامپیوتر. http://search.ricest.ac.ir/dl/search/defaultta.aspx?DTC=۲۰۰۳۹۹&DC=۳۶

سنگه, پ. (۱۳۷۵). پنجمین فرمان (ح. کمال هدایت & م. روشن, Trans.): انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

شروود, د. (۲۰۰۲). راهنمای مدیران برای به کارگیری تفکر سیستمی (دیدن جنگل از میان درختان) (آ. خدیور & ع. سیبویه, Trans. یکم ed.). تهران: انتشارات دانشگاه الزهرا(س).

طهماسبی نژاد, ش. (۱۳۸۰). خسارت وارده ناشی از خاموشی های ناخواسته در سالهای ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ در شرکت توزیع نیروی مازندران و راههای جلوگیری از آن. (کارشناسی ارشد), دانشگاه علوم و فنون مازندران, مازندران. Retrieved from http://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/۲۳۵۰۶

فخارزادگان, خ. (۱۳۸۱). بررسی عوامل اساسی عدم دسترسی به نرخ خاموشی قابل قبول در توزیع برق براساس نگرش پرسنل فنی به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی در شرکت توزیع نیروی برق شیراز. (کارشناسی ارشد), موسسه تحقیقات و آموزش مدیریت, تهران. Retrieved from http://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/۱۰۴۷۹۲

قاسمیان فرد, ا., & موسوی راد, س. (۱۳۹۶). برق توزیع نشده در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان: تحلیل پویایی های سیستمی. پژوهش های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی, سال سوم, ۱۱۹-۱۴۵.

قبادی, ش. (۱۳۹۵). سیستم دایناميک: کاربردی از تفکر سیستمی (ششم ed.). تهران: سازمان مدیریت صنعتی.

محمدیان, ح., & بارفروشی, ت. (۱۳۸۰). تاثیر کاهش خاموشی های گذرا بر شاخصهای قابلیت اطمینان شبکه های توزیع انرژی الکتریکی. Paper presented at the شانزدهمین کنفرانس بین المللی برق. http://www.civilica.com/Paper-PSC-PSC۱۶_۱۶-۰۶۷=تاثیر-کاهش-خاموشی-های-گذرا-بر-شاخصهای-قابلیت-اطمینان-شبکه-های-توزیع-انرژی-الکتریکی.html

مکولی, ج., دبرلی, ژ., & جانسون, ف. (۲۰۰۷). نظریه سازمان:نگاه ها و چالش ها (ح. دانایی فرد & ح. کاظمی, Trans. اول ed. Vol. اول). تهران: دانشگاه امام صادق(ع).

موبری , ج. (۱۹۹۹). نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (ع. زواشکیانی & ر. آزادگان Trans. ویرایش دوم ed.). تهران: آریاناقلم.

مهدوی, ا., حسین زاده, م., & کاظمی, ع. (۱۳۹۸). بررسی روش های افزایش بهره وری انرژی در ساختمان های مسکونی: رویکرد پویایی شناسی سیستمی. پژوهش های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی, سال پنجم, ۵۹-۹۵.

Ahmad, S., Mat Tahar, R., Muhammad-Sukki, F., Munir, A. B., & Abdul Rahim, R. (۲۰۱۶). Application of system dynamics approach in electricity sector modelling: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۵۶, ۲۹-۳۷. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.rser.۲۰۱۵,۱۱,۰۳۴

Forrester, J. W. (۱۹۶۱). Industrial dynamics. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press.

IEEE (۲۰۱۲). IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. IEEE Std ۱۳۶۶-۲۰۱۲(Revision of IEEE Std ۱۳۶۶-۲۰۰۳), ۱-۴۳. doi:۱۰,۱۱۰۹/IEEESTD.۲۰۱۲,۶۲۰۹۳۸۱

Meadows, D. H., Richardson, J., & Bruckmann, G. (۱۹۸۲). Groping in the dark: the first decade of global modelling: Wiley.

Mobley, R. K. (۱۹۹۹). Root Cause Failure Analysis: Elsevier Science.

Quentara, L. T., & Suryani, E. (۲۰۱۷). System Dynamics Development Model for Operations Strategy in Power Generation System through Integrated Transmission and Distribution System.

Thurlby, R. (۲۰۱۳). Managing the asset time bomb: a system dynamics approach. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Forensic Engineering, ۱۶۶(۳), ۱۳۴-۱۴۲. doi:۱۰,۱۶۸۰/feng.۱۲,۰۰۰۲۶

Presenting the Causal Loop Diagram of improve of SAIDI for power distribution companies in the context of systems dynamics

Ruhollah Rad[1]
Master of Industrial Management Student (OR) Ferdowsi University Of Mashhad (FUM)
Alireza Pooya[2*]
Professor of Department of Management Ferdowsi University Of Mashhad (FUM)
Habib Rajabi Mashhadi
Professor of Department of Electrical Engineering Ferdowsi University Of Mashhad (FUM)

Abstract

Controlling the achievement of organizational goals in accordance with the planned program and process is one of the tools of today's organizations to evaluate the performance of the organization; A tool that can predict the future of the implementation of programs and implementation of organizational policies to some extent will be of particular importance; One of these tools is the system dynamics in the context of systems thinking. The problem that in this research is to try to identify the effective factors and interrelationships in the process of its behavior and determine its causal loop diagram is the SIADI, which from the perspective of Electricity distribution companies is a strategic indicator. The main approach in this research is naturalistic, qualitative, applied and descriptive; In this research, in contrast to previous research, in addition to paying attention to technical factors, non-technical factors involved in the behavior of the index in question in the two areas of planned and unplanned blackouts and the interrelationships of these factors have been tried to provide a more comprehensive model. . The results of this action provide a model by considering the loops in the areas of effective Reliability Centered Maintenance, Root Cause Analysis of defects, financial, manpower, accidents, hotline operations, maneuvers, automation and smart distribution network, The electricity market, Scattered production and energy consumption of the subscribers are based on the trend of the strategic index of SAIDI.

Keywords: System Dynamics, SAIDI, Energy Not Supplied, Causal Loop Diagram.

[1] radskedc@gmail.com
[2] alirezapooya@gmail.com