فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال سوم/ شماره ۸/ پاییز ۱۳۹۶/ صفحات۱۴۵-۱۱۹

برق توزیع نشده در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان: تحلیل پویایی‌های سیستمی

احسان قاسمیان فرد
کارشناس ارشد مهندسی صنایع، شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان
ehsan_gh21@yahoo.com

سید حامد موسوی راد
استادیار مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(نویسنده مسئول)
s.h.moosavirad@uk.ac.ir

یکی از مهمترین ماموریت‌های شـرکت های توزیع نیروی برق، کاهش حوادث، خاموشـی ها و انرژی‌های توزیع نشـده اسـت. در این تحقیق با اسـتفاده از نظریه پویایی های سیسـتمی، عوامل موثر بر کاهش خاموشـی‌ها در شـبکه توزیع برق شمال استان کرمان شناسایی و اولویت بندی گردید. نتایج نشان داد که انرژی توزیع نشده ۷۷/۸ مگاوات ساعت با اعمال سـیاسـت های بهبود به سـطح ۵۵/۱۳ مگاوات سـاعت در سـال ۱۳۹۳ کاهش می یابد. از جمله سـیاسـت های کاهش خاموشی‌های بی برنامه می توان به استاندارد نمودن شبکه، آموزش به کارکنان و توجیه دستورالعمل ها اشاره نمود. برای خاموشـی‌های با برنامه نیز عواملی مانند انجام قطعی برق در سـاعات و فصـول کم بار و در کمترین محدوده و عدم قطع مکرر در یک منطقه خاص باید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: توزیع برق، خاموشی برق، پویایی های سیستم، قابلیت اطمینان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۱۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۱. مقدمه

همواره از صـنعت برق به عنوان یکی از حیاتی‌ترین صـنایع یک کشـور نام برده می شـود. این صـنعت به عنوان یک صـنعت زیربنایی و مادر نقش مهمی در توسـعه اقتصـادی و رفاه جوامع دارد. تحقیقات نشـان داده اسـت رابطه دوطرفه مثبتی بین میزان مصـرف انرژی و رشـد اقتصـادی برخی کشـورها وجود داردکه نشـاندهنده اهمیت انرژی در کشـورهاسـت(علیزاده وگل خندان، ۱۳۹۵). اهمیت برق از آن جهت اسـت که به دلیل امکان بکارگیری فناوری‌های مدرن و نیز ملاحظات زیست‌محیطی، در تمام زمینه‌های فعالیت می‌تواند به عنوان انرژی مناسب انتخاب شود، به طوری که نیاز به انرژی الکتریکی با پیشرفت و ر شد فناوری، صنایع و جمعیت به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. امروزه برای رساندن برق از تولیدکنندگان به مصرف کنندگان، از یک شبکه بهم پیوسته که به طور منظم و یکپارچه کار می کند و اصطلاحا سیستم قدرت نامیده می شود، استفاده می گردد.

سیستم های قدرت امروزی به طور کلی به چهارقسمت ا صلی تقسیم می شوند: مراکز تولید یا نیروگاه‌ها(انرژی الکتریکی را تولید می کنند)؛ سیستم های انتقال و فوق توزیع انرژی الکتریکی(برای انتقال انرژی الکتریکی تولیدی که اغلب در فوا صل دور از مراکز مصرف قرار دارند، مورد ا ستفاده قرار می‌گیرند)؛ سـیسـتم های توزیع انرژی الکتریکی(انرژی الکتریکی مورد نیاز مشـترکین را تامین می‌نمایند) و مشترکین(مصرف کننده های انرژی الکتریکی). (همدانی گلشن، ۱۳۹۱)

در این میان، بخش توزیع به عنوان مرز مشـترک صـنعت برق، مشـترکین و متقاضـیان انرژی الکتریکی به مصـرف کننده هاسـت. بنابراین، اشـکالات سـیسـتم توزیع در این صـنعت، از دید مصـرف‌کنندگان، مشـکل صـنعت برق و پایین بودن کیفیت خدمات قلمداد خواهد شـد. از این رو، تقویت این بخش، کمک شایانی به دست‌یابی صنعت برق به اهداف تعیین شده می نماید و برعکس، عملکرد ضعیف آن موجب ارایه تصویر و ذهنیت نامناسب از این صنعت به عموم خواهد شد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

همواره یکی از بزرگترین مسایل و مشکلات شبکه های توزیع برق، وقوع خاموشی است. خرابی‌هایی که در اجزا و عناصر شبکه های توزیع رخ می دهد سبب بروز خاموشی می گردد. علاوه بر این، انجام مانورهای دوره‌ای جهت بررسی وضعیت خطوط و انجام تعمیرات و همچنین ایجاد تغییرات در شبکه، تعداد زیادی از خاموشی ها را موجب می شود. از طرفی، مصارفی وجود دارد که قطعی برق حتی به مدت چند ثانیه سبب خسارات هنگفتی به آنها می شود. (انبیایی، ۱۳۸۳؛ امینی و زمانی فر، ۱۳۸۳)

بروز هرگونه عیب در شبکه ضمن عدم جلب رضایت مشترکین، خسارات فراوانی بر مصرف‌کنندگان و شبکه توزیع تحمیل می نماید. خاموشی های مکرر، ناخواسته و خواسته و از پیش برنامه ریزی شده، می تواند خسارات جبران ناپذیری به شبکه وارد نماید.

هر یک از این خاموشی ها دلایل خاص خود را دارد که با شناخت کامل آنها می توان تدابیر مناسبی جهت کاهش آنها اتخاذ نمود. بنابراین، توجه بیشتر به شبکه های توزیع و تلاش در جهت رفع کمبودها و کاستی های این بخش و کم نمودن انرژی توزیع نشده و نهایتا بالا بردن قابلیت اطمینان و جلب رضایت مشترکین باید در دستور کار مدیران قرارگیرد.

امروزه از نظر مشترکان برق، خاموشی حادترین مساله وزارت نیروست، به گونه ای که در تحقیقی از مشترکان، کاهش خاموشی به عنوان یکی از مزایای حذف یارانه های انرژی نام برده شده است (ابونوری و لاجوردی، ۱۳۹۲). همچنین مهمترین هدف شرکت های توزیع، استفاده از روش‌هایی جهت کاهش حوادث و انرژی توزیع نشده است.

در سال‌های اخیر، گام های اساسی برای بهبود بهره برداری و در نتیجه، کاهش انرژی توزیع نشده برداشته شده است. با شناخت کافی از موقعیت جغرافیایی و وضعیت تاسیسات شبکه و همچنین داشتن اطلاعات آماری دقیق از علت خاموشی‌ها می توان از بروز اکثر خاموشی‌ها جلوگیری کرد و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

در نتیجه، باعث پایداری شبکه گردید. همچنین با رویکرد ا ستفاده از تجهیزات و فناوری‌های جدید می توان تا حدود زیادی خاموشی‌های شبکه توزیع را کاهش داد.

با توجه به اهمیت کاهش میزان خاموشی‌ها در سطح شبکه های توزیع، نیاز است تاثیر سیاست‌های مدیران لحاظ شود و راهکارهای بهبود که منجر به کاهش بیشتر خامو شی‌ها می شود، در نظر گرفته شود.

با توجه به بررسی‌ها، اثرگذاری سیاست های مدیران بر کاهش میزان وقوع خاموشی با استفاده از نظریه پویایی‌های سیستمی کمتر مشاهده شده است. بنابراین، در این تحقیق، کلیه عوامل و متغیرهای موثر بر وقوع و اعمال خاموشی‌ها درشبکه توزیع با تکیه بر روش پویایی‌های سیستمی بررسی و اولویت بندی می گردند.

در موردکاهش خامو شی‌های شبکه توزیع، مطالعات زیادی انجام شده و روش های مختلفی نیز مورد ا ستفاده قرار گرفته ا ست که گرچه تا حدودی موثر بوده، اما به لحاظ پیچیدگی فناوری جدید و توسعه روزافزون شبکه های برق، دیگر کارساز نیست. لذا لازم است شرکت های توزیع با شناخت صحیح از عوامل تاثیرگذار بر خاموشی‌ها و تجزیه و تحلیل علمی آنها میزان خاموشی‌ها را تا حد ممکن کاهش دهند. با استفاده از این تحقیق و با تکیه بر رویکرد پویایی سیستمی می توان در خصوص میزان تاثیر عوامل مختلف بر خاموشی‌ها ارزیابی لازم را انجام داد و سپس ضمن اولویت‌بندی، نسبت به ارایه سناریوهای مختلف به منظور رفع آن اقدام نمود.

برای نیل به این هدف، در قسمت دوم ابتدا مطالعات پیشین در این زمینه مرور خواهد شد. سپس در قسمت سوم، رویکرد پویایی های سیستمی جهت تحلیل مساله بیان خواهد شد. در ادامه، مدل پویایی های سیستمی مساله و نتایج حاصل در قسمت چهارم آورده می شود و اعتبار سنجی مدل به همراه نتیجه تحقیق به ترتیب در قسمت های پنجم و ششم ارایه می‌گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۲. پیشینه پژوهش

تحقیق و پژوهش در صـــنعت کلیدی و راهبردی برق به دلیل گســـتردکی، پیچیدگی و تنوع از جایگاه ویژه‌ای در میان صنایع کشور برخوردار است و به همین دلیل، با تکیه بر اینکه از نیروی برق در سایر صنایع استفاده می شود، نقش طرح های تحقیقاتی در آن بسیار مهم و بنیادی است. همچنین با تشـکیل کمیته‌هایی در شـرکت توانیر و شـرکت‌های زیرمجموعه آن گام های بلندی درخصـوص تدوین دسـتورالعمل‌های کاربردی در این صـنعت برداشـته شـده اسـت که بخش قابل توجهی از این دسـتورالعمل‌ها در خصـوص بهبود بهره برداری از شـبکه های توزیع و ارتقای قابلیت اطمینان آن به منظور شـــناســـایی و اولویت بندی نیازهای بهره برداری شـــرکت های توزیع نیروی برق در جهت کاهش مدت زمان خاموشی با بهبود روشها و رعایت دستورالعمل‌ها و استانداردها می باشد.

یکی از مهمترین اهداف شـــرکت های توزیع برق، اســـتفاده بهینه از انرژی تولید شـــده با کاهش انرژی توزیع نشـده می باشـد. به همین دلیل، توزیع مداوم و بی وقفه انرژی برق اهمیت ویژه‌ای برای صـــنعت برق دارد. با توجه به اهمیت مدیریت مصـــرف و حفظ قابلیت اطمینان شـــبکه های توزیع، مدیریت انرژی فروخته شـــده به مشـــترکین و کاهش زیان های ناشـــی از خاموشـــی بار حائز اهمیت بسـیار می باشـد. به همین منظور، مطالعات قابلیت اطمینان در شـبکه های توزیع در چند سـال اخیر از اهمیت بسزایی برخوردار شده است. لذا آگاهی و بررسی دقیق علل بروز حوادث و خاموشی‌ها در شبکه‌های توزیع نیرو می‌تواند نقش بسیار مهمی در توسعه، نگهداری و بهره‌برداری مطلوب از شبکه ایفا نماید. به همین دلیل، ریشـــه‌یابی و انعکاس علل بروز خاموشـــی‌ها و افزایش زمان آن در ســـطح کشـور مربوط به کلیه شـرکت های توزیع کمک شـایانی به پیشـگیری و تقلیل خاموشـی‌ها خواهد نمود. (انبیایی، ۱۳۸۳؛ امینی و زمانی فر، ۱۳۸۳)

انبیائی (۱۳۸۳) با تقسیم بندی عوامل افزایش خاموشی ها به دو دسته فنی و غیرفنی نشان داد که با شـــناســـایی عوامل افزایش خاموشـــی‌های برق و تاثیر آن بر اقتصـــاد ملی–حیثیت اجتماعی می‌توان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

اقدام‌های عملی برای محدود کردن زمان قطعی‌ها و پیشگیری از بروز خامو شی‌های سنگین به عمل آورد. همچنین با تقویت علم و آگاهی و استفاده از فناوری های مدرن و علوم جدید، ایجاد انگیزه و روانشنا سی کار بهره برداران و درک حسا سیت از سوی آنان می توان به اقتدار شرکت های توزیع قوت بخشید.

امینی و زمانی فر(۱۳۸۳) با طراحی و پیاده سازی یک سیستم نرم افزاری مدیریت کاهش قطع برق در شبکه های توزیع به این نتایج دست یافتند: ۱- ایجاد امکان تشخیص محل تجهیز حفاظتی عملکرد هنگام بروز خاموشی بدون استفاده از تجهیزات سخت افزاری مرسوم و با استفاده از تکنیک‌های نرم افزاری هوشمند؛ ۲- استفاده از استاندارد XML و ایجاد امکان دسترسی به اطلاعات توپولوژی شبکه؛ ۳- ایجاد یک سیستم مجتمع جهت ثبت جامع اطلاعات خاموشی و ۴- ایجاد امکان محاسبه شاخص‌های خاموشی و استخراج گزارش‌های مدیریتی فراوان.

انصاری و حاتمی(۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان مدیریت پیری تجهیزات در شبکه های توزیع الکتریکی، به بحث مدیریت دارایی در شبکه های توزیع پرداخته‌اند. مدیریت دارایی یکی از مباحث مهم در شبکه های توزیع می باشد، زیرا از یک سو، درصورت افت شاخص های قابلیت اطمینان از مقادیر تعیین شده، با جرایم وضع شده از سوی نهادهای نظارتی مواجه می شوند و از سوی دیگر، تعویض تجهیزات فرسوده با تجهیزات نو سرمایه گذاری هنگفتی را می طلبد. در این بحث، هدف تعیین فرآیند بهینه تعمیر و نگهداری و جایگزینی تجهیزات فرسوده با تجهیزات نو می باشد، به طوری که هزینه بهره برداری سیستم با حفظ شاخص های قابلیت اطمینان در سطح تعریف شده حداقل شود. برای این منظور، به سن تجهیزات و مدت کارکرد آنها توجه شده و فرآیند پیری آنها نیز در مدل‌سازی گنجانده می شود. روش حل مساله، برنامه ریزی دینامیکی تصادفی می باشدکه مبتنی بر فرآیند مارکوف است. روش ارایه شده برای مدیریت بهینه تعمیر و نگهداری یک نمونه کلید قدرت نصب شده یک شبکه توزیع الکتریکی نمونه اعمال شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

اکبری (۱۳۹۲) در تحقیقی قابلیت اطمینان سیستم های توزیع و فوق توزیع را با حضور منابع تولید پراکنده (DG) ارزیابی نموده که این ارزیابی براساس شبیه سازی مونت کارلو (MCS) انجام گرفته است. شاخص های قابلیت اطمینان محاسبه شده عبارت از متوسط نرخ وقوع خطای نقطه بار و متوسط زمان خاموشی سالانه و شاخص‌های سیستم EENS, ECOST, SAIFI, SAIDI می باشد. روش پیشنهادی بر روی شبکه RBTS اجرا شده است. در این تحقیق، کمک چشمگیر واحدهای تولید پراکنده درکاهش شاخص‌ها، نسبت به حالتی که واحدهای تولید پراکنده در سیستم نبودند، نشان داده شد و مشاهده گردید که این واحدها نقش بسزایی در کاهش شاخص های قابلیت اطمینان سیستم نسبت به واحدهای قدیمی ایفا نمودنده‌اند.

سلی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به ارزیابی قابلیت اطمینان در شبکه توزیع هوشمند پرداختند. با ارزیابی قابلیت اطمینان در شبکه توزیع هوشمند با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو، تاثیر استفاده از شبکه های ارتباطی بی‌سیم جهت شبکه های توزیع آینده، بدون از دست دادن کیفیت در ارایه خدمات نشان داده می شود.

دوان و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی براساس الگوریتم بهینه سازی ژنتیک مشاهده نمودندکه چگونه می توان با بازآرایی شبکه، تلفات را کاهش داد و شاخص های قابلیت اطمینان را بهبود بخشید. میلکا و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی بر مبنای مباحث برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح ضمن کاهش زمان محا سبات، بهبودی شاخص های قابلیت اطمینان در را ستای هزینه های سرمایه گذاری در توسعه شبکه های توزیع را نشان دادند. برای این منظور، آنها اندازه، تعداد و موقعیت ایستگاه‌ها و مسیرهای اتصال فیدرها را با توجه به هزینه های نصب و عملیاتی و محدودیت‌های مختلف برقی تعیین نمودند.

در زمینه استفاده از روش پویایی‌های سیستمی به عنوان روشی در جهت تحلیل سیاستها در حوزه خاموشی‌های برق، تحقیقات چندانی صورت نگرفته و بیشتر تحقیقات در زمینه تحلیل سیاست‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

برقی بر حوزه های تجارت برق برون مرزی، گسترش منابع نیروی تجدید پذیر برای کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی، مسایل محیط زیستی و سیاست های توسعه ظرفیت تولید متمرکز بوده است (احمد و همکاران، ۲۰۱۶). به عنوان مثال، تزیوگاس و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود نشـــان دادند اسـتراتژی هایی که سـعی در توازن عرضـه و تقاضـا برق پایدار دارند، اغلب پذیرش اجتماعی قیمت برق مشترکین را در نظر نمی‌گیرند. آنها از رویکرد روش پویایی های سیستمی برای شناخت عوامل اصـلی در سـیسـتم برق پایدار اسـتفاده نمودند. در تحقیق دیگری که اخیرا انجام شـده اسـت، ریسک سرمایه‌گذاری در انرژی های تجدیدپذیر به وسیله روش پویایی های سیستمی تحلیل گردید (لیو و ژنگ، ۲۰۱۷). آنها در یک مثال عددی نشـــان دادند که در مراحل اولیه توســـعه انرژی های تجدیدپذیر، ریسک سیاست مهمترین عامل تاثیرگذار در سرمایه گذاری است و بتدریج ریسک سیاست و ریسک فنی کاهش می یابد و در مراحل بلوغ توسعه بتدریج ریسک بازار مهمترین عامل غیرقطعی تاثیرگذار بر سرمایه گذاری می شود. (لیو و ژنگ، ۲۰۱۷)

مرور ادبیات نشان می‌دهد درخصوص کاهش خاموشی‌های شبکه توزیع مطالعات زیادی انجام شده و روش های مختلفی نیز مورد استفاده قرار گرفته است که این روشها گرچه تا حدودی موثر بوده، اما به لحاظ پیچیدگی فناوری جدید و توسعه روزافزون شبکه های برق دیگر کارساز نیست. لذا لازم اسـت شـرکت های توزیع با شـناخت صـحیح از عوامل تاثیرگذار بر خاموشـی‌ها و تجزیه و تحلیل علمی آنها میزان خاموشـــی ها را تا حد ممکن کاهش دهند. ضـــرورت تجزیه و تحلیل خاموشـی‌ها و اتخاذ روش‌هایی برای افزایش قابلیت اطمینان در شـبکه های توزیع در سـال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای یافته است، چرا که شبکه های توزیع برق از مهمترین بخش‌های سیستم برق قدرت هسـتند که انرژی الکتریکی را بین مصـرف کنندگان توزیع می کنند. بنابراین، هدف از این تحقیق، شناسایی و بررسی عوامل موثر بر خاموشی‌ها با استفاده از نظریه پویایی‌های سیستمی است تا ضمن اولویت بندی نسبت به ارایه سناریوهای مختلف در جهت رفع آنها اقدام گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۳. روش تحقیق

پویایی‌های سیستمی، دیدگاه و مجموعه ای از ابزارهای مفهومی است که ما را قادر به فهم ساختار و پویایی سیستم های پیچیده می‌کند و همچنین روش مدل سازی ماهرانه و ظریفی است که می تواند در ساخت شبیه سازی رایانه‌ای از سیستم ها مورد استفاده قرار گیرد و استفاده از آن منجر به طراحی سازمانها و سیاست های موثر می شود (استرمن، ۱۳۹۲). سیستم ها طی زمان تغییر می‌کنند و این تغییرات بر پویایی سیستم دلالت دارند. از این رو، سیستم های تغییرپذیر را سیستم های پویا می‌نامند. در واقع، روابطی که تعامل دوسویه عناصر و همچنین تعامل عناصر با محیط را برای تعقیب هدف های سیستم محدود می‌سازند، منشاء اصلی این تغییرات هستند.

پویایی‌های سیستمی، روش‌شناسی مطالعه و مدیریت سیستم های پیچیده و دارای بازخورد است. این سیستم‌ها می توانند در حوزه های مختلفی مانند کسب و کار، اقتصاد، محیط زیست، مدیریت انرژی، مسایل شهری و سایر حوزه های اجتماعی و انسانی وجود داشته باشد. رویکرد پویایی های سیستمی را جی فارستر از دانشگاه MIT در اوایل سال‌های دهه ۱۹۶۰ معرفی کرد. ایده اولیه شکل‌گیری حوزه، پروژه‌ای بود که فارستر برای شرکت جنرال الکتریک انجام داد. رفتار یک سیستم از ساختار آن ناشی می شود و ساختار نیز شامل مجموعه ای از حلقه های بازخوردی، متغیرهای حالت(انباشت ها) و جریان و روابط غیرخطی متاثر از فرآیندهای تصمیم‌گیری داخل سیستم می باشد. بنابراین، در اینجا به بررسی روابط بین ساختار و رفتار سیستم پرداخته خواهد شد. الگوهای اولیه رفتار در سیستم های پویا توسط ساختارهای مختلف بازخوردی ایجاد می شود. این الگوها شامل رشدکه توسط بازخورد مثبت ایجاد می‌شود، هدفجوکه توسط بازخورد منفی ایجاد می شود و رفتار نوسانی که متاثر از حلقه های بازخوردی منفی با تاخیر زمانی ایجاد می گردد و اکثر الگوهای رفتاری پیچیده همچون "رشد s شکل" و" جهش و فروپاشی " از تعامل غیرخطی ساختارهای اولیه حاصل می شوند. (استرمن، ۱۳۹۲؛ حمیدی زاده، ۱۳۹۲)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

بازخورد یکی از مفاهیم ا صلی پویا شنا سی سیستم به شمار می رود. در پویا شنا سی سیستم از ابزارهایی مانند نمودارهای علی و معلولی و سطح- جریان به منظور به د ست آوردن ساختار سیستم استفاده می شود(استرمن، ۱۳۹۲). نمودارهای علی و معلولی ابزاری مهم برای نمایش ساختار بازخوردی سیستم‌ها محسوب می شوند و برای این موارد بسیار مناسب است: ۱- ارایه سریع فرضیه‌ها و نظریه های مورد نظر در رابطه با علل رفتار سیستم؛ ۲- ترسیم مدل ذهنی اشخاص و یا اعضای گروه و ۳- ارتباط دادن بازخوردهای مهمی که علت یا سبب بروز مساله هستند (استرمن، ۱۳۹۲). نمودارهای علی و معلولی شامل متغیرهایی است که توسط فلش نحوه تاثیر هر یک بر دیگری را نشان می دهند. رابطه علی با دو علامت مثبت و منفی نشان داده می شود. در صورتی که تغییرات متغیر مستقل و وابسته در یک جهت باشند، رابطه علی مثبت و درصورتی که تغییرات مستقل و وابسته عکس یکدیگر با شند، رابطه علی منفی خواهد بود. در تعیین علامت رابطه علی، فرض بر آن ا ست که سایر متغیرها ثابت بوده و هدف برر سی اثر تغییرات متغیر مستقل بر متغیر وابسته ا ست. از ترکیب روابط علی و معلولی در یک دایره بسته بازخورد یا دایره علی و معلولی حاصل می شود (استرمن، ۱۳۹۲). حلقه بازخورد نیز دارای دوحالت مثبت و منفی است. در بازخورد مثبت، تغییر یک متغیر منجر به تغییر خود در همان جهت شده در صورتی که در بازخورد منفی، تغییر یک متغیر منجر به تغییر خود در جهت عکس خواهد شد.

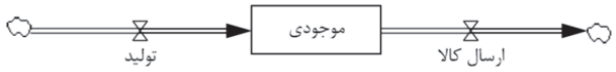
نمودارهای علی و معلولی در موقعیت های متعددی بسیار مفید و کارا هستند، زیرا آنها ابزار خوبی برای نشان دادن وابستگی بین متغیرها و تر سیم فرآیندهای بازخوردی سیستم می با شند. این نمودارها به صورت موثر در ابتدای پروژه های مدل سازی به منظور د ست‌یابی به مدل های ذهنی به کار می روند. با این حال، نمودارهای علی و معلولی دارای محدودیت هایی نیز می باشند و امکان بکارگیری ناصحیح آنها وجود دارد. یکی از مهمترین محدودیت های این نمودارها، عدم توانایی در به دست آوردن ساختار سطح جریان سیستم است. (استرمن، ۱۳۹۲)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

سطحها و جریانها به همراه بازخورد دو مفهوم اصلی در نظریه سیستم‌های پویا به شمار می‌آیند و متغیرهای سطح انباشتگی سیستم می باشند. آنها نشاندهنده وضعیت سیستم بوده و حاوی اطلاعاتی است که بر اساس آن تصمیمات اتخاذ و اقدامات صورت می گیرد.

متغیرهای سطح منجر به ایجاد سکون در سیستم می شود و همچنین با ایجاد تجمع و انباشت که در نتیجه اختلاف بین نرخ ورودی و نرخ خروجی یک فرآیند است، تاخیر هایی را به وجود می‌آورند. حالتها عامل اختلاف بین جریانها و نرخ های ورودی و خروجی است و در نتیجه، منبع نامتعادل‌کننده پویایی سیستم‌ها ست. متغیرهای سطح و جریان عباراتی آ شنا هستند. به عنوان مثال، موجودی محصول یک شرکت تولیدی و یا تعدادکارکنان یک اداره همه متغیرهای سطح یک سیستم می‌باشند.

متغیرهای سطح توسط جریانها تغییر می کنند (زارع مهرجردی ، ۱۳۹۲؛ حمیدی زاده، ۱۳۹۲). به عنوان مثال، در شکل(۱) موجودی محصول توسط جریان تولید افزایش و با ارسال محصول به مشترکین کاهش می یابد. لذا موجودی متغیر سطح می باشد و تولید و ارسال کالا متغیرهای جریان یا نرخ می باشند.



شکل ۱. مثال نمودار حالت و جریان

در این تحقیق، با توجه به قابلیت های ذکرشده برای پویایی های سیستمی در تحلیل سیاست‌های مختلف، از این ابزار برای تحلیل عوامل خاموشی برق استفاده می شود. از طرفی، مبنای تهیه و ترسیم انواع نمودارهای اشاره شده در سیستم‌های پویا، اطلاعات ثبت شده در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان می باشد. لذا در ادامه و در ابتدا، شیوه گردآوری داده‌ها مطرح شده وسپس نحوه تشخیص متغیرها ارایه و در نهایت، چگونگی تهیه مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

گردآوری داده‌ها و شناسایی متغیرها

همان گونه که اشاره شده است، مبنا و بنیان تحقیقات انجام شده به وسیله سیستم های پویا براساس اطلاعات حاصل از خاموشی‌های بابرنامه و بی برنامه در شبکه توزیع نیروی برق می‌باشد. برای مساله مورد بررسی نسبت به جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات خاموشی در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان اقدام شده است. در این خصوص، با استفاده از نرم افزار ثبت حوادث، داده های مورد نیاز در یک بازه ۵ ساله (سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳) جمع‌آوری گردید. پس از گردآوری داده های مورد نیاز به روش اشاره شده، متغیرهای حالت، متغیرهای نرخ و متغیرهای کمکی بر اساس تعاریف مفهومی هریک و تطبیق آن با هریک از متغیرهای گردآوری شده شناسایی شدند.

ساختار مدل

با توجه به متغیرهایی که برای مدل مورد شناسایی قرارگرفته و انتخاب شدند، ساختار مدل و روابط علی و معلولی به وسیله مصاحبه با کارشناس مربوط در شرکت توزیع برق با سوالاتی در قالب پنج چرا یا به عبارتی، سوال در مورد دلایل و نحوه بهبود هر شاخص یا عامل شکل می‌گیرد. با شناسایی و تعریف عوامل موثر در خاموشی های شبکه توزیع در دو مقوله بابرنامه و بی برنامه می‌توان مدل‌سازی را انجام داد. در این راستا، نمودارهای علت و معلولی و حلقه های تاثیرگذار بر موضوع، نمودارهای جریان مرتبط و همچنین روابط ریاضی بین متغیرهای شناسایی شده و شبیه‌سازی مساله و اجرای آن به کمک تحلیل دینامیکی سیستم‌ها و نرم افزار ونسیم در شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان صورت گرفته است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

همچنین شـاخص‌های قابلیت اطمینان شـبکه های توزیع بر اسـاس مسـتندات موجود در شرکت به شرح ذیل تعریف شده‌اند:

۱- نرخ انرژی توزیع نشده:

۱۰۰۰ * ((انرژی تحویلی+ انرژی توزیع نشده)/انرژی توزیع نشده)

۲- SAIDI(دقیقه در روز):

۶۰*۲۴ * ((انرژی تحویلی+ انرژی توزیع نشده)/انرژی توزیع نشده)

۳- خاموشی بر مشترک(دقیقه در روز):

۶۰*۲۴ * (انرژی تحویلی/انرژی توزیع نشده)

بنابراین، در اینجا مدل سـازی در دو حالت بی برنامه و با برنامه و در سـال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ انجام می گردد.

خاموشـی بی‌برنامه: مدل نشـان داده شـده در شـکل (۲) کلیه عوامل موثر در خاموشـی‌های بی‌برنامه یا ناخواسـته را در سـال های ۸۹ تا ۹۳ در بردارد. حال با توجه به شـکل (۳) ، مدل سازی با اعمال سیا ست‌های بهبود برا ساس عواملی که بیشترین تاثیر را در میزان انرژی توزیع نشده دارند، انجام می گردد(تاخیر ۱ سال برای بهبود مد نظر قرار می گیرد).

خاموشی بابرنامه: با توجه به انرژی توزیع نشده، مدل تهیه شده در شکل(۴) نشان داده شده است.

۴. نتایج

انرژی توزیع نشده ناشی از خاموشی‌های ناخواسته

همان گونه که ملاحظه شـد، مدل های تهیه شـده کلیه عوامل موثر در خاموشـی بی برنامه در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ را در بردارد. لذا با انجام شبیه سازی، روند تغییرات در سال‌های

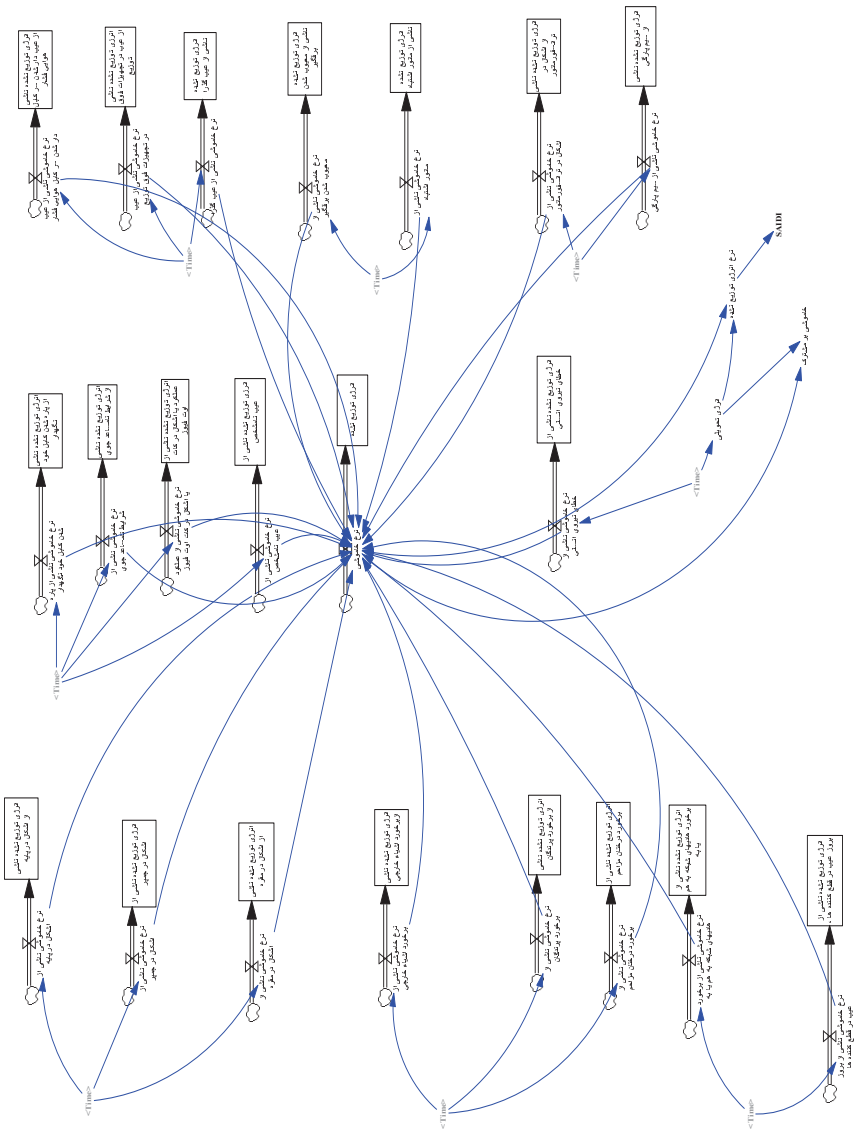
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

مذکور مشاهده می گردد. با شبیه سازی مدل، ملاحظه می گردد شرایط نامساعد جوی بیشترین انرژی توزیع نشده را درسال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ به ترتیب به میزان ۴۲ و ۲۳ مگاوات‌ساعت به خود اختصاص داده است. همچنین بیشترین انرژی توزیع نشده در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ به ترتیب با مقادیر ۵۶، ۵۱ و ۱۷ مگاوات ساعت به عیب نامشخص تعلق دارد (جدول۱ و شکل‌های۵ و۶). همچنین تغییرات خاموشی در سال‌های ذکر شده به صورت شکل(۷) می باشد.

حال مدل‌سازی با اعمال سیاست های بهبود براساس عواملی که بیشترین تاثیر را در میزان انرژی توزیع نشده ناخواسته دارند، انجام می‌گردد(تاخیر ۱ سال برای بهبود مد نظر قرار گرفته شده است).

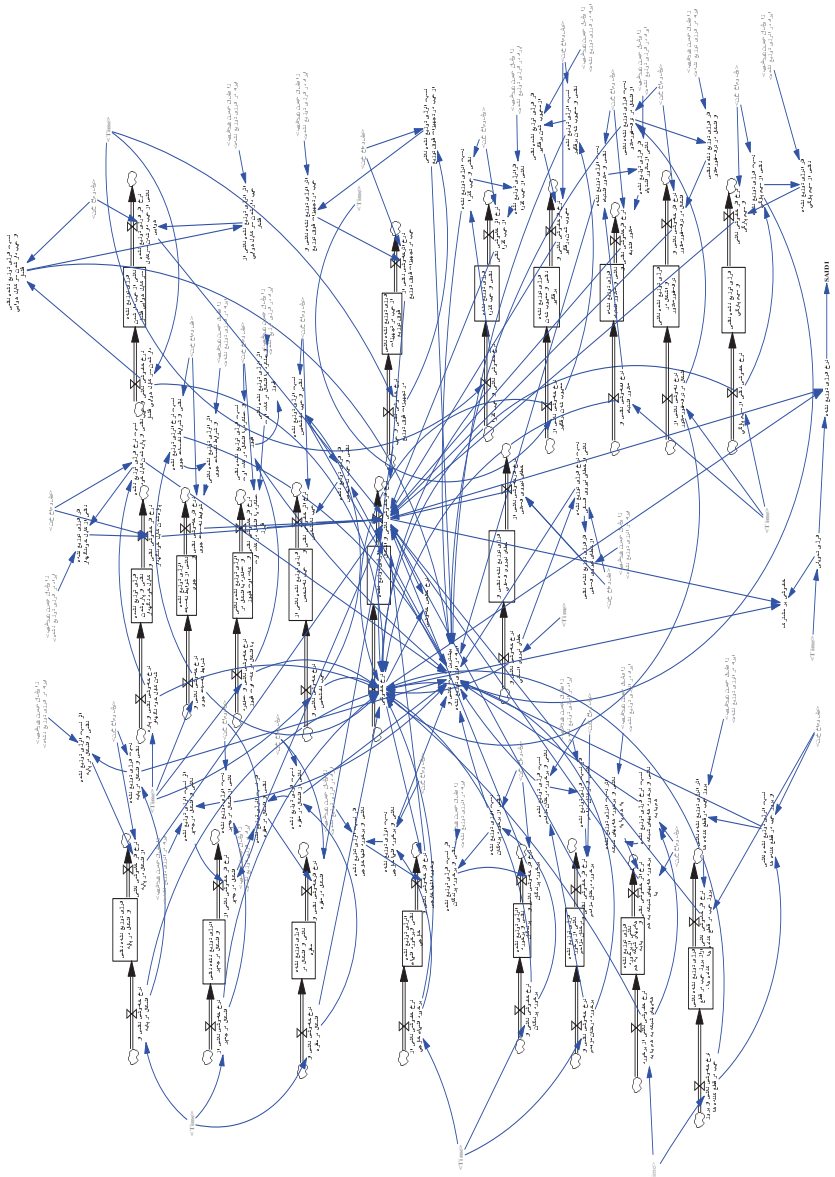
همان گونه که مشاهده شد، بروز خاموشی سبب بالا رفتن میزان انرژی توزیع نشده می‌گردد، لذا سهم هر یک از عوامل بروز خاموشی از انرژی توزیع نشده کل(خاموشی کل) با توجه به پارامترهای شبکه توزیع متفاوت است(نسبت انرژی توزیع نشده ناشی از هریک از عوامل). بنابراین می توان پس از مشخص کردن بیشترین انرژی توزیع نشده (خاموشی) در هر سال از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ (بیشترین نسبت ناشی از ایراد در انرژی توزیع نشده)، عامل ایجادکننده آن را مشخص نمود(اثر نسبت انرژی توزیع نشده ناشی از عامل خاموشی) و سپس تاثیر آن در بهبود انرژی توزیع نشده (نرخ اثر خاموشی ناشی از عامل مذکور) را مشاهده کرد. لذا در اینجا دو نکته مد نظر قرار می گیرد: اول اینکه، تاثیر دیده شده مربوط به عاملی است که بیشترین میزان انرژی توزیع نشده را در هر سال به خود اختصاص داده است و دوم اینکه، فرض شده است عامل مذکور با تاخیر یکساله سبب بهبود گردد. نهایتا با توجه به جدول (۲)، مقادیر خاموشی‌های بی‌برنامه پس از بهبود به دست می‌آیند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]



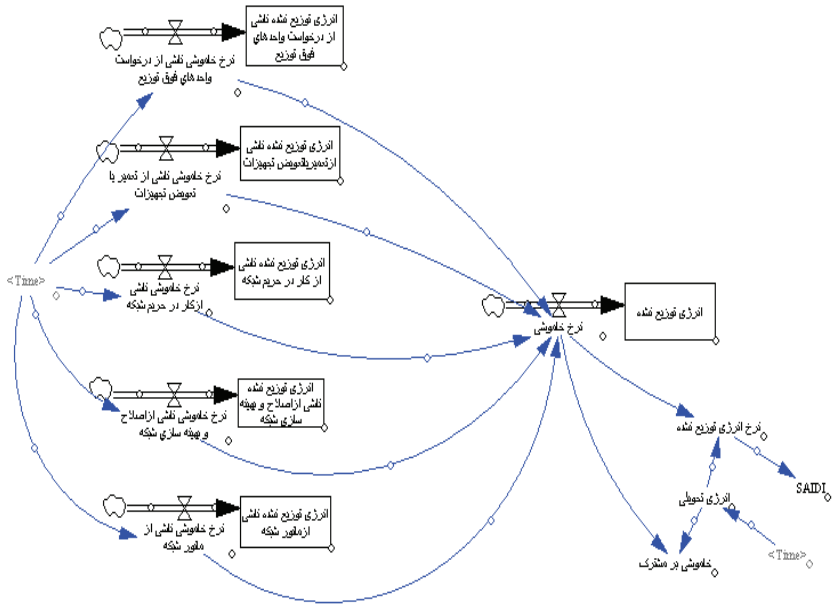
شکل ۲. نمودار انباشت جریان خاموشی بی برنامه

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

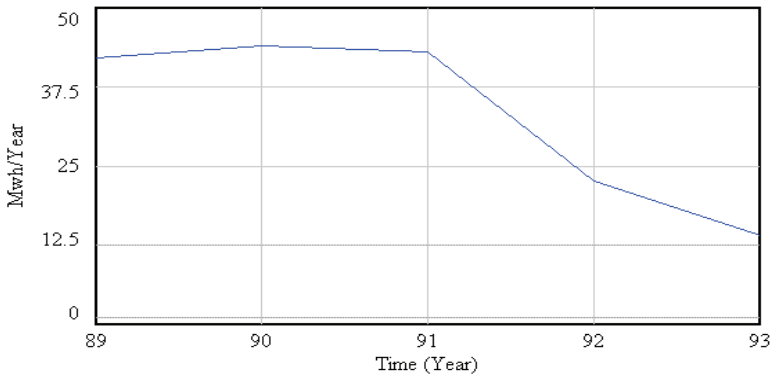


شکل ۳. نمودار انباشت جریان خاموشی بی‌برنامه با اعمال سیاست بهبود

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

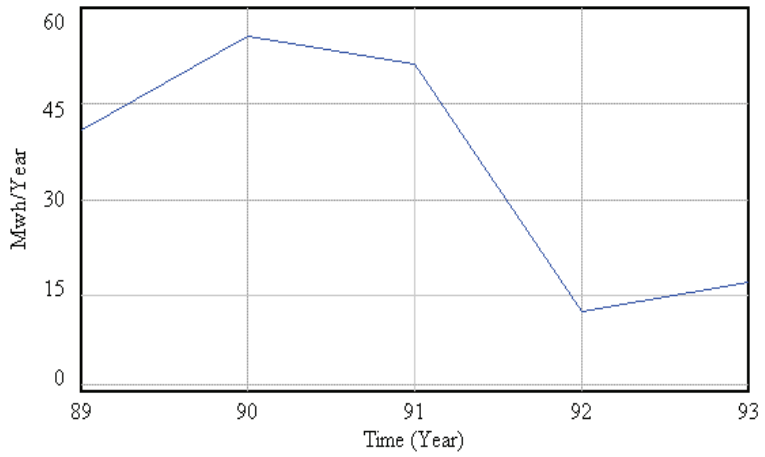


شکل ۴. نمودار انباشت جریان خاموشی با برنامه (انرژی توزیع نشده)

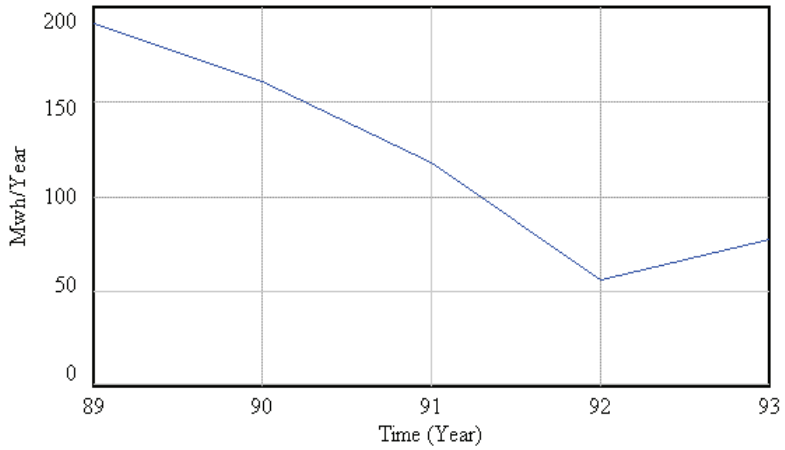


شکل ۵ انرژی توزیع نشده ناشی از شرایط نامساعد جوی (مگاوات ساعت)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]



شکل ۶. انرژی توزیع نشده ناشی از عیب نامشخص(مگاوات ساعت)



شکل ۷. انرژی توزیع نشده (مگاوات ساعت)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

جدول ۱. انرژی توزیع نشده ناشی عوامل ایجاد خاموشی بی برنامه (مگاوات ساعت)

ردیف	نوع اشکال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
۱	اشکال در پایه (سیمانی، چوبی، فلزی)	۷/۳۵	۱۱/۵۷	۳/۷۵	۴/۰۸	۴/۵۲
۲	اشکال در جمپر	۱۰/۴۵	۶/۵۶	۰/۷۱	۰	۱۲/۴۹
۳	اشکال در مقره (بشقابی، سوزنی)	۱۹/۳	۰	۰/۲۴	۰/۷۲	۰
۴	برخورد اشیای خارجی	۳/۵	۰	۰	۲/۰۴	۱/۶۴
۵	برخورد پرندگان	۳/۲۴	۰/۷۲	۰/۵۵	۱/۶۵	۵/۳۲
۶	برخورد درختان مزاحم	۲/۹۲	۰	۱۰/۷۵	۴/۰۲	۰
۷	برخورد هادی‌های شبکه به هم یا به	۴/۵۷	۷/۹۴	۱/۴۴	۰/۷۵	۲/۷۶
۸	بروز عیب در قطع کننده ها (ریکلوزر،	۰/۲۷	۰	۰	۰	۰
۹	خطای نیروی انسانی	۰/۶۸	۰	۰/۳۸	۰/۳	۱/۶۲
۱۰	سیم پارگی	۴/۱۱	۵/۳۹	۰	۰	۰/۸۹
۱۱	پاره شدن کابل خود نگهدار	۰	۱/۷۲	۰	۰	۰
۱۲	شرایط نامساعد جوی	۴۲/۰۳	۴۳/۹۱	۴۳/۰۸	۲۲/۶۷	۱۳/۹۸
۱۳	عملکرد یا اشکال در کات اوت فیوز	۳۸/۶۶	۶/۲۲	۴/۶۶	۶/۱۶	۱۰/۱۴
۱۴	عیب دار شدن سر کابل هوایی فشار	۲/۲۶	۶/۴۴	۰	۰	۰
۱۵	عیب در تجهیزات فوق توزیع	۱۰/۴۱	۰/۶۴	۰	۰	۰
۱۶	عیب گذرا	۰/۱۳	۱۲/۳۶	۱/۲۹	۱/۲۸	۰/۹۸
۱۷	عیب نامشخص	۴۰/۹۹	۵۵/۶۳	۵۱/۲۵	۱۲/۴۳	۱۷
۱۸	معیوب شدن برقگیر	۰/۳۳	۰	۰	۰	۰
۱۹	مانور اشتباه	۰	۱/۲۳	۰	۰	۰/۲۶
۲۰	اشکال در ترانسفورماتور	۰	۰	۰	۰/۳۵	۶/۲
	مجموع	**۱۹۱/۲**	**۱۶۰/۳۳**	**۱۱۸/۱**	**۵۶/۴۵**	**۷۷/۸**

مأخذ: یافته‌های تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

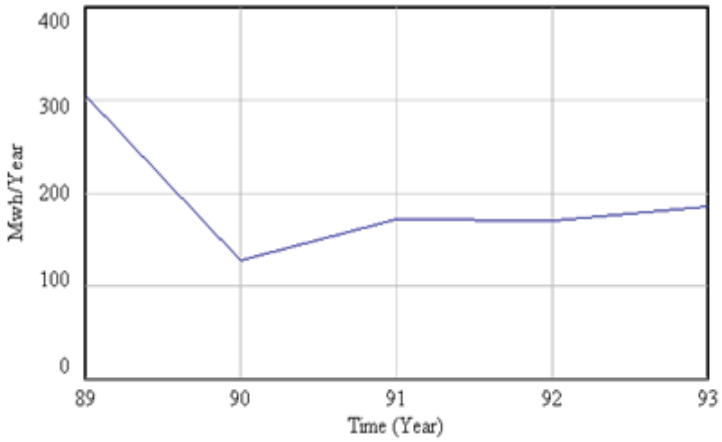
جدول ۲. اعمال سیاست های بهبود (خاموشی بی برنامه)

سال	خاموشی بی‌برنامه (مگاوات ساعت)
۱۳۸۹	۱۹۱/۲
۱۳۹۰	۱۱۸/۳
۱۳۹۱	۶۲/۴۷
۱۳۹۲	۵/۲
۱۳۹۳	۵۵/۱۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

انرژی توزیع نشده ناشی از خاموشی‌های خواسته(برنامه ریزی شده)

پس از شبیه سازی مدل شکل(۴)، داده ها به صورت جدول (۳) به دست آمد و همچنین نمودار شکل(۸) درخصوص انرژی توزیع نشده در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ از اجرای مدل به د ست آمده است.



شکل ۸ انرژی توزیع نشده ناشی از خاموشی بابرنامه (مگاوات ساعت)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

انرژی توزیع نشده ناشی از خاموشی‌های خواسته و ناخواسته

درحالت کلی، از دید مشترک، خاموشی خواسته و ناخواسته تفاوتی ندارد. لذا با توجه به مدل تهیه شده، اطلاعات طبق جدول (۴) به دست می آید.

جدول ۳. انرژی توزیع نشده ناشی از خاموشی های با برنامه (مگاوات ساعت)

ردیف	نوع اشکال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
۱	بنا به درخواست واحدهای فوق توزیع	۲/۰۲	۰	۰	۰	۰
۲	جهت اصلاح و بهینه سازی شبکه	۲۸/۵۳	۲/۶۷	۴/۱۲	۱۰۹/۶۶	۱۴۲/۵
۳	جهت تعمیر یا تعویض تجهیزات	۴/۰۱	۰	۰	۲/۶	۳/۷۳
۴	جهت کار در حریم شبکه	۲۶۸/۵۹	۱۲۲/۴۳	۱۶۶/۰۹	۵۶/۸۶	۳۸/۲۷
۵	جهت مانور شبکه	۲	۲/۱۳	۲/۲	۰/۴۴	۱/۴۳
	مجموع	**۳۰۵/۱۵**	**۱۲۷/۲۳**	**۱۷۲/۴۱**	**۱۶۹/۵۶**	**۱۸۵/۹۳**

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴. خاموشی بی برنامه و با برنامه

ردیف	عنوان	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
۱	خاموشی بی‌برنامه(مگاوات ساعت)	۱۹۱/۲	۱۶۰/۳۳	۱۱۸/۱	۵۶/۴۵	۷۷/۸
۲	خاموشی بابرنامه(مگاوات ساعت)	۳۰۵/۱۵	۱۲۷/۲۳	۱۷۲/۴۱	۱۶۹/۵۶	۱۸۵/۹۳
۳	خاموشی(مگاوات ساعت)	۴۹۶/۳۵	۲۸۷/۵۶	۲۹۰/۵۱	۲۲۶/۰۱	۲۶۳/۷۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۵. اعتبارسنجی

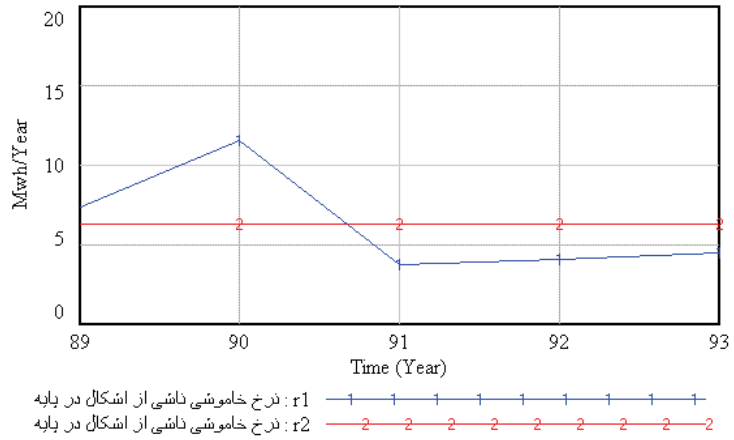
رویکرد پویایی‌های سیستمی زمانی می‌تواند به عنوان ابزاری موثر مورد استفاده قرار گیرد که بتوان به وسیله آن فرآیندهای گوناگون را بررسی و یا به کمک آن، سناریوها و سیاست های مختلف را با دیدگاه سیستمی ارزیابی کرد. برای کسب اطمینان از اعتبار نتایج بررسی‌ها و ارزیابی‌ها، اعتبارسنجی مدل، شرطی لازم و ضروری است.آزمون های متعددی در زمینه اعتبارسنجی مدل‌های پویا مطرح شده است که به دو دسته آزمون‌های ساختاری و آزمون‌های رفتاری تقسیم می‌شوند.

در سنجش اعتبار ساختار مدل، روابط و فرمول‌ها بدرستی تعریف شده است، به طوری که با اعمال مقادیرجدید و افزایش یا کاهش آنها روند منطقی تغییرات مشاهده می‌شود. البته الگوی پژوهش حاضر بارها از طریق آزمون‌های مختلف ساختاری مطرح شده، مورد ارزیابی و اصلاح قرار گرفته است. بعد از شبیه سازی و انطباق آن با واقعیات، امکان بیشتری برای بهبود کارایی الگو در شبیه سازی وضعیت خاموشی در سیستم توزیع برق فراهم گردید که در نهایت، منجر به الگوی حاضر شد.

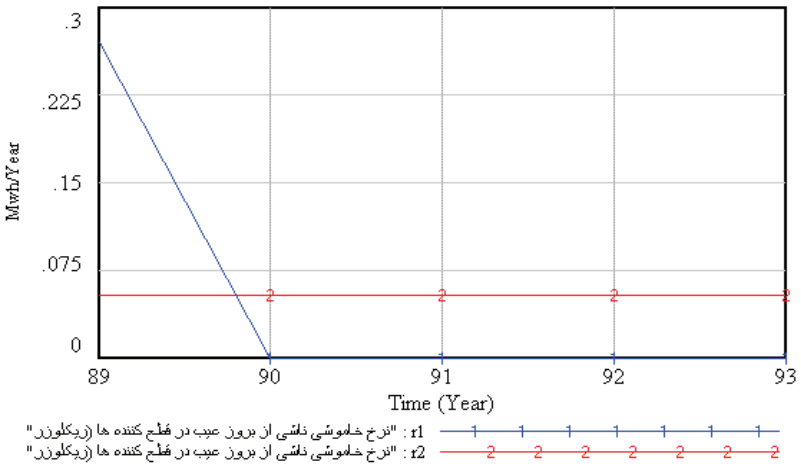
به عنوان مثال، در اعتبار سنجی رفتار مدل، با ا ستفاده از میانگین انرژی توزیع نشده به تفکیک هر عامل، تحلیل انجام می گردد. به عبارتی، میانگین انرژی توزیع نشده به تفکیک هر عامل به عنوان داده در مدل وارد شده و سپس رفتار متغیرها مشاهده می گردد.

درخصوص متغیرهای نرخ، همان گونه که در شکل‌های (۹) و (۱۰) ملاحظه می شود، انحراف وجود داردکه با توجه به اینکه مقدار میانگین مد نظر بوده است و از طرفی، انرژی توزیع نشده در سال های مختلف مقادیر متفاوتی دارد، امری بدیهی است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]



شکل ۹. داده های مشاهده ای و میانگین برای خاموشی ناشی از اشکال در پایه



شکل ۱۰. داده های مشاهده ای و میانگین برای خاموشی ناشی از بروز عیب در قطع کننده ها

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۶. نتیجه گیری

با توجه به اینکه وظیفه اصـــلی شـــرکت‌های توزیع تهیه و فراهم نمودن یک منبع تغذیه مناسـب در سـطح قابل قبولی از قابلیت اطمینان برای مشـتریان خود در اقتصـادی‌ترین حالت ممکن می باشد، لازم است تمهیداتی فراهم گردد تا این وظیفه سیستم در بهترین حالت انجام شود. در این را ستا، یکی از وظایف مهم شرکت های توزیع، مدیریت انرژی و ارتباط آن با موضوعات اقتصادی و اجتماعی است.

در حالت کلی، عدم مدیریت مناســب بر شــبکه می تواند منجر به صــدمات زیادی به شرکت‌های توزیع به علت کاهش فروش برق و برای مشترکین به سبب کاهش تولید، از بین رفتن مواد اولیه، خرابی دســتگاه ها و تجهیزات و...گردد. کاهش خاموشــی‌های ناخواســته، برنامه جهت کاهش زمان وحجم خامو شی‌های با برنامه و اطلاع ر سانی به م شترکین، ا صلی ترین برنامه های مدیریت انرژی محسوب می‌گردد.

با توجه به مطالب ارایه شده و مدل تهیه شده در خصوص خاموشی‌های بی‌برنامه، ملاحظه می‌گردد شرایط نامساعد جوی بیشترین انرژی توزیع نشده را در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ به ترتیب به میزان ۴۲ و ۲۳ مگاوات ســاعت به خود اختصــاص داده اســت. همچنین بیشــترین انرژی توزیع نشــده در ســال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ به ترتیب با مقادیر ۵۶، ۵۱ و ۱۷ مگاوات ساعت به عیب نامشخص تعلق دارد.

پس از مدل‌ســازی با اعمال ســیاســت‌های بهبود براســاس عواملی که بیشــترین تاثیر را در میزان انرژی توزیع نشــده ناخواســته دارند (تاخیر ۱ ســال برای بهبود مد نظر قرار گیرد)، کاهش چشمگیر در انرژی توزیع نشده و شاخص های قابلیت اطمینان ذکر شده در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ مشــاهده می گردد. به عنوان مثال، انرژی توزیع نشــده در ســال ۱۳۹۳ ، ۷۷/۸

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

مگاوات ساعت می با شد به طوری که پس از اعمال سیا ست به مقدار ۵۵/۱۳ بهبود می‌یابد. همچنین درخصـــوص نرخ انرژی توزیع نشـــده، بهبود آن از ۰/۴۰۴۹۶۸ به مقدار ۰/۲۸۶۹۹۹ مشاهده می شود. درخصوص خاموشی‌های بابرنامه بیشترین مقدار انرژی توزیع نشده در سال ۱۳۸۹ با ۳۰۵/۱۵ مگاوات ساعت می باشد.

در مجموع، با توجه به اینکه از جمله سیاست‌های بخش توزیع، افزایش پایداری شبکه‌های تحت‌پو شش می با شد، لذا چنانچه در هر کدام از سال های ذکر شده با توجه به تاثیر عوامل در خامو شی‌ها، ا صلاحات لازم انجام می‌گردید، تاثیر آن در بهبود قابلیت اطمینان شبکه در سال‌های بعد قابل ملاحظه می بود.

از جمله پیشـــنهادها و توصـــیه‌های این تحقیق آن اســـت که با توجه به اینکه داده های این تحقیق از نرم افزار ثبت حوادث اسـتخراج شـده اسـت، ثبت اشـتباه داده ها در آینده منجر به نتایج غیرواقعی می شود. لذا آ شنایی با این نرم افزار و نحوه ثبت اطلاعات برای شرکت‌های توزیع و محققان و تصمیم‌گیرندگان بسیار مهم است.

همچنین پیشـــنهاد می‌شـــود برای تحقیقات آتی، اثرات اقتصـــادی و نســـبت های منافع به هزینه‌های ناشی از سرمایه گذاری در بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه و کم کردن میزان انرژی توزیع نشده بر اساس عوامل مختلف خاموشی بررسی شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

منابع

ابونوری، اسمعیل و حسن لاجوردی (۱۳۹۲)، "دیدگاه مشترکین برق خانگی شهر تهران در مورد فازاول هدفمندی یارانه ها و شروع فاز دوم"، *فصلنامه پژوهش های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی*، شماره ۱، صص ۹۸-۷۹.

استرمن، جی (۱۳۹۲)، *پویاشناسی سیستم*، ترجمه میرزایی دریانی، ش و همکاران، تهران: انتشارات ترمه، چاپ اول.

اکبری، احسان (۱۳۹۲)، "ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع و فوق توزیع با حضور تولیدات پراکنده"، همایش ملی مهندسی برق و توسعه پایدار با محوریت دستاوردهای نوین در مهندسی برق، موسسه آموزش عالی خاوران مشهد.

امینی، بابک و آزاده زمانی فر (۱۳۸۳)، "طراحی و پیاده سازی سیستم مدیریت کاهش قطع برق در شبکه های توزیع(NRI OMS) "، نوزدهمین کنفرانس بین المللی برق، پژوهشگاه نیرو.

انبیایی، محمد صادق (۱۳۸۳)، "عوامل مهم افزایش زمان خاموشی برق"، نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، دانشگاه زنجان.

انصاری، احمد و علیرضا حاتمی (۱۳۹۰)، "مدیریت پیری تجهیزات در شبکه های الکتریکی"، دومین کنفرانس قابلیت اطمینان، پژوهشگاه هوافضا.

حمیدی زاده، محمد رضا (۱۳۹۲)، *پویایی های سیستم*، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول.

زارع مهرجردی، یحیی (۱۳۹۲)، *راهنمای نرم افزار ونسیم*، تهران: انتشارات مهرجرد، چاپ اول.

همدانی گلشن، محمد مهدی (۱۳۹۱)، *طراحی و محاسبات سیستم های توزیع انرژی الکتریکی*، اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان.

علیزاده، محمد و ابوالقا سم گل خندان، (۱۳۹۵)، " مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای عضو OPEC: شواهد تجربی جدید از هم‌انبا شتگی پاولی با وابستگی مقطعی"، *فصلنامه پژوهش های سیا ستگذاری و برنامه ریزی انرژی*، شماره ۵، صص ۱۶۴-۱۳۱.

Ahmad, S; Tahar, R. M; Muhammad-Sukki, F; Munir, A. B. and R. A. Rahim (2016), "Application of System Dynamics Approach in Electricity Sector Modelling: A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 56, PP. 29-37.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

Celli, G; Ghiani, E; Pilo, F. and G. Giuseppe Soma (2013), "Reliability Assessment in Smart Distribution Network", *Electric Power Systems Research*, Vol. 104, PP.164–175.

Li Duan, D; Dong Ling, X; Yue Wu, X. and B. Zhong (2015), "Reconfiguration of Distribution Network for Loss Reduction and Reliability Improvement Based on an Enhance Genetic Algorithm", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 64, PP. 88–95.

Liu, X. and M. Zeng (2017), "Renewable Energy investment Risk Evaluation Model Based on System Dynamics", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 73, PP. 782-788.

Miloca, S.A; Volpi, N. M. P; Yuan, J. and C. L. S. Pinto (2015), "Expansion Planning Problem in Distribution System with Reliability Evaluation: An Application in Real Network Using Georeferenced Database", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 70, PP. 9–16.

Tziogas C; Georgiadis P; Tsolakis N. and C. Yakinthos *(2017),* "Electricity Pricing Mechanism in a Sustainable Environment: A Review and a System Dynamics Modeling Approach", in: Kavoura A., Sakas D., Tomaras P. (eds) *Strategic Innovative Marketing*, Springer Proceedings in Business and Economics, Springer, Cham.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]