

شناسایی و مقایسه روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند

ابوذر اکبری

دانشجوی دکتری مهندسی برق قدرت، دانشگاه آزاد کرمان، ایران

مهدیه اسلامی

دکتری مهندسی برق قدرت، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی کرمان، ایران

مهدی جعفری شهباز زاده

دکتری مهندسی برق مخابرات، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی کرمان، ایران

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی و مقایسه روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند صورت گرفته است. برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند (DGN) فرآیندی پیچیده است که شامل عوامل متعددی مانند تقاضای رو به رشد برق، ادغام منابع تولید پراکنده (DG)، الزامات قابلیت اطمینان و پایداری و ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی می شود، برای حل این چالش پیچیده روش های مختلف حل متعددی توسعه یافته اند که هر کدام ویژگی های خاص خود را دارد.

واژگان کلیدی: روش های حل، برنامه ریزی، توسعه، شبکه توزیع هوشمند

مقدمه

SGDN مخفف شبکه توزیع هوشمند (Smart Grid Distribution Network) است. شبکه توزیع هوشمند نسل جدیدی از شبکه های برق است که با استفاده از فناوری های نوین اطلاعات و ارتباطات، قابلیت مدیریت و کنترل دو طرفه جریان برق را فراهم می کند. در شبکه های توزیع سنتی، جریان برق فقط از سمت نیروگاه ها به سمت مصرف کنندگان منتقل می شد اما در شبکه های توزیع هوشمند، مصرف کنندگان نیز می توانند در تولید و مدیریت برق نقش داشته باشند. برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند فرآیندی است که به منظور تعیین مکان، زمان و ظرفیت بهینه تجهیزات جدید یا تقویت، جایگزینی تجهیزات موجود در شبکه توزیع برق با هدف تامین به موقع و مقرون به صرفه تقاضای رو به رشد بار با در نظر گرفتن الزامات امنیت، پایداری، کیفیت توان و قابلیت اطمینان انجام می شود. این برنامه ریزی با در نظر گرفتن روندهای نوظهور در صنعت برق، مانند تولید پراکنده، ذخیره سازی انرژی، تقاضای پاسخگو و خودروهای برقی انجام می شود.

روش تحقیق

روش تحقیقی مورد استفاده در این پژوهش روش کتابخانه ای است و مطالب از مقالات و مجلات معتبر جمع آوری شده.

یافته ها

اهداف کلیدی برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند عبارتند از:

کاهش تلفات انرژی: با بهینه سازی مسیر جریان برق و استفاده از تجهیزات کارآمدتر می توان تلفات انرژی را در شبکه توزیع کاهش داد. بهبود کیفیت توان: با تنظیم ولتاژ و فرکانس در سطوح مناسب می توان کیفیت توان را برای مشتریان بهبود بخشید. افزایش قابلیت اطمینان: با استفاده از فناوری های هوشمند می توان شبکه را در برابر خاموشی ها و سایر رویدادهای ناگوار مقاوم تر کرد. کاهش هزینه ها: با برنامه ریزی دقیق و استفاده از راه حل های مقرون به صرفه می توان هزینه های ساخت و نگهداری شبکه را کاهش داد. ترویج پایداری: با ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر و استفاده از فناوری های ذخیره سازی انرژی می توان به پایداری بیشتر شبکه دست یافت.

مراحل اصلی برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند عبارتند از:

۱. جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها: در این مرحله داده های مربوط به تقاضای برق، وضعیت شبکه موجود، منابع تولید پراکنده و سایر عوامل مرتبط جمع آوری و تجزیه و تحلیل می شود.
۲. مدل سازی شبکه: از مدل های کامپیوتری برای شبیه سازی عملکرد شبکه تحت سناریوهای مختلف استفاده می شود.
۳. ارزیابی گزینه ها: گزینه های مختلف توسعه شبکه، از جمله اضافه کردن خطوط و ترانسفورماتورهای جدید، نصب منابع تولید پراکنده و استفاده از فناوری های ذخیره سازی انرژی، ارزیابی می شوند.
۴. انتخاب طرح نهایی: طرحی که بهترین تعادل را بین هزینه، عملکرد و مزایای زیست محیطی ارائه می دهد، انتخاب می شود.
۵. اجرا و نظارت: طرح نهایی اجرا می شود و عملکرد شبکه به طور مداوم رصد و نظارت می شود.

برخی از چالش های کلیدی در برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند عبارتند از:
عدم قطعیت: تقاضای برق، قیمت انرژی و فناوری های جدید همگی دارای عدم قطعیت هستند که می تواند برنامه ریزی را دشوار کند.
هزینه: سرمایه گذاری در فناوری های جدید شبکه توزیع هوشمند می تواند پرهزینه باشد.
پیچیدگی: شبکه های توزیع هوشمند پیچیده هستند و برنامه ریزی برای آنها نیاز به تخصص و تجربه قابل توجهی دارد.
مقررات: قوانین و مقررات موجود ممکن است با توسعه شبکه های توزیع هوشمند همگام نباشند.
با وجود این چالش ها شبکه های توزیع هوشمند می توانند مزایایی نیز داشته باشند از جمله کاهش هزینه ها، بهبود قابلیت اطمینان، افزایش کیفیت توان و ترویج پایداری و ...

روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند

روش های رایج حل برای DGN عبارتند از:
برنامه ریزی خطی LP: روشی کلاسیک برای حل مسائل بهینه سازی است که در آن تابع هدف خطی و محدودیت ها نیز خطی یا خطی سازی شده هستند LP برای حل مسائلی مانند جابجایی DG و ارتقای شبکه مناسب است.
برنامه ریزی عدد صحیح خطی: MILP مشابه LP است، با این تفاوت که متغیرهای تصمیم گیری می توانند مقادیر گسسته نیز داشته باشند MILP برای حل مسائلی مانند پیکربندی شبکه و برنامه ریزی توسعه چند مرحله ای مناسب است.
برنامه ریزی غیر خطی NLP: روشی عمومی تر برای حل مسائل بهینه سازی است که در آن تابع هدف یا محدودیت ها می توانند غیر خطی باشند NLP برای حل مسائلی مانند مدیریت جریان توان و تلفات شبکه مناسب است.
الگوریتم های تکاملی: الگوریتم های تکاملی مانند الگوریتم ژنتیک (GA) و برنامه ریزی تکاملی (EP) از فرآیندهای تکاملی در طبیعت الهام می گیرند تا به راه حل های بهینه دست یابند. این الگوریتم ها برای حل مسائلی که تابع هدف یا محدودیت ها به طور صریح تعریف نشده اند، مناسب هستند.
شبیه سازی: شبیه سازی روشی برای حل مسائل پیچیده با استفاده از مدل های کامپیوتری است که رفتار سیستم واقعی را تقلید می کنند شبیه سازی برای ارزیابی عملکرد راه حل های مختلف DGN و شناسایی چالش های احتمالی مفید است.
انتخاب روش حل مناسب برای DGN به عوامل مختلفی مانند اندازه و پیچیدگی شبکه، الزامات دقیق و منابع محاسباتی موجود بستگی دارد در برخی موارد، ممکن است از ترکیبی از روش های مختلف حل برای دستیابی به بهترین نتایج استفاده شود. (قلی زاده نرم و دامچی و قربانی جویباری، ۱۳۹۸)
علاوه بر روش های حل سنتی، روش های نوظهوری نیز برای DGN مانند:
یادگیری ماشین: یادگیری ماشین می تواند برای تجزیه و تحلیل داده های شبکه و پیش بینی تقاضای برق و تولید DG استفاده شود این اطلاعات را می توان برای بهینه سازی تصمیمات مربوط به برنامه ریزی توسعه شبکه استفاده کرد. (شجاعی برجویی و معلم و منشی، ۱۳۹۹)
هوش مصنوعی: هوش مصنوعی می تواند برای اتوماسیون وظایف برنامه ریزی توسعه شبکه و تصمیم گیری در زمان واقعی در پاسخ به تغییرات شرایط شبکه استفاده شود.
انتخاب روش حل مناسب برای DGN یک فرآیند پیچیده است که نیاز به در نظر گرفتن عوامل متعددی دارد. با این حال، طیف گسترده ای از روش های حل در دسترس است که می تواند برای حل چالش های برنامه ریزی توسعه شبکه های توزیع هوشمند استفاده شود. (اخوان صباغ و امیر، ۱۳۹۵)

شناسایی و مقایسه روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند

انتخاب روش حل مناسب برای SGDN به عوامل متعددی از جمله:

ابعاد و پیچیدگی شبکه: شبکه های توزیع بزرگتر و پیچیده تر ممکن است به روش های حل پیچیده تری مانند الگوریتم های تکاملی یا برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط نیاز داشته باشند.

نوع و تعداد پارامترهای در نظر گرفته شده: اگر تعداد زیادی پارامتر مانند منابع تولید پراکنده، ذخیره سازی انرژی و تقاضای پاسخگو در نظر گرفته شود، ممکن است از روش های حل مبتنی بر هوش مصنوعی مانند شبکه های عصبی مصنوعی یا سیستم های استنتاج فازی استفاده شود.

دقت و سرعت مورد نیاز: اگر به دقت بالایی نیاز باشد ممکن است از روش های حل دقیق مانند برنامه ریزی خطی استفاده شود اما اگر سرعت مهمتر باشد ممکن است از روش های حل تقریبی استفاده شود.

در ادامه به برخی از روش های رایج حل برای SGDN اشاره می کنیم:

۱. برنامه ریزی خطی:

این روش برای حل مسائل بهینه سازی تک هدفه که در آن تابع هدف خطی است، مناسب است.

از مزایای این روش می توان به سادگی پیاده سازی اشاره کرد.

اما این روش برای حل مسائل بزرگ مقیاس و مسائل با تعداد زیادی پارامتر مناسب نیست.

۲. برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط:

این روش برای حل مسائل بهینه سازی چند هدفه که در آن توابع هدف خطی و متغیرهای تصمیم گیری عدد صحیح هستند مناسب است.

از مزایای این روش می توان به قابلیت حل مسائل پیچیده با تعداد زیادی پارامتر اشاره کرد.

اما این روش به لحاظ محاسباتی سنگین تر از برنامه ریزی خطی است و ممکن است زمان حل مسائل بزرگ مقیاس زیاد باشد.

۳. الگوریتم های تکاملی:

این الگوریتم ها از فرایندهای تکاملی موجود در طبیعت مانند انتخاب طبیعی و جهش برای یافتن راه حل های بهینه الهام گرفته اند.

از مزایای این الگوریتم ها می توان به قابلیت حل مسائل غیرخطی و مسائل با توابع هدف پیچیده اشاره کرد.

اما این الگوریتم ها ممکن است به زمان زیادی برای یافتن راه حل بهینه نیاز داشته باشند.

۴. شبکه های عصبی مصنوعی:

این روش از شبکه های عصبی مصنوعی برای یادگیری الگوها از داده ها و پیش بینی مقادیر آینده استفاده می کند.

از مزایای این روش می توان به قابلیت حل مسائل پیچیده با روابط غیرخطی و همچنین قابلیت یادگیری و انطباق با شرایط جدید اشاره کرد.

اما این روش به داده های آموزشی زیادی نیاز دارد و ممکن است تفسیر نتایج آن دشوار باشد.

۵. سیستم های استنتاج فازی:

این روش از قوانین فازی برای استدلال و تصمیم گیری در شرایط عدم قطعیت استفاده می کند.

از مزایای این روش می توان به قابلیت مدل سازی دانش متخصصان و همچنین قابلیت تفسیر نتایج آن اشاره کرد.

اما این روش ممکن است برای حل مسائل بزرگ مقیاس مناسب نباشد. (مقاتلی و طاهر و کریمی و شاهیده، ۱۳۹۹)

مزایا و معایب استفاده از روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند

انتخاب روش حل مناسب برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند (SGDN) امری حائز اهمیت است و به عوامل مختلفی از جمله پیچیدگی شبکه، در دسترس بودن داده ها و الزامات زمانی بستگی دارد در ادامه به بررسی برخی از روش های رایج حل و مزایا و معایب

آنها می پردازیم:

۱. روش های برنامه ریزی خطی:

مزایا:

به خوبی در مدل سازی مسائل پیچیده با تعداد زیادی متغیر و قید کارآمد هستند.
به طور گسترده مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته اند و ابزارهای حل قوی برای آنها در دسترس است.
می توانند به طور مستقیم برای یافتن راه حل بهینه استفاده شوند.

معایب:

می توانند از نظر محاسباتی سخت باشند، به خصوص برای مسائل بزرگ.
ممکن است در مدل سازی برخی از جنبه های غیرخطی SGDN مانند تلفات توان و رفتار دینامیکی شبکه مشکل داشته باشند.
۲. روش های برنامه ریزی غیر خطی:

مزایا:

می توانند جنبه های غیرخطی SGDN را به طور دقیق تری مدل سازی کنند.
می توانند برای حل مسائلی که شامل توابع هدف و قیدهای غیرخطی هستند، استفاده شوند
معایب:

می توانند از نظر محاسباتی بسیار سخت تر از روش های برنامه ریزی خطی باشند.
ممکن است یافتن راه حل بهینه دشوارتر باشد.
به ابزارهای حل تخصصی نیاز دارند.
۳. الگوریتم های تکاملی:

مزایا:

می توانند برای حل مسائل پیچیده با توابع هدف و قیدهای غیرخطی که حل آنها با روش های سنتی دشوار است، استفاده شوند.
می توانند به طور موثر برای جستجوی فضای حل بزرگ استفاده شوند.
به طور کلی به داده های زیادی برای آموزش نیاز ندارند.
معایب:

یافتن راه حل بهینه تضمین شده نیست.

ممکن است زمان زیادی برای رسیدن به راه حل مناسب نیاز باشد.

انتخاب پارامترهای الگوریتم می تواند دشوار باشد.

۴. روش های مبتنی بر هوش مصنوعی:

مزایا:

می توانند برای حل مسائلی که مدل سازی آنها با روش های سنتی دشوار است، استفاده شوند.
می توانند از داده های بزرگ برای یادگیری الگوها و روابط در داده ها استفاده کنند.
می توانند به طور پویا با شرایط در حال تغییر سازگار شوند.

معایب:

می توانند پیچیده و پرهزینه باشند.

ممکن است به داده های زیادی برای آموزش نیاز داشته باشند.

تفسیر نتایج می تواند دشوار باشد. (مقاتلی و طاهر و کریمی و شاهیده، ۱۳۹۹)

وضعیت استفاده از روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند در ایران

در ایران از روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند استفاده می شود برخی از رایج ترین این روش ها عبارتند از:

الگوریتم های تکاملی: این الگوریتم ها از فرایندهای تکاملی موجود در طبیعت مانند انتخاب طبیعی و جهش برای یافتن بهترین راه حل برای یک مسئله پیچیده الهام می گیرند. الگوریتم های ژنتیک، برنامه ریزی تکاملی و جستجوی زنبور عسل از جمله الگوریتم های تکاملی هستند که در برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند در ایران به کار رفته اند.

برنامه ریزی خطی: این روش یک روش ریاضی برای حل مسائل بهینه سازی است که در آن تابع هدف باید به حداقل یا حداکثر برسد برنامه ریزی خطی برای حل مسائلی مانند تعیین محل و اندازه تجهیزات جدید در شبکه توزیع به کار رفته است.

برنامه ریزی غیرخطی: این روش مشابه برنامه ریزی خطی است، اما می تواند توابع غیرخطی را نیز در نظر بگیرد برنامه ریزی غیرخطی برای حل مسائلی مانند مدیریت جریان برق در شبکه توزیع، به کار رفته است.

شبیه سازی: این روش از مدل های کامپیوتری برای شبیه سازی رفتار شبکه توزیع استفاده می کند. شبیه سازی می تواند برای ارزیابی اثرات مختلف سناریوهای توسعه شبکه بر عملکرد شبکه، به کار رود.

روش های ترکیبی: این روش ها از ترکیب دو یا چند روش حل مختلف برای حل یک مسئله استفاده می کنند. روش های ترکیبی می توانند مزایای هر روش را برای یافتن بهترین راه حل برای یک مسئله خاص، به کار بگیرند.

انتخاب روش حل مناسب برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند به عوامل مختلفی مانند اندازه و پیچیدگی شبکه، الزامات فنی و اقتصادی و در دسترس بودن داده ها بستگی دارد.

علاوه بر روش های حل ذکر شده در بالا، از روش های دیگری مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین نیز به طور فزاینده ای در برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند در ایران استفاده می شود این روش ها می توانند برای حل مسائلی مانند پیش بینی تقاضای برق، تشخیص ناهنجاری در شبکه و بهینه سازی عملیات شبکه، به کار روند.

یکی از چالش های اصلی استفاده از روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند در ایران، کمبود داده است. داده های دقیق و به روز در مورد شبکه توزیع برق، تقاضای برق و منابع تولید پراکنده برای توسعه مدل های دقیق و قابل اعتماد برای برنامه ریزی توسعه شبکه ضروری است.

یکی دیگر از چالش ها، پیچیدگی فزاینده شبکه توزیع برق است با افزایش تعداد منابع تولید پراکنده و ادغام سایر فناوری های جدید، برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع به طور فزاینده ای دشوار می شود.

با وجود این چالش ها، فرصت های زیادی برای استفاده از روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند در ایران وجود دارد با توسعه مدل های دقیق تر و کارآمدتر و با افزایش در دسترس بودن داده ها، می توان از این روش ها برای بهبود قابلیت اطمینان، کارایی و پایداری شبکه توزیع برق در ایران استفاده کرد. (شجاعی برجویی و معلم و منشئی، ۱۳۹۹)

راهکارهایی برای استفاده درست از روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند (SGDN)

۱. درک صحیح مساله:

قبل از انتخاب روش حل، باید مساله به طور کامل درک شود.

این شامل شناسایی اهداف، محدودیت ها و الزامات برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند می باشد.

۲. انتخاب روش حل مناسب: با توجه به ابعاد و پیچیدگی مساله، نوع و تعداد پارامترهای در نظر گرفته شده دقت و سرعت مورد نیاز، روش حل مناسب را انتخاب کنید.

۳. مدل سازی دقیق مساله: مدل مورد استفاده برای حل مساله باید دقیق و کامل باشد و تمام عوامل موثر در برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند را در نظر بگیرد.
۴. جمع آوری داده های دقیق: برای آموزش و اجرای روش های حل مبتنی بر هوش مصنوعی مانند شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های استنتاج فازی، به داده های دقیق و کافی نیاز است.
۵. اعتبارسنجی نتایج: پس از حل مساله، نتایج را به دقت بررسی کنید تا از صحت و قابل اتکا بودن آنها اطمینان حاصل کنید.
۶. به روز رسانی مدل: با گذشت زمان و تغییر شرایط، مدل مورد استفاده برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند باید به روز رسانی شود.
۷. استفاده از ابزارهای مناسب:
- از ابزارهای مناسب برای حل مساله استفاده کنید.
- نرم افزارهای مختلفی برای حل مسائل برنامه ریزی ریاضی، شبیه سازی شبکه های توزیع برق و ... وجود دارد.
۸. استفاده از متخصصان: در صورت نیاز از متخصصان مربوطه در زمینه برنامه ریزی شبکه های توزیع برق، هوش مصنوعی و ... کمک بگیرید.
۹. در نظر گرفتن عدم قطعیت:
- در برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند باید عدم قطعیت هایی مانند تغییرات تقاضای بار، قیمت برق و ... را در نظر گرفت.
۱۰. انعطاف پذیری: برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند باید انعطاف پذیر باشد تا بتوان آن را با شرایط جدید تطبیق داد.
- با رعایت این نکات می توان از روش های حل به طور موثر برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند استفاده کرد و به نتایج مطلوب دست یافت.

بحث و نتیجه گیری

در نهایت می توان نتیجه گرفت که همانطور که گفتیم شبکه توزیع هوشمند نسل جدیدی از شبکه های برق است که با استفاده از فناوری های نوین اطلاعات و ارتباطات، قابلیت مدیریت و کنترل دو طرفه جریان برق را فراهم می کند و برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند فرآیندی است که به منظور تعیین مکان، زمان و ظرفیت بهینه تجهیزات جدید یا تقویت، جایگزینی تجهیزات موجود در شبکه توزیع برق با هدف تامین به موقع و مقرون به صرفه تقاضای رو به رشد بار با در نظر گرفتن الزامات امنیت، پایداری، کیفیت توان و قابلیت اطمینان انجام می شود و درباره روش های مختلف حل برای برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع هوشمند اعم از روش های خطی، عدد صحیح خطی، غیر خطی، الگوریتم های تکاملی، شبیه سازی و روش های نوینی چون هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی صحبت کردیم و با یک گیری مقایسه شدند و برخی از مزایا و معایب آنها را ذکر کردیم و وضعیتی که این روش های حل در کشورمان دارند.

منابع

- قلی زاده نرم، حسین و دامچی، یاسرو قربانی جویباری، محمدظاهر، جایابی مکان بهینه کلیدها در یک شبکه توزیع واقعی با در نظر گرفتن کلیدهای کات اوت تیغه ای، نقاط رینگ و اهمیت فیدرها در حضور تولید پراکنده با استفاده از الگوریتم زنبور عسل بهبود یافته: مطالعه موردی روی شبکه توزیع مازندران، ۱۳۹۸.
- شجاعی برجویی، آذین و معلم، مهدی و منشی، محمدحسین، مدیریت انرژی بهینه اجتماعی با حضور ذخیره سازها در شبکه هوشمند، ۱۳۹۹.
- اخوان صباغ، صاوق وامیر، وحید، برنامه ریزی و جایابی تولید پراکنده با در نظر گرفتن توسعه شبکه در شرکت مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳۹۵.
- مقاتلی، فرشته و طاهر، سیدعباس و کریمی، علی و شاهیده، پور محمد، طراحی مفهومی ساختار ریزشبکه های چندگانه در شبکه های توزیع فعال، ۱۳۹۹.