مکان یابی همزمان با مقداریابی انواع مختلف تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های تولید به روش تخمین نقطه

احسان عباسی [۱]، علیرضا توکلی*[۲]،

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، e.abbasi70@gmail.com
*۲- استادیار، گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، a.tavakoli@iauahvaz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷

چکیده: به دلیل افزایش روزافزون تقاضای انرژی الکتریکی و لزوم استفاده از فناوری‌های نوین، بکارگیری تولیدات پراکنده، به عنوان راه‌کاری برای پاسخ به چالش‌های اقتصادی و تکنیکی سیستم قدرت در شبکه‌های توزیع افزایش یافته است. در این تحقیق به تعیین مکان و ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع شعاعی به منظور کاهش تلفات توان پرداخته شده است. با توجه به تنوع موجود در تکنولوژی‌های تولیدات پراکنده، از انواع مختلف این تولیدات، واحدهای بادی و فتوولتائیک با در نظر گرفتن توزیع‌های احتمالی استفاده شده است. در این پژوهش از روش بهینه سازی مبتنی بر آموزش یادگیری استفاده شده است که ضمن برآورد نمودن محدودیت‌ها تابع هدف مسئله را نیز بهینه می‌کند. حداکثر توان تزریق شده توسط واحدهای تولید پراکنده به شبکه و نیز توان تولیدی هر واحد به عنوان محدودیت‌های مسئله در نظر گرفته شده است. ضمن اینکه با نصب هر واحد تولید پراکنده، حداکثر توان تولیدی واحدها طوری تعیین شده است که مطلوب‌ترین حالت را برای کاهش تلفات توان شبکه تعیین نماید. در انتها روش پیشنهاد شده بر روی شبکه‌های ۳۳ و ۶۹ شینه آزمایش شده و نتایج عددی بدست آمده از شبیه سازی، کاهش تلفات شبکه با اضافه شدن تولیدات پراکنده را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: جایابی، مقداریابی، تولیدات پراکنده، شبکه توزیع، عدم قطعیت.

۱- مقدمه

تولیدات پراکنده، مراکز تولید توان را به مصرف کنندگان نزدیک می کنند. اما مسئله مهم این است که این تولیدات را کجای شبکه قرار دهیم تا حداکثر بازدهی را داشته باشیم. تاکنون مطالعات زیادی درباره جایابی و مکان‌یابی تولیدات پراکنده (DG[۱]) در شبکه توزیع صورت گرفته است که هدف اکثر آن‌ها بهبود پارامترهای مختلف شبکه مانند کاهش تلفات، افزایش قابلیت اطمینان، بهبود کیفیت توان و غیره است [۱-۳].

در مقاله [۴] جایابی بهینه تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع انجام‌شده اما در این تحقیق فقط یک نوع تولید پراکنده(ماشین سنکرون) در نظر گرفته‌شده و صحبتی از دیگر تولیدات پراکنده به میان نیامده است. در مقاله [۵] یک روش شناسایی مکان و اندازه DG در شبکه توزیع به‌وسیله مدل فازی معرفی‌شده است اما این مطالعه هیچ توضیحی درباره انواع تولیدات پراکنده صورت نداده و از شبکه کوچک ۱۲ باسه استفاده کرده است. در مرجع [۶]، ضمن بررسی تأثیر واحدهای DG روی تلفات اهمی و ظرفیت سیستم توزیع، الگوریتمی برای یافتن پاسخ تقریبی مکان واحدهای DG روی خطوط باهدف کاهش تلفات سیستم پیشنهادشده است. در مرجع [۷] نوع اول و دوم DG به منظور کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش هزینه با یک الگوریتم چند هدفه در شبکه‌های ۳۳ و ۶۹ شینه جایابی شده اند اما عدم قطعیت تولیدات پراکنده بررسی نشده است. در مرجع [۱] جایابی چندمنظوره تولیدات پراکنده در شبکه توزیع با

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

در نظر گرفتن پخش بار احتمالاتی در شبکه ۳۳ باسه صورت گرفته است ولی صحبتی از نوع تولید پراکنده نشده و مقدار نیز ثابت فرض شده است. در مرجع [۸] جایابی بهینه DG و DSTATCOM به منظور کاهش تلفات در شبکه ۳۳ شینه توزیع انجام شده و متغیر بودن بار در این مسئله مد نظر قرار گرفته اما به عدم قطعیت‌های تولید اشاره نشده است. در مرجع [۹] پخش بار احتمالی در شبکه‌ای شامل منابع بادی، خورشیدی و خودروهای الکتریکی متصل به شبکه، به منظور کاهش هزینه‌ها صورت گرفته است. در این مقاله از روش مونت کارلو برای در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های تولید استفاده شده است و یک راه حل برای پخش بار در شبکه‌های ترکیبی ارائه می‌شود اما منابع موجود در پخش بار همه دارای عدم قطعیت هستند و تاثیر حضور منابع ثابت در کنار منابع دارای عدم قطعیت مورد بررسی قرار نگرفته است.

مسئله عدم قطعیت مسئله جدیدی نیست و در پژوهش اغلب رشته‌های مهندسی همواره مطرح بوده و هست. این موضوع برای مسائلی مطرح می‌شود که نمی‌توان درباره آن‌ها به صورت قطعی نظر داد. یکی از این مسائل خروجی تولیدات پراکنده است که به یک ورودی تصادفی بستگی دارد، به‌طور مثال توان خروجی توربین بادی به ورودی آن‌که همان شدت وزش باد است بستگی دارد و شدت وزش باد به‌صورت کاملاً قطعی قابل پیش‌بینی نیست یا توان خروجی سلول های خورشیدی به ورودی آن یا همان شدت نور خورشید بستگی دارد که به‌صورت قطعی قابل پیش‌بینی نیست و عوامل تصادفی مختلفی مثل آب‌وهوا روی آن‌ها تأثیر مستقیم دارد. در مقالات مختلف، روش‌های مختلفی جهت بررسی مسائل تحت عدم قطعیت وجود دارد. این روش‌ها به سه دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۰]: شبیه‌سازی مونت‌کارلو، روش‌های تحلیلی، و روش‌های تخمین.

شبیه‌سازی مونت‌کارلو که اولین بار در سال ۱۹۸۱ به ثبت رسیده، به‌صورت تصادفی مقادیری را برای متغیرهای ورودی نامشخص تولید می‌کند و این مقادیر جهت حل مسئله قطعی درنظر گرفته می‌شوند. این روش به‌صورت گسترده در تحلیل سیستم‌های قدرت جهت مدل‌سازی عدم قطعیت استفاده‌شده است. مهم‌ترین مشکل روش مونت‌کارلو، تعداد زیاد شبیه‌سازی‌های موردنیاز جهت دستیابی به همگرایی است. بااین‌حال، این حالت از روش‌های قطعی جهت حل مسئله در هر شبیه‌سازی استفاده می‌کند [۱۱]. مقالات زیادی از روش مونت کارلو برای مسائل دارای عدم قطعیت استفاده کرده اند و این روش در جایابی تولیدات پراکنده نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲].

روش‌های تحلیلی ازنظر محاسباتی کارآمدتر هستند اما نیازمند برخی فرض‌های ریاضیاتی به‌منظور ساده کردن مسئله می‌باشند. یک مدل چندخطی به‌منظور برآورده کردن غیرخطی بودن شبکه استفاده می‌شود، همچنین، روش‌های کانولوشن جهت دستیابی به یک توصیف ریاضی رفتار متغیرهای تصادفی خروجی استفاده می‌شود [۱۳].

در این مقاله، روش تخمین نقطه[۲] (PEM) به منظور حل مسئله پخش بار احتمالاتی استفاده‌شده است. مزایای اصلی این روش به شرح زیر است [۱۴]:

مشابه شبیه‌سازی مونت‌کارلو، روش‌های تخمین نقطه از راه‌حل‌های قطعی برای حل مسائل احتمالاتی استفاده می‌کنند. بااین‌حال، نیازمند حجم محاسباتی بسیار کمتری هستند. بعلاوه، روش‌های تخمین نقطه بر مشکلات مرتبط با نبود دانش کافی در توابع احتمالاتی متغیرهای تصادفی غلبه می‌کنند، زیرا این توابع تنها با استفاده از چند گشتاورهای آماری اولیه خود تخمین زده می‌شوند (یعنی میانگین، واریانس، عدم تقارن، و کشیدگی). درنتیجه، یک سطح کوچک‌تری از اطلاعات داده موردنیاز است. در مقاله [۱۵] از روش تخمین نقطه برای پخش بار احتمالی به منظور تعیین حداقل تلفات سیستم توزیع استفاده شده است.

در مرجع [۱۶] جایابی هم‌زمان توربین بادی و سلول خورشیدی صورت گرفته اما هر دو مدل از تولیدات پراکنده با توزیع ویبال مدل شده‌اند که بهترین توزیع برای تخمین عملکرد سلول‌های خورشیدی نیست به همین دلیل دقت کار در بهترین حالت خود نیست. یا در مرجع [۱۷] جایابی بهینه با مدل‌سازی سلول خورشیدی انجام‌شده و حتی روش مونت‌کارلو و تخمین نقطه مقایسه شده و در آن از برتری روش نقطه و مزیت‌های آن گفته‌شده اما در این کار فقط تولیدات پراکنده متغیر و دارای عدم قطعیت در شبکه جایابی شده و مکان و مقداریابی یک تولید پراکنده ثابت مثل ژنراتور سنکرون صورت نگرفته است.در مراجع [۱۲, ۱۸] ذکر شده است که استفاده از توزیع ویبال برای تخمین سرعت باد مناسب است.در مراجع نیز [۱۹, ۲۰] توزیع بتا برای تخمین تابش خورشید مناسب در نظر گرفته شده است. در مرجع [۲۱] بهترین مدل‌سازی‌ها برای تولیدات پراکنده مختلف انجام‌شده، در این کار سلول بادی با تابع ویبال و توربین بادی با تابع بتا مدل شده‌اند و از الگوریتم اصلاح‌شده کرم شب‌تاب برای مدیریت هزینه شبکه استفاده‌شده اما مسئله جایابی و مقداریابی ژنراتور سنکرون در نظر گرفته نشده است.

در این مقاله به بررسی مسئله جایابی و مقداریابی بهینه سه نوع مختلف از تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع باهدف کاهش تلفات پرداخته شده است. متغیرهای مسئله، مکان ژنراتور سنکرون، اندازه ظرفیت ژنراتور سنکرون، مکان توربین بادی و مکان سلول خورشیدی هستند. به منظور بهینه سازی از الگوریتم بهینه‌سازی بر مبنای آموزش و یادگیری[۳] استفاده شده است. عدم قطعیت برای توربین بادی و سلول خورشیدی در این پژوهش در نظر گرفته شده و به‌ترتیب با توزیع‌های احتمالی وایبول و بتا مدل شده است. همچنین برای در نظر گرفتن عدم قطعیت آن‌ها از روش تخمین نقطه که روشی با زمان حل کوتاه و جواب دقیق است استفاده می‌شود.

در این مقاله ابتدا فرمول بندی مساله مطرح شده است و پس از بررسی الگوریتم آموزش – یادگیری، در بخش چهارم عدم قطعیت و مدل

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018

سازی سرعت باد و شدت تابش بیان شده است در ادامه، نتایج حاصل از شبیه‌سازی روی شبکه استاندارد بررسی، تجزیه و تحلیل شده است و درنهایت نتایج شبیه سازی نشان داده شده و نتیجه گیری شده است.

۲- فرمول بندی مسئله

۲-۱- تابع هدف

مکان بهینه منابع تولید پراکنده به عوامل مختلفی نظیر ساختار و مشخصات سیستم، سطح بار و نحوه توزیع آن، ظرفیت واحدهای تولید پراکنده و نیز نحوه بهره‌برداری از آن‌ها وابسته است. اما نکته قابل‌توجه این است که بهترین مکان و اندازه مناسب برای نصب منبع تولید پراکنده، کدام شین در شبکه می‌باشد، که باعث کاهش بیشتر تلفات انرژی می‌شود [۲۲]. در این مقاله تابع هدف، مقدار تلفات اهمی سیستم در نظر گرفته شده است که به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{n_{br}} I_i^2 R_i \qquad (۱)$$

$$F_o(X) = min(P_{loss}) \qquad (۲)$$

که در آن I_i و R_i به ترتیب جریان و مقاومت هر شاخه شبکه می‌باشند.

۲-۲- محدودیت‌ها

در این بهینه‌سازی قیود پخش بار به عنوان قیود مساوی و قیود ولتاژ به‌عنوان قیود نامساوی در نظر گرفته‌شده است [۲۳]:

$$P_i = \sum_{i=1}^{n_{bus}} V_i V_j Y_{ij} \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \qquad (۳)$$

$$Q_i = \sum_{i=1}^{n_{bus}} V_i V_j Y_{ij} \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \qquad (۴)$$

که در آن V_i و δ_i اندازه و زاویه ولتاژ در شین i ام، P_i و Q_i به ترتیب توان اکتیو و راکتیو تزریقی به شین i ام می‌باشند.

قید ولتاژ شین‌ها به‌عنوان قیود نامساوی بیان می‌گردد که باید در محدوده مجاز قرار داشته باشد.

$$V_{min} \le V \le V_{max} \qquad (۵)$$

توان تولیدی هر منبع بین مقدار بیشینه و کمینه در نظر گرفته‌شده است.

$$P_{gn}^{min} \le P_{gn_i} \le P_{gn}^{max} \qquad (۶)$$

$$Q_{gn}^{min} \le Q_{gn_i} \le Q_{gn}^{max} \qquad (۷)$$

به‌منظور حفظ ساختار شعاعی شبکه قید زیر باید برقرار باشد.

$$N_{bus} = N_{Branch} + 1 \qquad (۸)$$

که N_{bus} تعداد شین‌ها و N_{Branch} تعداد شاخه‌ها می‌باشد.

همچنین حداقل و حداکثر توان تولیدی ژنراتور سنکرون نیز در رنج زیر است.

$$60 \le PDG \le 2000 \qquad (۹)$$

۳- الگوریتم آموزش و یادگیری

یکی از جدیدترین روش‌های هوشمند بهینه‌سازی در مواجهه با مسائل مهندسی، بهینه‌سازی بر مبنای آموزش - یادگیری می‌باشد. این روش از رفتار یک معلم در کلاس و انتقال آموزش از طریق او به دانش‌آموزان الهام گرفته شده است. این روش برای اولین بار در سال ۲۰۱۱ در مرجع [۲۴] به‌منظور بهینه‌سازی در مسائل محدودی مطرح شد و یک سال بعد توسط همان نویسندگان در سال ۲۰۱۲ در مرجع [۲۵] برای حل مسائل بهینه‌سازی با ابعاد بزرگ‌تر بهینه گردید.

۳-۱- فاز معلم

یک معلم تلاش می‌کند تا علم دانش آموزان را به سطح دانش خود برساند. اما در عمل این امر امکان‌پذیر نیست و یک معلم تنها می‌تواند میانگین یک کلاس را بسته به قابلیت‌های خود تا حدی به سمت خود حرکت دهد. در اینجا فرض می‌شود Mi میانگین نمرات کلاس و معلم Ti در هر تکرار i باشد Mi .سعی خواهد کرد تا به سمت Ti حرکت کند. بنابراین در حال حاضر میانگین جدید Ti خواهد شد، که $Mnew$ عنوان می‌شود. در این مرحله از راه‌حل، اختلاف بین میانگین کنونی و میانگین جدید توسط رابطه زیر به‌روزرسانی می‌شود.

$$Difference_Mean_i = r_i\,(M_{new} - T_F M_i) \qquad (۱۰)$$

در اینجا TF ضریب یادگیری است. ri یک عدد تصادفی در محدوده [۱،۰] است.

۳-۲- فاز دانش آموز

دانش آموزان سطح دانش خود را از دو طریق می‌توانند افزایش دهند: یکی از طریق معلم و دیگری از طریق تعامل بین خود. در اینجا فرض بر این است که در هر مرحله از راه حل برای هر دانش‌آموز یک دانش‌آموز دیگر به صورت تصادفی انتخاب شده و دانش آموزان از این طریق با هم تعامل دارند. یک دانش‌آموز تنها در صورتی چیز جدیدی یاد می‌گیرد که، دانش‌آموزی که با او تعامل دارد دارای سطح دانش بیشتری نسبت به او باشد. این افزایش دانش مطابق فرمول زیر صورت می‌گیرد: اگر f(Xi) بزرگ‌تر از f(Xj) باشد:

$$X_{new.i} = X_{old.i} + r_i(x_i - x_j) \qquad (۱۱)$$

اگر f(Xj) بزرگ‌تر از f(Xi) باشد:

$$X_{new.i} = X_{old.i} + r_i(x_j - x_i) \qquad (۱۲)$$

۴- عدم قطعیت و مدل سازی سرعت باد و شدت تابش

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018

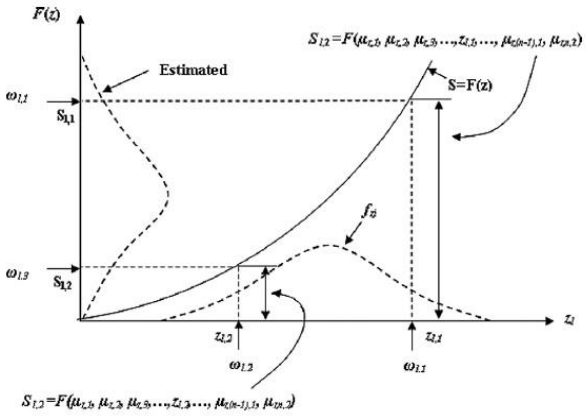
در این مقاله به‌منظور حل مسئله جایابی بهینه از روش تخمین نقطه برای مدل‌سازی عدم قطعیت در تولید توان خورشیدی و تولید توان بادی استفاده شده است. دلیل به‌کارگیری روش دو نقطه در مدل‌سازی عدم قطعیت توان بادی و خورشیدی، سرعت بالا و نیاز به محاسبات کمتر در مقایسه با روش مونت‌کارلو می‌باشد. با وجود اینکه روش دو نقطه یک روش بر پایه سناریو همانند مونت‌کارلو است ولی از سناریو کمتری در مقایسه با روش مونت‌کارلو و با دقتی نزدیک به آن استفاده می‌کند. البته روش مونت‌کارلو با توجه به تعداد سناریوهای بالا، دارای دقت بالاتری می‌باشد ولی در این مقاله به دلیل حجم بالای محاسبات و استفاده از پخش بار در کنار بهینه‌سازی، از روش مونت‌کارلو نمی‌توان استفاده نمود [۱۴, ۱۷].

از مزایای روش دو نقطه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۴]:

- روش دو نقطه همانند مونت‌کارلو از شیوه قطعی برای حل مسائل احتمالاتی استفاده می‌کند با این تفاوت که به محاسبات و تکرارهای کمتری نیاز دارد.
- روش دو نقطه به دلیل استفاده از چند گشتاور آماری اول داده ورودی احتمالاتی، به اطلاعات کمتری از توابع احتمالاتی متغیرهای احتمالاتی نیاز دارند.

در این مقاله از روش M2 PEM برای مدل‌سازی عدم قطعیت در تولید توان بادی و خورشیدی استفاده‌شده است.

روش دونقطه PEM اطلاعات آماری یک متغیر احتمالاتی را در ۲ نقطه متمرکز می‌کند، با استفاده از یک تابع F که ارتباط بین متغیرهای ورودی و خروجی را برقرار می‌کند می‌توانیم اطلاعاتی در مورد متغیرهای تصادفی خروجی به دست آوریم. تابع F تابعی می‌باشد که به همه متغیرهای احتمالاتی ورودی وابسته است. در این روش می‌بایست به ازای هر متغیر تصادفی ۲ بار محاسبات انجام گردد. این جفت دیتای محاسبه‌شده برای هر متغیر تصادفی شامل موقعیت و همچنین یک ضریب وزنی می‌باشد که وزن این موقعیت را درنتیجه خروجی بیان می‌کند[۲۲].



شکل (۱): طرح PEM 2M از [۲۲]

برای محاسبه موقعیت(میانگین) و ضریب وزنی از فرمول‌های (۱۳) و (۱۵) استفاده می‌شود. Z_l موقعیت مکانی متغیر غیرقطعی است که از فرمول ذیل محاسبه می‌شود.

$$Z_{l.k} = \mu_{zl} + \zeta_{l.k}\,\sigma_{zl}\,; \quad k = 1.2 \tag{۱۳}$$

که μ_{zl} و σ_{zl} به ترتیب میانگین و انحراف معیار استاندارد متغیر تصادفی و $\zeta_{(l.k)}$ مکان استاندارد است که از رابطه (۱۴) محاسبه می شود.

$$\zeta_{l.k} = \frac{\lambda_{l.3}}{2} + (-1)^{3-k}\sqrt{m - (\lambda_{l.3}{}^2/2)^2};\ k = 1.2 \tag{۱۴}$$

ضریب $\lambda_{(l.3)}$ هم سومین گشتاور مرکزی تابع Z است که ضریب ناهمواری نامیده می‌شود و در اینجا از فرمول (۱۵) محاسبه می‌گردد.

$$\lambda_{l.3} = \frac{E[(z_l - \mu_{zl})^3]}{(\sigma_{zl})^3} \tag{۱۵}$$

علامت σ هم نشان‌دهنده انحراف معیار یک تابع است که از فرمول (۱۶) محاسبه می‌شود.

$$\sigma = \sqrt{Var(S_i)} = \sqrt{E(S_i{}^2) - [E(S_i)]^2} \tag{۱۶}$$

۴-۱- مدل سازی توربین بادی

همان‌طور که در قسمت‌های قبلی توزیع داده شد. بهترین تخمین برای توربین‌های بادی توزیع ویبال است که به صورت زیر بیان می‌شود [۱۲].

$$f_w(V_{wind}) = \frac{k}{c}\left(\frac{V_{wind}}{c}\right)^{k-1} e^{[-(\frac{V_{wind}}{c})^k]} \tag{۱۷}$$

برای محاسبه و مدل‌سازی عدم قطعیت توربین‌های بادی به میانگین و انحراف معیار توزیع ویبال نیاز داریم که مطابق فرمول (۱۸) میانگین و با جذر فرمول (۱۹) انحراف معیار محاسبه می‌شود [۲۶].

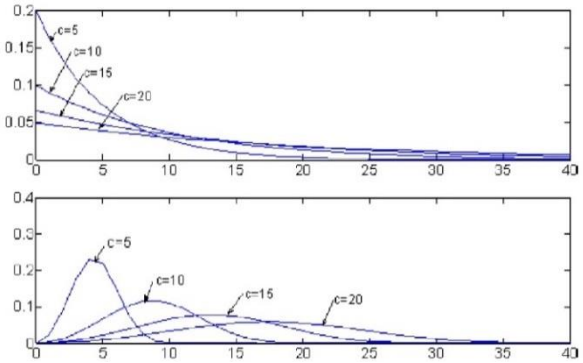
$$\mu = c\Gamma(1 + k^{-1}) \tag{۱۸}$$

$$\sigma_v^2 = c^2\Gamma(1 + 2k^{-1}) - \mu^2 \tag{۱۹}$$

در فرمول‌های بالا علامت Γ تابع گاما است که مطابق فرمول (۲۰) محاسبه می‌شود.

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty y^{x-1}\, e^{-y}\, dy.\, y > 0 \tag{۲۰}$$

علائم c و k هم به ترتیب ضریب مقیاس و ضریب شکل هستند که تابع ویبال را مشخص می‌کنند. و بر اساس نوع توربین بادی مورداستفاده مشخص می‌شوند. ضریب k می‌تواند یکی از مقادیر بین ۱ تا ۳ را داشته باشد و c هم بین اعداد ۵ تا ۲۰ متغیر است [۲۶].



شکل (۲): تابع چگالی احتمالی ویبال برای ضریب k با مقدار ۱ و ۳ و ضریب c با مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ [۲۶]

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018

هرچه میزان c بیشتر فرض شود یعنی شدت باد در ناحیه مورد نصب بیشتر در نظر گرفته‌شده است [۲۶].

۴-۲- مدل سازی سلول خورشیدی

مطابق [۱۹] تابع بتا مناسب‌ترین توزیع جهت مدل‌سازی تابش خورشیداست که به‌صورت رابطه (۲۱) بیان می‌شود:

$$f_b(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \mathrm{X}\, x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1} & for\ 0<x<1\ .\ \alpha>0.\ \beta>0 \\ 0 & Otherwise \end{cases} \quad (۲۱)$$

که x میزان تابش خورشید برحسب KW/m2، β و α پارامترهای توزیع بتا و $f_b(x)$ تابع توزیع بتا متغیر x است که β و α به کمک میانگین و انحراف معیار متغیر تصادفی x با استفاده از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\alpha = \mu\left(\frac{\mu(\mu+1)}{\sigma^2} - 1\right) \quad (۲۲)$$

$$\beta = (1-\mu)\left(\frac{\mu(\mu+1)}{\sigma^2} - 1\right) \quad (۲۳)$$

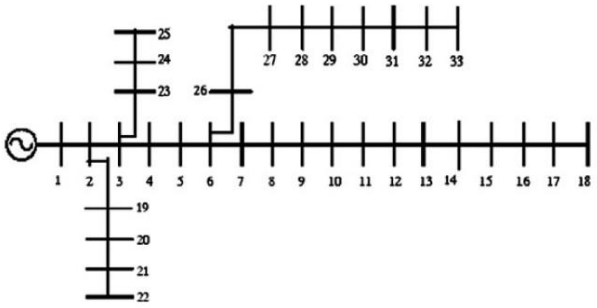
مقالات زیادی اقدام به محاسبه این دو پارامتر مختلف برای سلول‌های خورشیدی مختلف کرده‌اند که از آن‌ها می‌توان به مرجع [۱۷] نام برد که سلول‌های خورشیدی را با توزیع بتا مدل کرده و حالت بهینه پارامترها را محاسبه کرده است.

۵- نتایج تحقیق

در این بخش ۳ نوع مختلف از تولیدات پراکنده یعنی ژنراتور سنکرون، مزرعه بادی و PV در شبکه‌های ۳۳ و ۶۹ شینه توزیع IEEE به‌منظور کاهش تلفات با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش-یادگیری جایابی و مقداریابی می‌شوند. حداکثر ظرفیت تولیدی ژنراتور سنکرون در این مقاله ۲۰۰۰ کیووات است و برای مزرعه بادی و PV حداکثر ظرفیت توان تولیدی به ترتیب ۶۶۰ و ۱۵۰ کیلووات در نظر گرفته شده است. در این جایابی عدم قطعیت تولید این تولیدات پراکنده در نظر گرفته می‌شود و ورودی آن‌ها با نزدیک‌ترین توزیع‌های آماری مدل خواهند شد. تلفات در هر مرحله با یکدیگر مقایسه خواهد شد و دلایل کاهش تلفات موردبررسی قرار می‌گیرد. در این فصل شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزار MATLAB انجام میشود که نتایج آن در ادامه ارائه خواهد شد.

۵-۱- شبکه ۳۳ شینه IEEE

این شبکه که در مقاله [۲۷] اطلاعات کامل این شبکه بیان‌شده، یک شبکه توزیع شعاعی با مجموع بار اکتیو ۳.۷۱۵ مگاوات، بار راکتیو ۲.۳ مگاوار و تعداد ۳۲ شاخه است. دیاگرام تک‌خطی این شبکه در شکل زیر نشان داده‌شده است. تلفات توان اکتیو و راکتیو در این شبکه، قبل از نصب تولیدات پراکنده به ترتیب ۲۱۰.۹۸۷ کیلووات و ۱۴۳.۱۲۸ کیلووار است.ولتاژ این شبکه نیز ۱۲.۶۶ کیلوولت است.



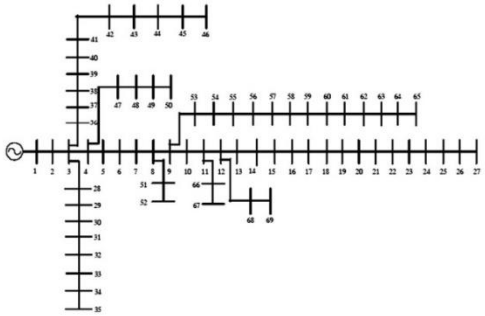
شکل (۳): شبکه استاندارد ۳۳ شینه IEEE

برای شبیه‌سازی این شبکه ۳ سناریو مختلف طراحی کردیم و به ترتیب ژنراتور سنکرون، مزرعه بادی و PV را به شبکه اضافه می‌کنیم.

جدول (۱): نتایج شبیه سازی شبکه ۳۳ شینه IEEE

	Without DG	With DG	With DG & WT	With DG & WT & PV
DG Location	-	۲۹	۳۰	۳۰
DG Size (KW)	-	۱۸۷۲.۶	۱۸۲۴.۵	۱۷۲۹.۲۱۷
WT Location	-	-	۱۰	۸
PV Location	-	-	-	۱۰
TLP(KW)	۲۲۴.۹۵۱	۸۳.۱۸۹	۷۴.۸۱۹	۷۴.۱۰۹

جدول ۱ نتایج کاهش تلفات اکتیو قبل و بعد از اضافه شدن تولیدات پراکنده مختلف در شبکه را نمایش می‌دهد. با اضافه شدن ژنراتور سنکرون به شبکه تلفات به میزان قابل توجهی کاهش یافته است و در شبیه سازی‌های بعدی با اضافه کردن مزرعه بادی و PV با هم روند کاهشی در تلفات شبکه مشاهده می‌شود گرچه تاثیر آن‌ها به علت در نظر گرفتن عدم قطعیت کمتر است. در مقایسه PV و WT نیز باز تاثیر مزرعه بادی به علت توان بالاتر بیشتر بوده است.



شکل (۴): دیاگرام تک‌خطی شبکه ۶۹ شینه استاندارد IEEE از [۲۶]

۵-۲- شبکه ۶۹ شینه IEEE

شبکه ۶۹ شینه، که اطلاعات آن در مرجع [۲۶] ارائه‌شده است، شبکه دارای بار اکتیو ۳.۷۹۱ مگاوات، بار راکتیو ۲.۶۹۴ مگاوار و تعداد ۶۸ شاخه است. دیاگرام تک‌خطی این شبکه در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. تلفات توان اکتیو و راکتیو در این شبکه، قبل از نصب

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018

تولیدات پراکنده بـه ترتیـب ۲۲۴.۹۵۱ کیلـووات و ۱۰۲.۱۳۸ کیلـووار است.

برای این شبکه نیز ۳ شبیه سازی مختلف را انجام دادیم و بـه ترتیـب ژنراتور سنکرون، مزرعـه بـادی و PV را بـه شـبکه اضـافه مـی‌کنـیم. همچنین قابل ذکر است کـه ورودی مزرعـه بـادی بـا توزیـع ویبـال و ورودی PV با توزیع بتا مدل شده اند.

جدول (۲): نتایج شبیه سازی شبکه ۶۹ شینه IEEE

	Without DG	With DG	With DG & WT	With DG & WT & PV
DG Location	-	۲۹	۳۰	۳۰
DG Size (KW)	-	۱۸۷۲.۶	۱۸۲۴.۵	۱۷۲۹.۲۱۷
WT Location	-	-	۱۰	۸
PV Location	-	-	-	۱۰
TLP(KW)	۲۲۴.۹۵۱	۸۳.۱۸۹	۷۴.۸۱۹	۷۴.۱۰۹

جدول ۲ مقدار تلفات اکتیو کل شبکه را در شبیه سازی‌هـای مختلـف نشان می‌دهد. با دنبال کردن روند کاهش تلفات متوجه می‌شـویم کـه اضافه شدن هر تولید پراکنده جدید به مقدار اندازه توانی که به شـبکه تزریق می‌کند باعث کاهش تلفات در شبکه می‌شود. در این میان تاثیر ژنراتور سنکرون بر روی کاهش تلفات نسبت به مزرعه بـادی و مزرعـه بادی نسبت به PV بیشتر هستند.

همانطور که در جدول ۲ مشخص است با اضافه شـدن مزرعـه بـادی و PV به شبکه توان تزریقی تولیدات پراکنده به شبکه کاهش یافته است و مزرعه بادی و PV علاوه بر کاهش تلفات، نقش کاهش دهنده مقـدار توان تزریقی تولیدات پراکنده به شبکه را نیز دارند. بنابراین شاید تاثیر PV در کاهش تلفات کم باشد اما باعث کاهش توان تزریقـی تولیـدات پراکنده به شبکه شده است.

۶- بحث و نتیجه گیری

این مقاله روش جدیدی برای جایابی بهینه انواع مختلـف تولیـدات پراکنده دارای عدم قطعیت و ثابت بصورت همزمان در شبکه توزیـع را با استفاده از الگوریتم بهینه شده TLBO در شـبکه‌هـای توزیـع ارائـه کرده است. در این مقاله تولیدات دارای عدم قطعیت مثل مرزرعه بادی و PV در کنار ژنراتور سنکرون،که قطعیـت تولیـد تـوان دارد، بصـورت همزمان در شبکه‌های ۳۳ و ۶۹ شینه توزیع جایابی و مقدار یابی شـده اند. همچنین برای این منظور از الگوریتم بهینه شده TLBO اسـتفاده شده و کارایی این الگوریتم به این منظور مشـخص شـده اسـت. بـرای مدل کردن ورودی تـوربین بـادی و PV از نزدیـک تـرین توزیـع‌هـای آماری سرعت وزش باد و شدت تابش خورشید استفاده شده اسـت. در نهایت برای منظور کردن عدم قطعیـت روش سـریع و دقیـق تخمـین نقطه بکار گرفته شده است. با اضافه شدن تولیدات پراکنده بـه شـبکه توزیع شاهد این بودیم که تلفات کاهش یافت و به مرور بخش بیشتری از آن توسط تولیدات پراکنده جبران گردید. همچنـین انـرژی بـادی و خورشیدی که انرژی‌های کـم ضـررتری نسـبت بـه ژنراتـور سـنکرون هستند با اضافه شدن به شبکه جایگزین بخشی از توان تولیدی ژنراتور سنکرون شده اند و علاوه بر کاهش تلفات، مقدار انرژی تزریقی توسـط دیگر اجزا سیستم را کاهش می‌دهند.

برای ادامه دادن کار این مقاله مـی‌تـوان توابـع هـدف را افـزایش داد و بحث‌های آلودگی و هزینه‌ای را هم در نظر گرفت و همچنین مـی‌تـوان مسائل حفاظتی در حضور تولیدات پراکنده دارای عدم قطعیـت را نیـز مورد بررسی قرار داد.

مراجع

[1] Uniyal, A. and A.J.P.C.S. Kumar, Optimal Distributed Generation Placement with Multiple Objectives Considering Probabilistic Load. 2018. 125: p. 382-388.

[2] Doagou-Mojarrad, H., et al., Optimal placement and sizing of DG (distributed generation) units in distribution networks by novel hybrid evolutionary algorithm. 2013. 54: p. 129-138.

[3] Iqbal, F., M.T. Khan, and A.S.J.A.E.J. Siddiqui, Optimal placement of DG and DSTATCOM for loss reduction and voltage profile improvement. 2018. 57(2): p. 755-765.

[4] Dinakara Prasasd Reddy, P., T.J.E.P. Reddy Dr, and E. Systems, Optimal renewable resources placement in distribution. 2017. 28: p. 669-678.A

[5] Kim, K.-H., et al. Dispersed generator placement using fuzzy-GA in distribution systems. in Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE. 2002. IEEE.

[6] Spokane, W., Placement of Dispersed Generations Systems for Reduced Losses.

[7] Prakash, D. and C.J.A.e.j. Lakshminarayana, Multiple DG placements in radial distribution system for multi objectives using Whale Optimization Algorithm. 2018.

[8] Sannigrahi, S. and P.J.P.c.s. Acharjee, Maximization of System Benefits with the Optimal Placement of DG and DSTATCOM Considering Load Variations. 2018. 143: p. 694-701.A

[9] Morshed, M.J., J.B. Hmida, and A.J.A.E. Fekih, A probabilistic multi-objective approach for power flow optimization in hybrid wind-PV-PEV systems. 2018. 211: p. 1136-1149.

[10] Tung, Y.-K. and B.-C. Yen. Hydrosystems engineering uncertainty analysis. 2005. Asce.

[11] Seila, A.F., *Simulation and the monte carlo method*. 1982, Taylor & Francis.

[12] Mokryani, G., P.J.I.J.o.E.P. Siano, and E. Systems, Evaluating the integration of wind power into distribution networks by using Monte Carlo simulation. 2013. 53: p. 244-255.

[13] Allan, R. and A.L. Da Silva. Probabilistic load flow using multilinearisations. in IEE Proceedings C (Generation, Transmission and Distribution). 1981. IET.

[14] Morales, J.M. and J.J.I.T.o.p.s. Perez-Ruiz, Point estimate schemes to solve the probabilistic power flow. 2007. 22(4): p. 1594-1601.

[15] Azad-Farsani, E.J.E., Loss minimization in distribution systems based on LMP calculation using honey bee mating optimization and point estimate method. 2017. 140: p. 1-9.

[16] Evangelopoulos, V.A., P.S.J.I.G. Georgilakis,

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Transmission, and Distribution, Optimal distributed generation placement under uncertainties based on point estimate method embedded genetic algorithm. 2013. 8(3): p. 389-400.
[17] Anandraj, J.E. Point estimate method of Load Flow for distribution network with photovoltaic generators. in Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS), 2013 International Conference on. 2013. IEEE.A
[18] Menut, L.J.J.o.A. and O. Technology, Modeling of Mineral Dust Emissions with a Weibull Wind Speed Distribution Including Subgrid-Scale Orography Variance. 2018. 35(6): p. 1221-1236.
[19] Atwa, Y., et al., Optimal renewable resources mix for distribution system energy loss minimization. 2010. 25(1): p. 360-370.A
[20] Luo, L., et al., Optimal siting and sizing of distributed generation in distribution systems with PV solar farm utilized as STATCOM (PV-STATCOM). 2018. 210: p. 1092-1100.A
[21] Mohammadi, S., et al., An Adaptive Modified Firefly Optimisation Algorithm based on Hong's Point Estimate Method to optimal operation management in a microgrid with consideration of uncertainties. 2013. 51: p. 339-348.A
[22] Malekpour, A.R., et al., Multi-objective stochastic distribution feeder reconfiguration in systems with wind power generators and fuel cells using the point estimate method. 2013. 28(2): p. 1483-1492.
[23] Soroudi, A., M.J.I.g. Ehsan, transmission, and distribution, Imperialist competition algorithm for distributed generation connections. 2012. 6(1): p. 21-29.
[24] Rao, R.V., V.J. Savsani, and D.J.C.-A.D. Vakharia, Teaching–learning-based optimization: a novel method for constrained mechanical design optimization problems. 2011. 43(3): p. 303-315.
[25] Rao, R.V., V.J. Savsani, and D.J.I.s. Vakharia, Teaching–learning-based optimization: an optimization method for continuous non-linear large-scale problems. 2012. 183(1): p. 1-15.
[26] Hetzer, J., C.Y. David, and K.J.I.T.o.e.c. Bhattarai, an economic dispatch model incorporating wind power. 2008. 23(2): p. 603-611.a
[27] Kashem, M., et al. A novel method for loss minimization in distribution networks. in Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2000. Proceedings. DRPT 2000. International Conference on. 2000. IEEE.a
[28] Hamouda, A. and K.J.J.o.A.S. Zehar, Efficient load flow method for radial distribution feeders. 2006. 6: p. 2741-2748.

زیرنویس‌ها

[1] Distributed generation
[2] Point Estimate Method
[3] Teaching Learning Based Optimization

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Placement and Sizing of Various Renewable Generations in Distribution Networks with Consideration of Generation Uncertainties using Point Estimate Method

Ehsan Abbasi[1], Alireza Tavakoli[2*]

1- MSc, Department of Electrical Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2-Assistant Professor - Department of Electrical Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, a.tavakoli@iauahvaz.ac.ir

Abstract: Deploying Distributed Generation (DG) units has increased due to yearly increase of electric energy demand and technological advancements beyond Smart Grid. Although, DGs offer several advantages such as reducing economic costs and environmental impacts, the operation of these units in power systems creates several problems. In this paper, optimal allocation and sizing of DG units in radial distribution network with the aim of power losses reduction is investigated. Different types of DGs are considered in the proposed method. Moreover, the conventional and stochastic generation units are simultaneously considered. To calculate the uncertainty wind and photovoltaic generation, Weibull and Beta probabilistic distributions are used. The point estimation method is employed to estimate stochastic generation outputs. Modified Teaching-Learning-Based Optimization (TLBO) method is used to optimize the cost objective function while satisfying the constraints. Maximum injected power into network from DGs and maximum power generation of each unit are considered as problem constraints. Moreover, by installing each DG unit, the maximum generation power of the units is determined in order to reduce network power losses. The proposed method is implemented on 33-and-69-bus IEEE test systems. Simulation results proved that optimal network losses reduction is accomplished by installation of DG units.

Keywords: Distributed generation, DG Placement and Sizing, Distribution network, Uncertainty.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.6.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring & summer 2018