



مکان یابی بهینه DG در یک شبکه نامتعادل با دو هدف جداگانه با استفاده از یک الگوریتم جدید

مجتبی جمعیتی¹

1- استادیار، گروه فیزیک، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران.

* نراق، صندوق پستی 37961/4، drmjamati@gmail.com

چکیده	اطلاعات مقاله
در این مقاله، منابع تولید پراکنده (DG) در یک شبکه نامتعادل با دو تابع هدف متفاوت با استفاده از یک الگوریتم جدید، محلی سازی شده اند. برای این منظور، هزینه ها و توابع هدف پارامتریک برای این مشکل فرموله می شود. تکنیک جدیدی برای حل مشکل توزیع نامتعادل بار پیشنهاد شده است. الگوریتم بهینه سازی موتورهای جستجو گروهی (GSO) یکی از تکنیک های جدید ذرات هوشمند است که در این مقاله، این الگوریتم بهبود یافته و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. شبیه سازی ها بر روی دو شبکه نمونه واقعی در شمال غرب ایران و استاندارد IEEE انجام می شود. هر تابع هدف در یکی از شبکه ها آزمایش می شود. برای هر شبکه، دو سناریوی قرارگیری پیشنهاد می شود: شمارش منابع DG و تعیین تعداد واحدهای DG. در فرایند مطالعه موردی، نتایج الگوریتم بهبود یافته GSO با نتایج الگوریتم های ساده GSO و بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) مقایسه می شود.	مقاله پژوهشی کامل دریافت: 21 اسفند 1399 پذیرش: 31 فروردین 1400 ارائه در سایت: 18 تیر 1400
	کلیدواژگان توزیع بهینه تولید پراکنده بهینه ساز جستجوی گروهی

Optimal placement of DG in an unbalanced network with two separate objectives using a new algorithm

Mojtaba. Jamiati^{1*}

1- Department of Physics, Naragh Branch, **Islamic Azad University**, Naragh, Iran.

* P.O.B. 37961/4 Naragh, Iran, drmjamati@gmail.com

Article Information

Original Research Paper
Received 12 March 2021
Accepted 20 April 2021
Available Online 9 July 2021

Keywords

Optimal distribution
distributed generation optimizer
group search

ABSTRACT

In this paper, distributed generation (DG) resources are localized in an unbalanced network with two different objective functions using a new algorithm. For this purpose, cost and parametric objective functions will be formulated for this problem. A new technique has been proposed to solve the problem of unbalanced load distribution. Group Search Engine Optimization (GSO) algorithm is one of the new particle intelligence techniques that in this paper, this algorithm has been improved and the results have been analyzed. The simulations will be performed on two real sample networks in northwestern Iran and the IEEE standard. Each target function will be tested on one of the networks. For each network, two placement scenarios are proposed: DG resource counting and determination of the number of DG units. In the case study process, the results of the proposed improved GSO algorithm are compared with the results of simple GSO algorithms and particle swarm optimization (PSO).

Please cite this article using:

Mojtaba. Jamiati, Optimal placement of DG in an unbalanced network with two separate objectives using a new algorithm, *Journal of Mechanical Engineering and Vibration*, Vol. 12, No. 2, pp. 7-16, 2021 (In Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

1- مقدمه

تعاریف و تفسیرهای مختلفی از مفهوم تولید پراکنده (DG) وجود دارد. DG را می‌توان به عنوان "تولید برق در شبکه‌های توزیع یا در سمت مصرف کننده شبکه" یا استفاده از واحدهای تولید برق در مقیاس کوچک برای تولید برق در نزدیکی محل بار تعریف کرد. این واحدها مستقیماً به شبکه توزیع و مصرف کننده کنترل متصل می‌شوند [1]. این امر به طور چشمگیری هزینه های توزیع را کاهش می‌دهد. DG همچنین می‌تواند برق ساختمانها و شرکتها را تأمین کند و مازاد برق را به شبکه ارسال کند. به طور کلی، DG به واحدهایی اشاره دارد که کمتر از 11 مگاوات قدرت تولید می‌کنند [2]. طبقه بندی منابع در این بخش مطابق یکی از قابلیت های اصلی مقاله (با استفاده از تکنیک جدید برای حل مشکل) انجام می‌شود. برای این منظور، منابع مروری شده در چهار گروه کلی گروه بندی شده اند. محاسبه تکاملی، تکنیک های هوش ذره ای، تکنیک های نوآورانه و روش های فازی. محاسبات تکاملی از مدل های محاسباتی فرایندهای تکاملی به عنوان اجزای کلیدی در طراحی و اجرای روش های رایانه ای برای حل مسائل استفاده می‌کنند. در میان این تکنیک ها، سه روش برای حل مشکل موقعیت یابی DG وجود دارد: برنامه ریزی تکاملی [3-4] (EP)، الگوریتم ایمنی [5-6] و الگوریتم ژنتیک [7-8] هوش ذرات. نوعی روش هوش مصنوعی مبتنی بر رفتارهای گروهی در سیستم های غیر متمرکز و خود سازماندهی است. نمونه هایی از چنین سیستم هایی را می‌توان در طبیعت مشاهده کرد. گروههای مورچه، گله پرندگان، گله حیوانات، گله باکتریها و گله ماهی. در [9-11] الگوریتم شبیه سازی مصنوعی زنبور عسل، در [11] بهینه سازی جفت گیری زنبور عسل (HBMO) و در [12-14] الگوریتم بهینه سازی خوشه ذرات (PSO) برای حل مشکل مکان بهینه تخصیص و ظرفیت تولید پراکنده استفاده می‌شود. در [22-25] از تکنیک های تکاملی برای حل این مشکل استفاده شده است. برای این منظور، ترکیبی از الگوریتم ها [22]، تعیین گذرگاه های آسیب پذیر از نظر پایداری ولتاژ و موقعیت DG با استفاده از جستجوی برنامه نویسی پویا [16]، آزمون حساسیت و تکنیک برازش منحنی نوآورانه [17] و الگوریتم صریح استفاده می‌شود. است. منطق فازی از منطق صفر و یک نرم افزار کلاسیک فراتر رفته و دری جدیدی را برای دنیای نرم افزار و کامپیوتر باز می‌کند. منابع [18-21] روشهای فازی برای یافتن بهترین مکان و ظرفیت DG استفاده شده است. سرانجام،

نویسندگان [21-22] برای این منظور از برنامه نویسی غیر خطی مختلط (MINLP) استفاده کرده اند. در این مقاله، بومی سازی بهینه تولید توزیع شده (DG) در یک شبکه توزیع شعاعی نامتعادل با استفاده از یک الگوریتم جدید بهینه شده است. قسمت های باقی مانده مقاله به شرح زیر است. در قسمت دوم، دو توابع هدف برای قرار دادن DG در شبکه بار نامتعادل فرموله شده است. نحوه حل مشکل توزیع بار نامتعادل پیشنهادی در بخش سوم مورد بحث قرار گرفته است. مفهوم و ساختار الگوریتم بهینه سازی موتورهای جستجوی گروهی (GSO)، نحوه بهبود آن و نحوه حل مشکل با استفاده از الگوریتم پیشنهادی در قسمت چهارم ارائه شده است. نتایج شبیه سازی در شبکه های نمونه و مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم های کلاسیک GSO و بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) در جداول و شکل های بخش پنجم قابل مشاهده است. این مطالعه در بخش ششم به پایان رسیده است. 1-2- اشاره به مراجع (سبک عنوان سطح 2 و 3)

اشاره به مراجع با علامت [1] در متن مقاله شروع می‌شود و بقیه مراجع نیز به ترتیب ادامه می‌یابند. مراجع باید به ترتیب ارجاع در متن شماره گذاری شوند و نمی‌توان به منبع شماره 3 زودتر از منبع شماره 2 اشاره کرد. در اشاره به چند منبع پشت سر هم، به جای ذکر تک تک آنها می‌توان یکجا اشاره نمود [2-4] و برای اشاره به دو یا چند منبع غیر متوالی در داخل براکت از جداکننده کاما استفاده می‌شود [2,5,7].

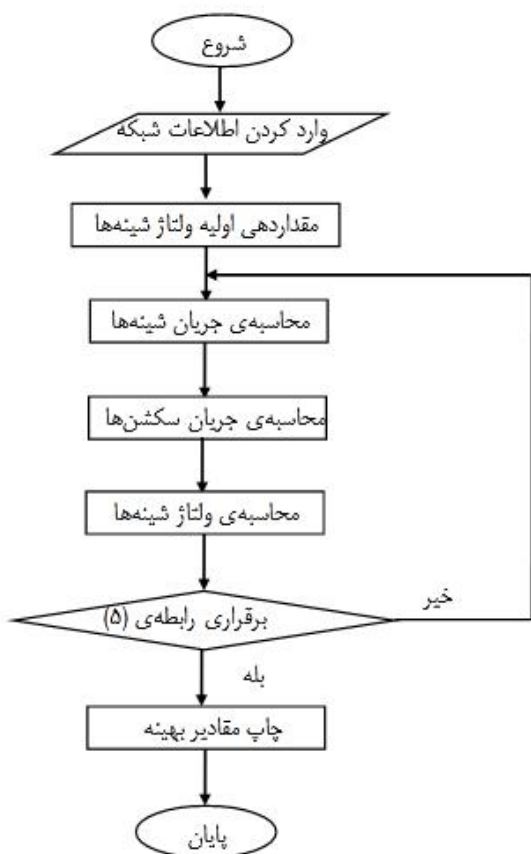
از ارجاع به مراجع به صورت: "در این موضوع محققان بسیاری تحقیق نموده‌اند [2-20]" خودداری شود. در مقاله های پژوهشی ارجاع باید به طور عمده در بخش های اصلی مقاله صورت گیرد. مراجعی که فقط در مقدمه آورده شده‌اند در واقع مرجع پژوهش نیستند و تعداد آنها باید اندک باشد.

2- فرمول بندی مسئله

2-1- تابع هدف هزینه

در تدوین تابع هدف، دو چالش در نظر گرفته می‌شود که هر دو دارای ماهیت هزینه هستند: کاهش هزینه اتلاف برق و کاهش هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری از منابع تولید پراکنده برای این منظور، عملکرد عینی مسئله به عنوان رابطه زیر ارائه شده است:

$$COF = SP \cdot K_p \sum_{i=1}^{NB} P_{Loss,i} + K_{DG} S_{DG} \quad (1)$$



شکل 1 نمودار برای حل مشکل توزیع نامتعادل بار

3- توزیع بار نامتعادل

برای حل مشکل استقرار بهینه منابع تولید توزیع شده در یک شبکه نامتعادل، باید از برنامه توزیع بار نامتعادل مناسب استفاده شود. برای این منظور، در اولین مرحله، مقدار جریان بار با استفاده از $I_L = (S^L/V_n)^*$ که I_L ، S_L و V_n محاسبه می‌شود.

در اولین مرحله، $V_n = 1$ در نظر گرفته می‌شود. بر اساس جریان بار به دست آمده از رابطه فوق و همچنین با توجه به توپولوژی شبکه، جریان بخش (I_s) را بدست می‌آوریم:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \quad (3)$$

با توجه به اینکه ولتاژ باس اولیه مشخص است، مقدار افت ولتاژ را برای مقطعی که از اولین گذرگاه شروع می‌شود محاسبه می‌کنیم تا ولتاژ باس بعدی را بدست آوریم.

که SP: طول دوره مطالعه (برای یک سال 8761 ساعت است. P_{Loss} و K_p به ترتیب هزینه تلفات برق و کل تلفات توان شبکه هستند. DGK و DGS به ترتیب هزینه نصب منبع DG و کل توان ظاهری تولید شده توسط منبع DG هستند NB. تعداد گذرگاه های شبکه را نشان می دهد. محدودیت های مشکل، که همه آنها باید برآورده شوند، در [23] قابل مشاهده است.

2-2- تابع هدف جدید هزینه

تابع هدف معرفی شده در معادله (1) براساس کارایی اقتصادی تدوین شده است. از سوی دیگر، مطالعه صرفاً اقتصادی، یک دیدگاه تک بعدی از مسئله است. به دلیل هزینه ترکیبی نصب DG در شبکه و از طرف دیگر هزینه های مختلف برای تلفات برق، نمی توان آن را یک مطالعه جامع دانست. در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر، به دلیل هزینه بالای خرید و راه اندازی منابع DG به دلیل پایین بودن ارزش پول ملی، هزینه های گمرکی بالا، تحریم ها و انحصار سازندگان این تجهیزات) و عدم توجه اقتصادی برای کاهش قدرت تلفات در اکثر موارد (به دلیل نگاه دولت به صنعت برق و ساختار مشکل دار شبکه توزیع)، اساساً طراحی چنین سیستمی توجیه اقتصادی ندارد. با این حال، یک مطالعه مشابه با هزینه یک کشور دیگر پاسخ های متفاوتی خواهد داشت. بنابراین، برای تکمیل مطالعه، یک تابع هدف جدید تنها بر اساس مقادیر پارامترهای تابع هدف معرفی می شود. در این موارد، دو چالش اصلی وجود دارد. اولین چالش تمایز پارامترهای تابع هدف است. این مشکل در تابع هدف هزینه وجود ندارد زیرا همه پارامترها از نوع هزینه هستند. چالش دوم مقیاس متفاوت کمیته در کارکرد هدف است. به عبارت دیگر، مقادیر تابع هدف آنقدر متفاوت است که تأثیر همه پارامترها بر عملکرد هدف مشکل و همچنین مکان و ظرفیت سیستم نصب شده متفاوت است. برای این منظور، تابع هدف جدید به شرح زیر تعریف شده است:

$$POF = \frac{P_{Loss,a}}{P_{Loss,b}} + \frac{VB_a}{VB_b} \quad (2)$$

که شاخص های a و b به ترتیب مقادیر بعد و قبل از قرارگیری هستند VB. همچنین مقدار انحراف ولتاژ است. با استفاده از این تکنیک، مقادیر تابع هدف در یک محدوده منطقی عادی می شوند و تأثیر آن بر تابع هدف، صرف نظر از ارزش عددی آنها، به طور مستقیم به دلیل میزان بهبود آنها خواهد بود. این تابع هدف یک قدم جلوتر از تابع هدف هزینه است و علمی تر است.

توقف یا به عبارت دیگر تعداد تکرارها تکمیل نمی شود ، ادامه می یابد. جمعیت الگوریتم GSO گروه نامیده می شود و هر فرد در جمعیت عضو آن است. در یک فضای جستجوی n بعدی ، عضوی i در تکرار k-repeat دارای وضعیت فعلی $Z_i^k \in R^n$ است و زاویه راس $(\delta_{i1}^k, \dots, \delta_{i(n-1)}^k) \in R^{n-1}$ است. مسیر جستجوی عضو i ام که بردار واحد $D_i^k(\delta_i^k) = (d_{i1}^k, \dots, d_{i(n-1)}^k) \in R^n$ را می توان از طریق محاسبات قطبی برای تبدیل مختصات دکارتی یافت.

$$d_{i1}^k = \prod_{q=1} \cos(\delta_{iq}^k) \quad (7)$$

$$d_{ij}^k = \sin(\delta_{i(j-1)}^k) \cdot \prod_{q=1} \cos(\delta_{iq}^k) \quad (j = 2, \dots, n-1) \quad (8)$$

$$d_{in}^k = \sin(\delta_{i(n-1)}^k) \quad (9)$$

برای هر یک از اعضای گروه هفت ، عملیات زیر انجام می شود : گام یک .انتخاب رهبر: رهبر گروه pX را بر اساس ذره ای که بهترین پاسخ ممکن را دارد پیدا کنید .گام دوم .شروع فرآیند جستجو: رهبر با زاویه صفر اسکن می شود و سپس از سه نقطه در محدوده اسکن با استفاده از معادلات زیر نمونه برداری می شود .بردار سه نقطه را در اطراف خود برای موقعیت بهتر اسکن می کند.

$$Z_F = Z_P^k + r_1 l_{\max} D_P^k(\delta^k) \quad (10)$$

دوم ، رهبر یک نقطه را در سمت راست خود اسکن می کند:

$$Z_R = Z_P^k + r_1 l_{\max} D_P^k(\delta^k + r_2 \theta_{\max}/2) \quad (11)$$

سوم ، رهبر بازیکنان را در سوت چپ خود اسکن می کند ،

$$Z_L = Z_P^k + r_1 l_{\max} D_P^k(\delta^k - r_2 \theta_{\max}/2) \quad (12)$$

که r_1 یک عدد تصادفی با توزیع نرمال میانگین و انحراف استاندارد 1 و r_2 یک عدد تصادفی با توزیع نرمال در $[0,1]$ است θ_{\max} ، حداکثر زاویه ردیابی و l_{\max} حداکثر فاصله ردیابی:

$$V_j = V_i - Z \cdot I_s \quad (4)$$

که V_i و V_j به ترتیب ولتاژ گذرگاه بعدی و ولتاژ گذرگاه منبع تغذیه هستند. بنابراین ، گذرگاه ها به روز می شوند ، یعنی V_n به روز می شود :

$$V_n = [V_{j1}, V_{j2}, V_{j3}, \dots] \quad (5)$$

با استفاده از معادله (3) و معادله فوق ، جریان بارها به روز شده و مراحل فوق تکرار می شود. این تکرار برای کاهش مقدار خطا از یک مقدار شناخته شده ، بارها تکرار می شود .

$$\max(\max|\angle V_{n2} - \angle V_{n1}|, \max(|V_{n2}| - |V_{n1}|)) \quad (6)$$

با توجه به V_n نهایی به دست آمده ، می توان همه مقادیر مطلوب بعدی را محاسبه کرد .شکل (1) نمودار جریان حل مسئله توزیع بار در یک شبکه نامتعادل را نشان می دهد .

4- الگوریتم بهینه سازی جستجوی گروهی (GSO)

4-1- مفهوم الگوریتم

در الگوریتم GSO ، هر گروه از سه گروه از اعضا تشکیل شده است. به اعضای که بهترین ارزش را برای عملکردهای هدف دارند ، رهبر گفته می شود. برخی از ذرات انتخاب شده به عنوان جستجوگر برای ارائه این فرصت به رهبر برای یافتن بهترین پاسخ استفاده می شود. رنجرز همچنین مکان های مربوط به پاسخ های بهینه را با حرکت تصادفی و استراتژی های جستجوی سیستماتیک تعیین می کند. هر یک از اعضای گروه این شانس را دارند که به عنوان یکی از سه نقش بازی کرده و خود را در سه مدل مختلف به روز کنند. در فرزند پیاده سازی الگوریتم ، رهبر به طور تصادفی سه نقطه اطراف را با زاویه صفر نمونه می گیرد. سپس آنها بهترین نقطه را برای بهترین پاسخ برای توابع هدف پیدا می کنند. اگر بهترین نقطه پاسخ بهتری نسبت به موقعیت موجود داشته باشد ، ذره به آن نقطه حرکت می کند یا در موقعیت فعلی خود باقی می ماند و زاویه راس جدیدی به خود می گیرد. اگر رهبر پس از چند جستجو نتواند منطقه بهتری پیدا کند ، به زاویه صفر برمی گردد .

4-2- اجرای الگوریتم GSO [24]

ابتدا مقدار تکرار صفر ($k = 0$) و ماتریس تصادفی اولیه X_i و زاویه راس φ_i همه اعضا تنظیم شده است. مقادیر برازش اعضای اولیه ($f(Z_i)$) محاسبه می شود و این روند تا برآوردن شرایط

در این الگوریتم ، ماتریس اولیه (Par) با ابعاد اندازه جمعیت و تعداد متغیرها به طور تصادفی تولید می شود. برای هر تابع هدف ایجاد شده توسط شخص (ردیف) ، هدف از کوچک به بزرگ طبقه بندی می شود و بر این اساس تنظیم می شود. افراد (رشته های کد) با استفاده از روابط (18-21) شکل می گیرند :

$$Z'_F = r_1 l_{\max} D_p^k (\delta^k) \quad (18)$$

$$Z'_R = r_1 l_{\max} D_p^k (\delta^k + r_2 \theta_{\max}/2) \quad (19)$$

$$Z'_L = r_1 l_{\max} D_p^k (\delta^k - r_2 \theta_{\max}/2) \quad (20)$$

در آنجا ، توابع تابع D نیز با استفاده از معادلات (6-8) محاسبه می شود. سپس پارامترها به شرح زیر تعریف می شوند:

$$Z'_F = r_1 l_{\max} D_p^k (\delta^k) \quad (21)$$

$$Z'_F = r_1 l_{\max} D_p^k (\delta^k) \quad (22)$$

$$Z'_F = r_1 l_{\max} D_p^k (\delta^k) \quad (23)$$

تابع هدف برای Z_F ، Z_R و Z_L محاسبه می شود که هر یک از آنها یا (؛ 1 و Par) ، که عملکرد هدف بهتری دارد ، به عنوان بهترین کد برای مرحله بعدی انتخاب می شود. این رشته بدون تغییر به مرحله بعدی منتقل می شود. بقیه رشته کد به شرح زیر محاسبه و جایگزین می شود:

$$Z'_P = r_2 (Par(1,:) - Par(P,:)) \quad (24)$$

$$Z''_P = \text{Min} \{ Par(1,:) - [1 - Par(P,:)] , Z'_P \} \quad (25)$$

$$Z_P = Par^k(P,:) + Z''_P \quad (26)$$

که (؛ 1 و Par) ، (؛ P و Par) ، (به ترتیب بهترین و بدترین کدهای موجود هستند. زوایا نیز به شرح زیر محاسبه می شوند. اگر تابع هدف (؛ 1 و Par) کمتر از Z_F ، Z_R و Z_L باشد ، زاویه از رابطه (14) بدست می آید. جایی که $\alpha = \pi / 2 (N + 1)$ و N

$$l_{\max} = \|U - L\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (U_j - L_j)^2} \quad (13)$$

جایی که U_j و L_j به ترتیب مرزهای بالایی و پایینی فضای جستجو هستند. اگر بهترین نقطه منبع بهتری نسبت به وضعیت فعلی داشته باشد ، به سمت رهبر نقطه حرکت می کند. در غیر این صورت ، در وضعیت فعلی خود باقی می ماند و با استفاده از معادله (14) مسیر خود را تعیین می کند. به عبارت دیگر ، اگر رهبر در سه موقعیت بهتر از موقعیت فعلی باشد ، رهبر به بهترین موقعیت حرکت می کند و زاویه او نسبت به رابطه تغییر می کند (14):

$$\delta^{k+1} = \delta^k + r_2 \alpha_{\max} \quad (14)$$

که α_{\max} حداکثر زاویه آهنگ است. مرحله 3. در غیر این صورت رهبر در موقعیت اصلی خود باقی می ماند. اگر رهبر نتواند موقعیت بهتری در تکرار a پیدا کند ، رهبر طرف مقابل را به عنوان معادله (15) اسکن می کند:

$$\delta^{k+a} = \delta^k \quad (15)$$

مرحله چهارم: یک جستجو انجام دهید: 81٪ از اعضای باقی مانده را به طور تصادفی برای انجام جستجو انتخاب کنید. مرحله پدینگ ، پراکنندگی انجامد: برای اعضای باقی مانده ، آنها به طور تصادفی از وضعیت فعلی خود پراکنده می شوند ، برای این منظور ابتدا یک زاویه راس برای حرکت تصادفی با استفاده از رابطه (14) ایجاد می شود و فاصله تصادفی L_i با استفاده از رابطه (16) انتخاب می شود. برای انتقال ذره به نقطه جدید با استفاده از (17) .

$$l_i = a.r_1 l_{\max} \quad (16)$$

$$Z_i^{k+1} = Z_i^k + l_i D_i^k (\phi^{k+1}) \quad (17)$$

مرحله ششم ، محاسبه تناسب: تناسب عضو موجود ($f(Z_i)$) را محاسبه کنید. در مرحله 7 ، شرط تکمیل فرایند بهینه سازی (تعداد تکرارها) بررسی می شود ، اگر شرایط برآورده شود ، اجرای الگوریتم متوقف می شود.

3-4- الگوریتم بهبود یافته GSO

مطالعه موردی بر روی دو شبکه 25 شینه استاندارد و 37 شینه واقعی انجام شده است. برای هر شبکه، دو سناریو پیشنهاد می شود: شماره گذاری و تعیین منابع DG. هدف از سناریوی اول اثبات برتری الگوریتم iGSO پیشنهادی در حل مسئله است و هدف از سناریوی دوم تجزیه و تحلیل تأثیر افزایش تعداد منابع DG بر پارامترهای تابع هدف است. در هر سناریو، پارامترهای زیر مورد مطالعه و مقایسه قرار می گیرد: اتلاف توان، عملکرد هدف، موقعیت و ظرفیت نصب شده تولید پروفیل های ولتاژ اصلی و توزیع برق. هزینه هر کیلووات تلفات برق 1,6 دلار در هر کیلووات ساعت و هزینه ساخت و راه اندازی واحدهای تولیدی توزیع شده 400000 دلار به ازای هر مگاوات آمپر است [25]. در همه جداول، تلفات توان، ولتاژ، تابع هزینه، عملکرد پارامتری، ظرفیت فعال و ظرفیت راکتیو به ترتیب کیلووات، پرپونیت، دلار، واحد به واحد، کیلووات و کیلووات است. در همه جداول، تلفات توان، ولتاژ و ظرفیت نصب شده به ترتیب در کیلو وات، pu و $kW + jkVAR$ است.

6-1-1- تابع هدف پارامتری در 25 بوش استاندارد

6-1-1-1- شمارش منابع DG

اطلاعات و نمودار تک خطی این شبکه به ترتیب در [25] و شکل 2 ارائه شده است. جدول (1) نتایج استقرار DG در شبکه 25 باس را نشان می دهد و نتایج الگوریتم پیشنهادی را با الگوریتم های ساده GSO و PSO مقایسه می کند. از نتایج ارائه شده در جدول (1)، می توان ادعا کرد که الگوریتم پیشنهادی پاسخ های بهتری نسبت به دو الگوریتم دیگر دارد و این بهبود با ظرفیت DG کمتر به دست می آید. مکان و ظرفیت منابع نصب شده در شکل 2 نشان داده شده است.

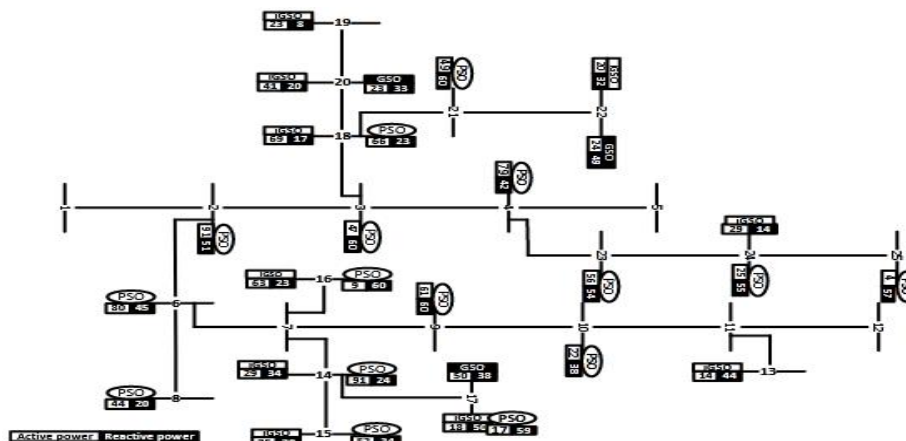
تعداد متغیرها هستند. اگر پس از تکرار (1 و Par)، نتواند به موقعیت و زاویه رابطه مطلوب (15) برسد، برای کدهای غیر بهینه، δ از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\delta(P, :) = \delta(P, :) + r_2 \sqrt{N + 1} \quad (27)$$

5- بهینه سازی مشکل

در این بخش نحوه حل مسئله با استفاده از الگوریتم پیشنهادی مورد بحث قرار گرفته است. اساساً دو دسته اطلاعات وارد شبکه می شوند: (1) اطلاعات شبکه: شامل ولتاژ و توان پایه، مقاومت اهمی و استقرایی و نمودار شبکه. (2) الزامات الگوریتم GSO. مقدار ولتاژهای گذرگاه و کل تلفات توان شبکه قبل از شروع مرحله بهینه سازی استخراج می شود. جمع بندی اولیه بر اساس مشخصات شبکه و مشکل به طور تصادفی در ماتریس اولیه ایجاد می شود. با قرار دادن DG ذره ای در شبکه، پیش بار پیش بار DG set است. در مرحله بعد، هزینه DG نصب شده برای هر ذره از نسل و عملکرد هدف به عنوان یک بردار محاسبه می شود. ذرات ماتریس با توجه به تابع هدف تعریف شده طبقه بندی می شوند. در ابتدای مرحله بهینه سازی، الگوریتم پیشنهادی برای استخراج مقادیر بهینه از جمع اولیه تصادفی اجرا شده و توزیع بار برای هر ذره جدید مجدداً برای ارزیابی توان تلفات مورد ارزیابی قرار می گیرد. بر اساس مقادیر بدست آمده از توزیع بار، تابع هدف محاسبه می شود. با جایگزینی پاسخهای بدست آمده از عملگرهای الگوریتم با پاسخهای قبلی، تابع هدف مرتب شده و بهترین پاسخ برای آن انتخاب می شود. این روند تا رسیدن به شرط توقف ادامه می یابد.

6- مطالعه موردی



شکل 2 محل و ظرفیت واحدهای DG در شبکه 25 باس.

جدول 1 جایگذاری بهینه DG در شبکه 25 باس (IEEE 25)

	توان	Phase a	Phase b	Phase c	Active	Reactive	
بدون DG	150.1225	0.928431	0.928444	0.931182	-	-	2.0000
PSO	91.0915	0.949964	0.949690	0.949494	793	742	1.4416
GSO	79.1369	0.969965	0.969703	0.969511	519	351	1.3564
iGSO	58.7825	0.969969	0.969748	0.969579	381	262	1.2205

مثال دوم را نشان می دهد. دو سناریو برای این شبکه اعمال شده است.

6-2-1- شمارش منابع DG

نتایج جدول 2 به منظور بررسی توانایی الگوریتم iGSO پیشنهادی برای حل مشکل قرارگیری DG در یک شبکه نامتعادل در مقایسه با دو الگوریتم PSO و GSO و همچنین قابلیت استفاده از آن در زمان واقعی ارائه شده است. از نتایج جدول 2 می توان نتیجه گرفت که الگوریتم iGSO با کاهش چشمگیر تلفات توان در حضور ظرفیت منابع DG کمتر، توانسته هزینه کل شبکه را به حداقل برساند. ملاحظه می شود که حداقل ولتاژ اصلی به دلیل ساختار غیر استاندارد و بسیار طولانی شبکه مورد مطالعه، به میزان قابل توجهی بهبود نیافته است. مکان و ظرفیت مطلوب واحدهایی که در اولین سناریو در شبکه واقعی واقع شده اند در شکل 4 نشان داده شده است. از شکل 4 می توان گفت که الگوریتم های iGSO، GSO و PSO به ترتیب دارای 8، 9 و 13 منبع DG هستند و بدیهی است که میزان ظرفیت نصب شده توسط الگوریتم iGSO کمتر از دو تکنیک دیگر است. با این حال، با دقت شکل 4، به وضوح می توان دریافت که الگوریتم iGSO اکثر واحدها را در شینه های انتهایی نصب کرده است که حساسیت و نیاز بیشتری دارند.

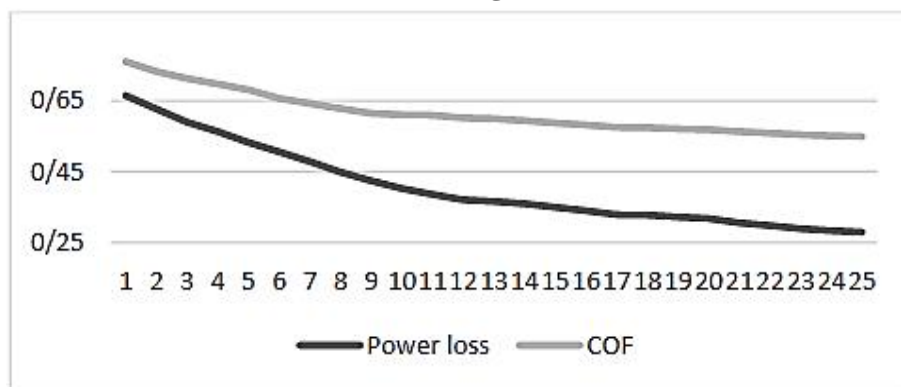
با توجه به شکل 2، می توان ادعا کرد که الگوریتم iGSO پیشنهادی، اگرچه 2 و 6 واحد کمتر از الگوریتم های GSO و PSO در شبکه نصب کرده است، اما توانسته است مکان های DG را به درستی مدیریت کرده و آن را در حساس ترین نقاط، بهترین استفاده کند. واکنش امکان فراهم کرده است.

6-1-2- تعیین تعداد واحدهای DG

در سناریوی دوم، به منظور بررسی چگونگی تغییر تابع هدف و اتلاف توان در ازای تغییر تعداد واحدهای مستقر با استفاده از الگوریتم iGSO، تعداد منابع مستقر شده از 1 به 25 تغییر یافته و نتایج در شکل 3 نشان داده شده است. منحنی شایان ذکر است که به دلیل تفاوت در مقیاس مقادیر اتلاف توان و عملکرد عینی، این دو به مقادیر قبل از DG تقسیم می شوند. همچنین به دلیل تغییرات بسیار کوچک و نامحسوس در انحراف ولتاژ، در شکل 3 نشان داده شده است. با توجه به منحنی شکل 3، رفتار دو منحنی مشابه است. بدیهی است که پس از حضور 11 واحد DG، شیب نزولی منحنی ها کاهش یافته و تمایل به خطی شدن دارد. این واقعیت با مقایسه شیب 5 DG اول با 5 DG آخر نصب شده بیشتر نشان داده می شود.

6-2- تابع هدف هزینه در شبکه 33 باس واقعی

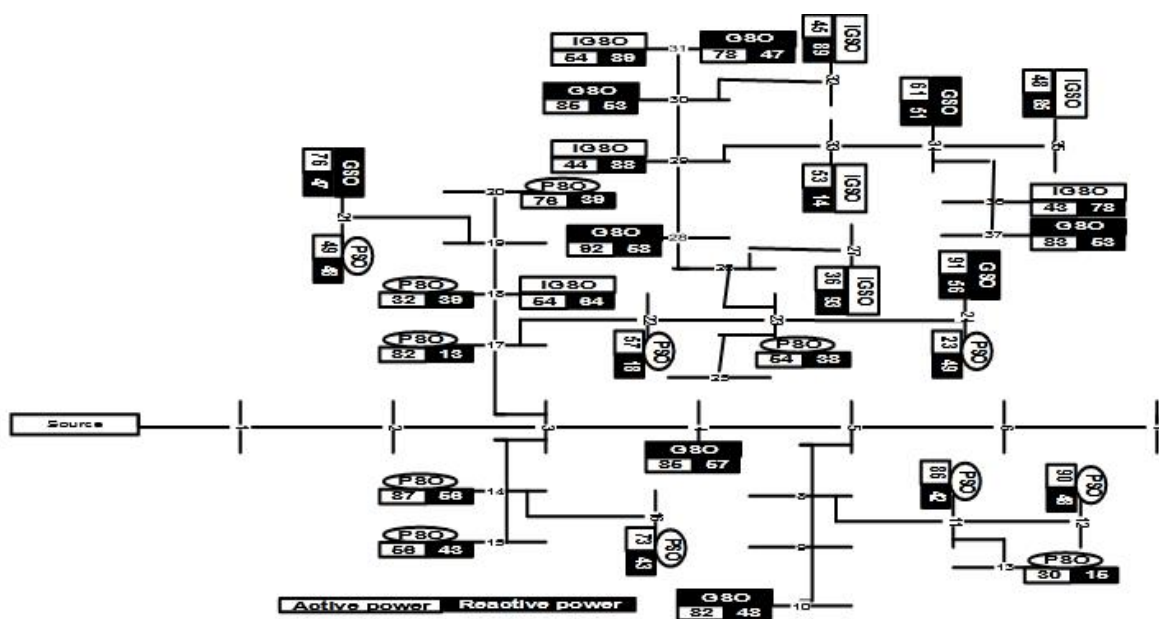
عملکرد هدف هزینه بر روی یک شبکه واقعی 37 باس در شمال غرب ایران آزمایش شده است. شکل 4 نمودار شبکه تک خطی



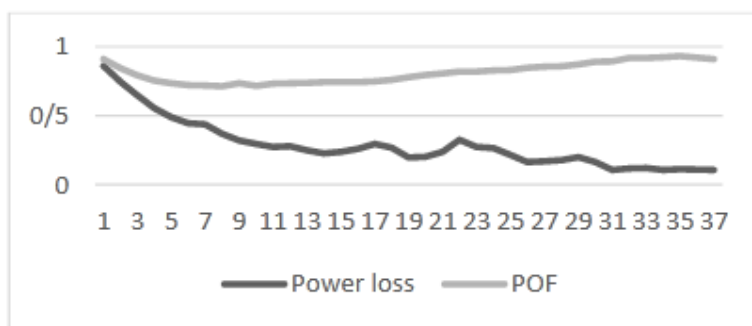
شکل 3 تغییرات عملکرد و توان در ازای تغییر تعداد منابع در 25 باس.

جدول 2 جایگذاری بهینه DG در شبکه واقعی 23 باس (IEEE 23)

	Phase a	Phase b	Phase c	Active	Reactive	
بدون DG	173.4624	0.927323	0.969858	0.922313	-	911718
PSO	93.1497	0.940655	0.976798	0.935739	825	481
GSO	86.6433	0.949964	0.949696	0.949502	820	523
iGSO	62.1134	0.949970	0.949731	0.949564	675	392



شکل 4 موقعیت و ظرفیت واحدهای DG واقع در 37 شینه .



شکل 5 تغییرات عملکرد و تلفات توان در ازای تغییر تعداد منابع DG در شبکه 37 باس.

2-2-2- تعیین تعداد واحدهای DG

مشابه شبکه 25 باس ، سناریوی دوم در شبکه نمونه 37 باس واقعی اعمال می شود و نتایج در شکل 5 ارائه شده است. با توجه به شکل 5 ، مشاهده می شود که شیب کاهش و دامنه تغییرات از دست دادن توان بسیار بیشتر از تابع هدف است. رفتار منحنی های تابع هدف و اتلاف توان کاملاً متناقض است.

7- نتیجه گیری

در این مقاله ، از الگوریتم iGSO برای حل مشکل استقرار بهینه DG در یک شبکه بار نامتعادل با دو هدف جداگانه استفاده می شود. از نتایج شبیه سازی در دو شبکه نمونه ، موارد زیر را می توان نتیجه گرفت: برتری الگوریتم پیشنهادی iGSO با مقایسه نتایج آن با الگوریتم های PSO و GSO ثابت شده است. از نتایج

- [3] D.K. Khatod, V. Pant, J. Sharma, "Evolutionary programming based optimal placement of renewable distributed generators," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 28, No. 2, PP. 683-695, 2013.
- [4] S.G.B. Dasan, S.S. Ramalakshmi, R.P.K Devi, "Optimal siting and sizing of hybrid Distributed Generation using EP," International Conference on Power Systems, Kharagpur, PP. 1-6, 2009.
- [5] M. Junjie, W. Yulong, L. Yang, "Size and location of distributed generation in distribution system based on immune algorithm," Systems Engineering Procedia, Vol. 4, PP. 124-132, 2012.
- [6] A. Soroudi, M. Ehsan, R. Caire, N. Hadjsaid, "Hybrid immune-genetic algorithm method for benefit maximisation of distribution network operators and distributed generation owners in a deregulated environment," IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 5, No. 9, PP. 961-972, 2011.
- [7] R. Prenc, D. Škl eč, V. Ko n e n " Distributed generation allocation based on average daily load and power production curves," International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 53, PP. 612-622, 2013.
- [8] S.M. Sajjadi, M.R. Haghifam, J. Salehi, "Simultaneous placement of distributed generation and capacitors in distribution networks considering voltage stability index," International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 46, 366-375. 2013
- [9] F.S.Abu-Mouti, M.E. El-Hawary, "Optimal distributed generation allocation and sizing in distribution systems via artificial bee colony algorithm," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 26, No. 4, PP. 2090-2101, 2010.
- [10] I. Hussain, A.K. Roy, "Optimal distributed generation allocation in distribution systems employing modified artificial bee colony algorithm to reduce losses and improve voltage profile, International Conference on Advances in Engineering," Science and Management (ICAESM), PP. 565-570, 2013.
- [11] B. Bahmanifirouzi, T. Niknam, S.L. Taheri, "A new evolutionary algorithm for placement of distributed generation," IEEE Power Engineering and Automation Conference, PP. 104-107, 2011.
- [12] W.S. Tan, M.Y. Hassan, H.A. Rahman, P Abdullah, "Multi-distributed generation planning using hybrid particle swarm optimisation gravitational search algorithm including voltage rise issue," IET Generation, Transmission and Distribution, Vol. 7, No. 9, PP. 929-942, 2013.

جداول (1 و 2) می توان ادعا کرد که مقدار تابع هدف پارامتریک الگوریتم iGSO به ترتیب 11,11٪ و 11,13٪ کمتر از الگوریتم های PSO و GSO است. این کاهش در تابع هدف هزینه به ترتیب 16,97٪ و 11,11٪ است. یکی دیگر از ویژگی های الگوریتم پیشنهادی ارائه پاسخ بهتر با ظرفیت DG کمتر و تعداد واحد است. با توجه به مشکلات و هزینه های نگهداری ، داشتن واحدهای DG کمتر یکی از اولویت های اصلی طراحان شبکه است. از شکل های 2 و 4 می توان گفت که یکی از قابلیت های اصلی الگوریتم پیشنهادی ، موقعیت بهتر آن نسبت به سایر الگوریتم ها است. الگوریتم iGSO توانسته پارامترهای شبکه را با توزیع مناسب واحدهای DG بین حساس ترین و استراتژیک ترین باس ها بهبود بخشد. کاهش تعداد واحدهای DG نصب شده دارای مزایای فنی ، اقتصادی و زیست محیطی زیادی برای شبکه است با افزایش تعداد منابع از مقدار بهینه ، میزان بهینه سازی عملکرد هدف در هر ظرفیت نصب کاهش می یابد. در واقع ، تعداد منابع DG جدا از ظرفیت DG نصب شده است. بنابراین ، در مطالعات جانمایی DG ، تأثیر تعداد ظرفیت های جداگانه باید مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در موقعیت یابی بر اساس شماره گذاری ، با تعداد واحدهای یکسان ، با تعیین تعداد واحدها ، پاسخ های بهتری در مقایسه با موقعیت یابی به دست می آید. مقادیر تلفات توان در دو تابع هدف به ترتیب نزولی کاهش می یابد (شکل 3 و 5 را ببینید) ، اگرچه این کاهش در تابع هدف یک رفتار نسبتاً خطی و معقول دارد ، اما در تابع هدف پارامتریک دارای نوساناتی است. از شکل 3 و 5 می توان دریافت که منحنی های توابع هدف دارای رفتار متناقضی هستند که به دلیل فرمول بندی و پارامترهای موجود در آنها است. با توجه به این واقعیت که در تابع هدف پارامتریک ، عبارات عادی می شوند و با افزایش تعداد منابع ، مقادیر انحراف ولتاژ و اتلاف توان به طور طبیعی کاهش می یابد. با این حال ، در تابع هدف هزینه ، با توجه به هزینه ظرفیت نصب شده ، هزینه کل با افزایش تعداد منابع و ظرفیت آنها افزایش می یابد.

2- مراجع

- [1] T. Ackermann, G. Andersson, L. Soder, "Distributed generation: a definition," Electr. Power Syst. Res., Vol. 57, No. 3, PP. 195-204, 2011.
- [2] A.M. Borbely, J.F. Kreider, "Distributed generation-the power paradigm for the new millennium," CRC Press, 2001.

reduction in radial distribution systems using distributed generations," *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 5, No. 3, PP. 2313-2317, 2012.

[24] S. He, Q.H. Wu, J.R. Saunders. "Group search optimizer: an optimization algorithm inspired by animal searching behavior," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 13, No. 5, PP. 973-990, 2009.

[25] J.B.V. Subrahmanyam, "Optimal capacitor placement in unbalanced radial distribution networks," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, Vol. 6, No. 1, PP. 106-115, 2009.

[13] A.M. El-Zonkoly, "Optimal placement of multi-distributed generation units including different load models using particle swarm optimization," *IET Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 5, No. 7, PP. 760-771, 2011.

[14] A.A. Abou Ela, S.M. Allam, M.M. Shatla, "Maximal optimal benefits of distributed generation using genetic algorithms," *Electric Power Systems Research*, Vol. 80, No. 7, PP. 869-877, 2010.

[15] R. Shi, C. Cui, K. Su, Z. Zain, "Comparison study of two meta-heuristic algorithms with their applications to distributed generation planning," *Energy Procedia*, Vol. 12, PP. 245-252, 2011.

[16] M. Esmaili, E. Chaktan Firozjaee, H.A. Shayanfar, "Optimal placement of distributed generations considering voltage stability and power losses with observing voltage-related constraints," *Applied Energy*, Vol. 113, PP. 1252-1260, 2014.

[17] F.S. Abu-Mouti, M.E. El-Hawary, "Heuristic curve-fitted technique for distributed generation optimisation in radial distribution feeder systems," *IET Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 5, No. 2, PP. 172-180, 2011.

[18] M.F. Akorede, H. Hizam, I. Aris, M.Z.A. Ab Kadir, "Effective method for optimal allocation of distributed generation units in meshed electric power systems," *IET Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 5, No. 2, PP. 276-287, 2011.

[19] A. Barin, L.F. Pozzatti, L.N. Canha, R.Q. Machado, A.R. Abaide, G. Arend, "Multi-objective analysis of impacts of distributed generation placement on the operational characteristics of networks for distribution system planning," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 32, No. 10, PP. 1157-1164, 2010.

[20] S.S. Ramalakshmi, "Optimal siting and sizing of distributed generation using fuzzy-EP," *International Conference on Recent Advancements in Electrical, Electronics and Control Engineering, (CONRAEeCE)*, PP. 470-477, 2011.

[21] Y.M. Atwa, E.F. El-Saadany, "Probabilistic approach for optimal allocation of wind based distributed generation in distribution systems," *IET Renew. Power Gener.*, Vol. 5, No. 1, PP. 79-88, 2011.

[22] A. Kumar, W. Gao, "Optimal distributed generation location using mixed integer non-linear programming in hybrid electricity markets," *IET Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 4, No. 2, PP. 281-298, 2010.

[23] P. Farhadi, H. Shayeghi, T. Sojoudi, M. Karimi, "Customer reliability improvement and power loss