



## بازآرایی شبکه های توزیع در محیط های تجدید ساختار یافته بمنظور کمینه کردن هزینه انرژی تهیه شده با استفاده از الگوریتم BPSO

محسن زندی

غلامرضا زارعی

وحید نبئی

سعید جلیل زاده

دانشگاه زنجان - دانشکده مهندسی - گروه برق

چکیده - مسئله بهینه سازی در سیستم های توزیع تجدید ساختار یافته، با هدف مینیمم سازی مجموع هزینه انرژی تهیه شده در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجائیکه متولیان تولید، انتقال و توزیع انرژی در محیط بازار سعی در کاهش هزینه های پرداختی و افزایش سود دریافتی دارند، اثر اقتصادی بازآرایی فیدهای یک شبکه توزیع چند فیدره که قیمت تمام شده انرژی در پستهای تغذیه آن با یکدیگر متفاوت می باشد، نشان داده شده است. از میان روشهای هوشمند، الگوریتم BPSO برای حل این مساله بهینه سازی در یک فضای جستجوی گسسته استفاده شده است. همچنین اهداف و نتایج حاصل از عملیات بهینه سازی شبکه های توزیع تجدید ساختار یافته و سنتی روی دو شبکه نمونه مقایسه شده است.

کلید واژه- الگوریتم مهاجرت پرندگان، بازآرایی شبکه های توزیع، کاهش هزینه انرژی، محیط تجدید ساختار

### ۱-مقدمه

سیستم های قدرت از قبیل بازار برق بخوبی نمایان می شود. در محیط های سنتی، مساله بهینه سازی شبکه های توزیع می تواند با اهدافی از قبیل کمینه کردن تلفات در شبکه [۳ و ۵]، بازیابی سرویس دهی در شبکه [۶ و ۷]، کمینه شدن انحراف ولتاژ در نقطه تغذیه مصرف کننده (بهبود پروفیل ولتاژ) و یا افزایش سطح قابلیت اطمینان سیستم [۸] مطرح شود. در این مقاله بازآرایی سیستم های توزیع چند فیدره در محیط های تجدید ساختار یافته، با هدف کمینه کردن هزینه انرژی تهیه شده برای بارها مطرح و انجام شده است، به نحوی که برای تأمین بارها کمترین مبلغ ممکن با حفظ کیفیت توان مصرف کننده بابت خرید انرژی به فروشندگان آن از طرف شرکت خصوصی توزیع پرداخت شود. استفاده از ابزار بازآرایی شبکه از این جهت مورد توجه است

تجدید ساختار در سیستم های قدرت تحولات گسترده ای در صنعت برق بوجود آورده است. شرکت های مختلفی در محیط بازار برق در جهت کاهش هزینه ها و افزایش سود دریافتی به رقابت با یکدیگر می پردازند. از اینرو می توان گفت یکی از اهداف مهم بکارگیری تکنیک های بهینه سازی کمینه کردن هزینه هاست [۱]. با توجه به بحث خصوصی سازی صنعت برق در کشور و وارد شدن تولیدکنندگان و عرضه کنندگان مختلف به شبکه که در آینده قادر به عرضه انرژی به سیستم های توزیع با قیمت های متفاوت خواهند بود، مساله حداقل سازی هزینه انرژی خریداری شده از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود. ماهیت و اهداف بهینه سازی برای یک شبکه توزیع که از چندین پست تغذیه می شود با اهداف مسائل بهینه سازی برای یک شبکه توزیع که تنها از یک پست تغذیه می شود [۲] می تواند متفاوت باشد. این تفاوت بخصوص در مسائل بروز

### ۳- محاسبه هزینه انرژی تهیه شده توسط DisCo

در این بخش به محاسبه مجموع هزینه های پرداختی توسط شرکت توزیع خصوصی پرداخته می شود. در شکل (۱) ناحیه باری که توسط یک شرکت توزیع خصوصی اداره می شود نشان داده شده است، این شرکت انرژی مورد نیاز مشتری های این ناحیه بار را بر اساس مدل قراردادهای دوجانبه از سه تولیدکننده خریداری و آنرا از طریق سه انتقال دهند به پست های تغذیه یا همان S/Ei ها می رساند. به عنوان نتیجه نهایی از این مدل انتخابی و شرایط حاکم بر آن میتوان عنوان کرد که قیمت تمام شده انرژی در پستهای تغذیه یک شرکت توزیع به قراردادهای دوجانبه منعقد شده بین شرکت توزیع و تولیدکننده ها جهت خرید انرژی و همچنین قراردادهای دوجانبه منعقد شده بین این شرکت و انتقال دهنده ها جهت انتقال انرژی و قیمت لحظه ای بازار بستگی دارد و به احتمال قوی دارای اختلاف خواهند بود. تقاضای بار را در یک پست می توان مجموع بار مصرفکننده ها و تلفات فیدرها دانست. کل هزینه های پرداختی برای تامین بارهای شبکه توزیع را می توان از رابطه (۱) محاسبه نمود.

$$C_{load} = \sum_{i=1}^n EP_i \left\{ \sum_{k=1}^{mi} \int_0^T P_k(t) dt \right\} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، n تعداد پستهای تغذیه، mi تعداد نقطه بارها در فیدر Am و  $P_k(t)$  توان لحظه ای بار k ام،  $EP_i$  قیمت انرژی در پست Am می باشد. اگر بارها در مدت زمان T ثابت فرض شوند یا این که مقدار متوسط  $P_k$  را داشته باشند رابطه (۱) به شکل زیر در می آید.

$$C_{load} = \sum_{i=1}^n EP_i \left( \sum_{k=1}^{mi} P_k \right) T \quad (2)$$

اگر تلفات در خط k ام با  $P_{lk}$  مشخص شود کل هزینه انرژی تلف شده در فیدرها از رابطه (۳) محاسبه می شود.

$$C_{loss} = \sum_{i=1}^n EP_i \left( \sum_{k=1}^{mi} P_{lk} \right) T \quad (3)$$

لذا کل هزینه انرژی بابت تامین بارها و تلفات ناشی از آنرا میتوان از رابطه (۴) بدست آورد.

که در روند بهینه سازی نیازی به تغییر و تحول اساسی در شبکه و صرف هزینه های سنگین نبوده و تنها با انجام عمل کلیدزنی در خطوط میتوان به تعیین آرایش بهینه پرداخت. در مقاله حاضر اثر اقتصادی بازآرایی فیدرها در کاهش هزینه انرژی خریداری شده نشان داده شده است. از میان روشهای هوشمند، PSO، BPSO به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند بهینه سازی در مسائل مختلف استفاده شده است [۹ و ۱۰]. همچنین در پایان نتایج عددی حاصل از بازآرایی در محیط های سنتی و بازار بررسی، و مورد مقایسه گرفته است.

### ۲- مدل های بازار برق و مدل انتخابی

از مدل های رایج در بازار برق میتوان به مدل PoolCo، مدل قرارداد های دوجانبه و مدل ترکیبی اشاره کرد. در این بخش بطور مختصر به معرفی آنها می پردازیم PoolCo. یک بازار متمرکز است که بازار را برای خریداران و فروشندگان تسویه می کند. خریداران و فروشندگان، پیشنهاد خود را برای توان مورد معامله به بازار ارائه می کنند. در این بازار تولید کنندگان کم هزینه، برندگان عمده خواهند بود. اپراتور مستقل سیستم (ISO) در PoolCo توزیع اقتصادی بار را انجام خواهد داد و قیمت منفردی را برای برق که نشانه شفافیت برای شرکت کنندگان از نظر تصمیمات مصرف و سرمایه گذاری است، ارائه می کند. تغییرات در بازار برق، قیمت لحظه ای را به سطح رقابتی که مساوی با هزینه نهایی با راندمان ترین پیشنهاد دهندگان قیمت است، سوق می دهد. در این بازار به پیشنهاد دهندگان برنده، قیمت لحظه ای پرداخت می شود که مساوی بالاترین پیشنهاد قیمت برندگان است. در مدل قراردادهای دوجانبه، توافقیهای مذاکره ای بین دو معامله گر برای تحویل توان وجود دارد. از این دیدگاه که طرفین می توانند شرایط مطلوب خود را تامین کنند، مدل قراردادهای دوجانبه انعطاف پذیری زیادی دارد. در این مدل استفاده از PoolCo اجباری نیست، و هر مشتری مجاز است تا بر سر تامین توان خود، به توافق مستقیم با عرضه کنندگان برسد، یا توان را به قیمت لحظه ای بازار، خریداری کند. در این مدل PoolCo به تمامی شرکت کنندگان که قراردادهای دوجانبه امضا نکرده اند خدمات لازم را ارائه می دهد [۱۱] در این مقاله فرض شده است مذاکرات و انعقاد قرار دادهای بین DisCo ها و فروشندگان انرژی بر اساس مدل قراردادهای دوجانبه انجام می شود.

بعد از مشخص شدن بردار سرعت از رابطه (۷) ذرات گروه طبق رابطه زیر از موقعیت فعلی به موقعیت جدید حرکت می کنند.

$$\vec{x}(t+1) = \vec{x}(t) + \vec{v}(t+1) \quad (۷)$$

در رابطه (۶) ضریب اینرسی ذره و  $c_1, c_2$  ضرایب فزنی هوک یا ضرایب شتاب هستند که معمولاً به مقدار ۲ تنظیم می شود. برای تصادفی کردن ماهیت سرعت ضرایب  $c_1, c_2$  در اعداد تصادفی  $rand_1, rand_2$  ضرب شده اند. معمولاً در هنگام اجرای الگوریتم مقادیر کم  $\omega$  منجر به همگرایی سریع در یک مکان بهینه محلی می شود در حالیکه مقادیر خیلی زیاد احتمالاً از همگرایی جلوگیری کنند. معمولاً در اجرای PSO مقدار  $\omega$  در طی یادگیری تنظیم می شود. بصورت خطی از یک تا نزدیکی صفر کاهش می یابد. بطور کلی ضریب اینرسی  $\omega$  مطابق رابطه زیر تنظیم می شود [۱۰].

$$\omega = \omega_{\max} - \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{iter_{\max}} \cdot iter \quad (۸)$$

در رابطه (۸)  $iter_{\max}$  ماکزیمم شماره تکرار،  $iter$  شماره تکرار کنونی،  $\omega_{\min}$  و  $\omega_{\max}$  بترتیب مقدار ماکزیمم و مینیمم ضریب اینرسی می باشد. مقادیر  $\omega_{\min}$  به  $0.9$  و  $\omega_{\min}$  به  $0.3$  تنظیم می شوند. در رابطه سرعت (۶) جمله  $c_1 rand_1 (p_{id}(t) - x_{id}(t))$  مرتبط با تجربه شخصی می باشد و جمله  $c_2 rand_2 (g_d(t) - x_{id}(t))$  اثر متقابل اجتماعی بین ذرات را نشان می دهد و اشاره به این دارد که افراد تجربه های شخصی خودشان را نادیده می گیرند و رفتارشان را مطابق با تجربیات موفق افراد در همسایگی تنظیم می کنند.  $\vec{v}_i$  سرعت ذره  $i$  در هر بعد از فضای جستجوی  $D$  بعدی در بازه  $[-v_{\min}, v_{\max}]$  محدود می شود تا احتمال ترک فضای جستجو توسط ذره را کم کند. مقدار  $v_{\max}$  معمولاً طوری انتخاب می شود که  $v_{\max} = k \times x_{\max}$  که در آن  $0.1 < k < 1$  می باشد. بطوریکه  $x_{\max}$  طول جستجو را مشخص می کند. شکل (۲) فلوجارت الگوریتم PSO نشان داده شده است.

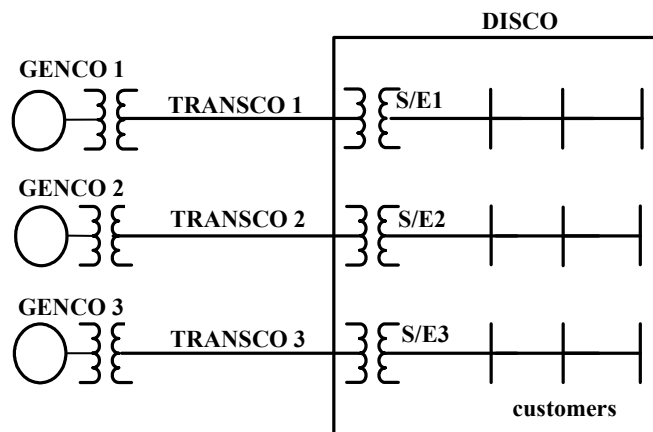
#### ۵- الگوریتم BPSO

در نسخه باینری الگوریتم مهاجرت پرندگان ذرات در فضای جستجوی  $D$  بعدی که در هر بعد بین صفر و یک محدود شده اند حرکت می کنند. موقعیت ذره  $i$  ام می تواند با بردار  $D$  بیتی  $\vec{x}_i = (x_1, x_2, \dots, x_D)$  مشخص شود که  $x_i \in \{0, 1\}$  می باشد. رابطه سرعت همان رابطه (۶) می باشد که با احتمال صفر یا یک شدن ذره در ارتباط است. برای

$$C_{total} = C_{load} + C_{loss} \quad (۴)$$

کل تلفات شبکه نیز از رابطه (۵) قابل محاسبه است.

$$Loss_{total} = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{k=1}^m P_{lk} \right) \quad (۵)$$



شکل (۱) شبکه مورد بهره برداری توسط DisCo

#### ۴- الگوریتم مهاجرت پرندگان (PSO)

الگوریتم مهاجرت پرندگان یک روش بهینه سازی مبتنی بر جمعیت است که با الهام از جستجوی گروهی غذا توسط پرندگان یا ماهیها پایه گذاری شده است. این روش راه حل بهینه را با استفاده از جمعیت ذرات پیدا می کند. هر ذره کاندیدا و نمایانگر یک راه حل برای مسئله می باشد. تکنیک (PSO) اساساً بوسیله شبیه سازی گروه پرندگان در فضای دو بعدی پیشرفت کرد. در جستجوی غذا توسط پرندگان مشاهده شده است، آنها اطلاعات کل مجموعه را برای مشخص کردن جهت حرکتشان در نظر می گیرند. از اینرو بهترین موقعیت سراسری گروه و بهترین موقعیت شخصی ذرات در هر لحظه زمانی محاسبه می شود جهت جدید جستجو ترکیبی از این دو جهت و جهت قبلی ذره می باشد. در فضای جستجوی  $D$  بعدی بهترین موقعیت شخصی ذره  $i$  با  $\vec{p}_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$  و بهترین موقعیت گروه را با  $\vec{g} = (g_1, g_2, \dots, g_D)$  نمایش داده می شود. رابطه نهایی سرعت ذره در لحظه یا تکرار بعد بشکل زیر بدست می آید [۹].

$$v_{id}(t+1) = \omega v_{id}(t) + c_1 rand_1(p_{id}(t) - x_{id}(t)) + c_2 rand_2(g_d(t) - x_{id}(t)) \quad (۶)$$

محدود کردن سرعت ذره  $\dot{I}$  بین صفر و یک از تبدیل سیگموئید استفاده شده است که بصورت زیر تعریف می شود:

$$S(v_{id}(t)) = \frac{1}{1 + e^{-v_{id}(t)}} \quad (9)$$

تبدیل سیگموئید سرعت ذره  $\dot{I}$  را به بازه (0,1) نگاشت می کند.  $S(v_{id}(t))$  احتمال یک شدن و  $(1 - S(v_{id}(t)))$  احتمال صفر شدن بیت  $d$ ام ذره  $i$  را نشان می دهد. برای مثال اگر  $S(v_{id}(t)) = 0.3$  باشد. احتمال یک شدن بیت  $d$ ام برابر  $0.3$  و احتمال صفر شدن آن برابر  $0.7$  می باشد. در نتیجه برای به روز کردن موقعیت ذرات ابتدا یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک تولید می شود و سپس موقعیت بعدی ذرات را بصورت زیر محاسبه می گردد [9].

$$x_{id}(t+1) = \begin{cases} 1 \rightarrow rand_{id} < S(v_{id}(t+1)) \\ 0 \rightarrow rand_{id} > S(v_{id}(t+1)) \end{cases} \quad (10)$$

## ۶- مدل سازی مسئله بازآرایی شبکه های توزیع شعاعی با الگوریتم BPSO

تعیین آرایش بهینه برای یک شبکه توزیع به کمک الگوریتم PSO پیدا کردن یک ذره است که حالت خاصی از شبکه توزیع را توصیف می کند که به ازاء این حالت از شبکه، تابع معیار مورد بحث دارای بیشترین مقدار می باشد. حالت یک شبکه توزیع که دارای  $D$  خط است با یک بردار  $D$  بیتی قابل نمایش است، این بردار در واقع موقعیت ذره در الگوریتم PSO می باشد. هر بیت در ذره بیانگر یک خط قابل باز و بسته شدن از شبکه می باشد. عدد یک معرف بسته بودن و صفر معرف باز بودن خط می باشد. بعنوان مثال در یک شبکه با ۹ خط، ذره و بیت های انتخابی بصورت  $\vec{Particle} = (1,0,1,0,1,0,1,0,1)$  نشان داده می شود. درمساله بازآرایی شبکه توزیع باید توجه داشت که تمامی ذرات در روند اجرای برنامه معتبر نیستند. معتبر بودن در این جا به معنی آن است که شرایط زیر برقرار باشند:

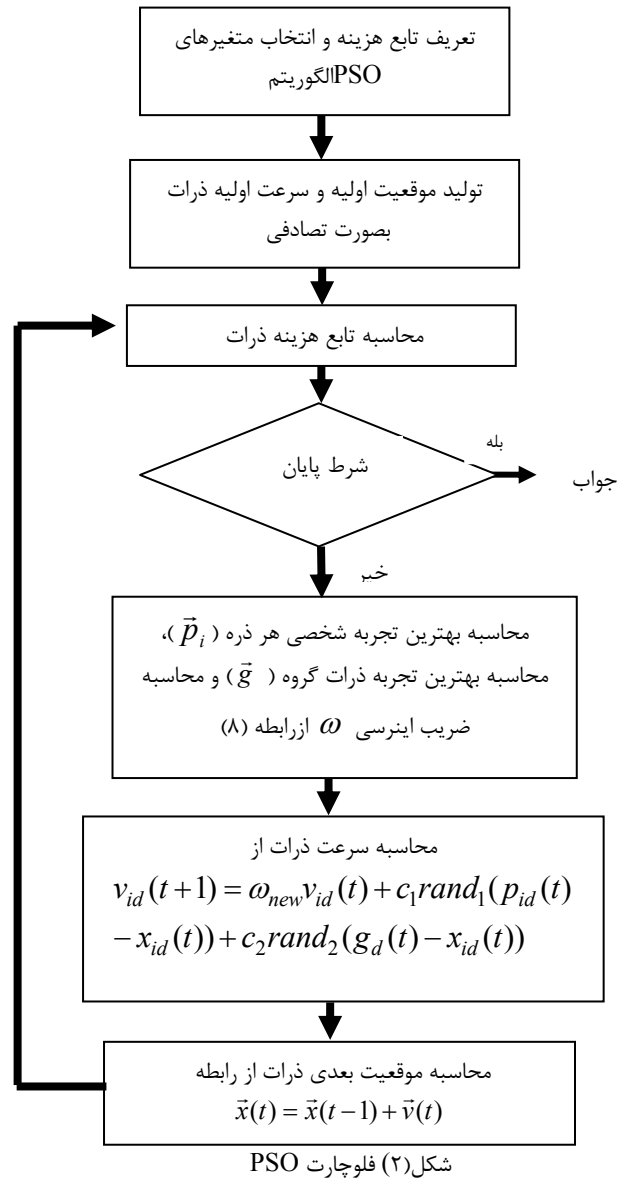
- هیچ حلقه ای در شبکه ایجاد نشود.
  - هیچ قسمت از شبکه بدون برق باقی نماند.
  - هیچ مسیر بسته ای بین پست های تغذیه به وجود نیاید.
- از آنجاییکه در مقاله حاضر هدف بازآرایی شبکه برای حداقل نمودن هزینه کل انرژی تهیه شده در محیط تجدید ساختار و حداقل نمودن مقدار تلفات در محیط سنتی، می باشد تابع هدف را میتوان با رابطه (۱۱) در محیط تجدید ساختار و با رابطه (۱۲) در محیط سنتی تعریف نمود.

$$f_1 = \frac{1}{C_{total}} \quad (11)$$

$$f_2 = 1 / Loss_{total} \quad (12)$$

## ۷- شبکه انتخابی و اجرای الگوریتم

برای بررسی مساله بازآرایی شبکه های توزیع در محیط های سنتی و تجدید ساختار یافته شبکه های نشان داده شده در شکل های (۳) و (۴) استفاده شده است. شبکه اول دارای ۱۳ نقطه بار، ۱۶ خط و ۳ پست تغذیه می باشد. ولتاژ مبنای شبکه



جدول (۲) قیمت تمام شده انرژی در پست ها شبکه دو

شماره پست	۱	۲	۳	۴	۵	۶
قیمت انرژی در پست اام						
مگا وات / <sup>۰.۸۳</sup> (ریال ساعت)	۱۱۰	۱۲۰	۹۰	۹۰	۸۰	۱۰۰

از میان قیود حاکم بر مساله، محدودیت افت ولتاژ و محدودیت توان ترانسفورماتورها در پستهای تغذیه لحاظ شده است. پس از اجرای الگوریتم ذره ای که دارای بهترین تابع معیار می باشد، بیانگر بهترین آرایش از شبکه خواهد بود. در اجرای الگوریتم روی هر دو شبکه جمعیت ۱۰ ذره ای استفاده شده است. الگوریتم مورد استفاده با نقاط اولیه متفاوت روی هر دو شبکه اجرا گردیده است که در تمامی حالتها پس از حدودا ۱۰۰ تکرار در شبکه اول و حدودا ۶۰۰ تکرار در شبکه دوم به نقطه واحدی همگرا گردیده است. بهترین ذره های حاصل شده از اجرای برنامه روی شبکه اول در شکل (۵) و (۶) نشان داده شده است. هزینه کل انرژی تهیه شده برای شبکه اول و دوم در یک دوره ۲۴ ساعته و همچنین تلفات کل در این شبکه ها بترتیب در جداول (۳) و (۴) ارائه شده است. با توجه به اینکه تعداد آرایشهای ممکن برای شبکه توزیع اول محدود می باشد، می توان به کمک برنامه کامپیوتری کلیه حالات ممکن را ایجاد کرد. این کار در مورد شبکه های توزیع بزرگتر بسیار زمانبر و گاه غیرممکن است. در شبکه اول تمامی حالات معتبر توسط برنامه شناسایی گردیده و توابع معیار (۱۱) و (۱۲) به آنها اعمال گردیده است. نمودار توابع هزینه و تلفات در شکل های (۷) و (۸) ارائه شده است. نتیجه حاصل از این برنامه نیز بیانگر این واقعیت است که آرایش حاصل شده از الگوریتم مهاجرت پرندگان بهترین آرایش از نظر هزینه انرژی تهیه شده در محیط بازار و بهترین آرایش از نظر تلفات در محیط سنتی می باشد.

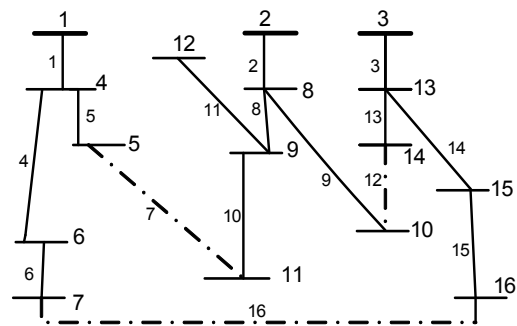
$$\vec{Particle} = (1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$$

شکل (۵) بهترین ذره با اعمال تابع برازش در محیط بازار

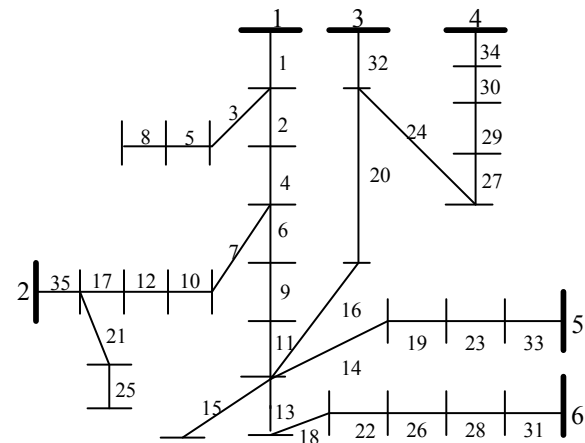
$$\vec{Particle} = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$$

شکل (۶) بهترین ذره با اعمال تابع برازش محیط سنتی

۲۲ کیلو ولت و توان مینا ۱۰۰ مگا ولتامپر در نظر گرفته شده است [۳]. فرض می شود یک شرکت خصوصی این شبکه را با سه فیدر تغذیه می کند بطوریکه قیمت تمام شده انرژی در پست های تغذیه دارای اختلاف هستند. قیمت تمام شده انرژی در پستهای تغذیه شبکه شکل یک در جدول (۱) ارائه شده است. شبکه دو دارای ۳۰ نقطه بار، ۳۵ خط و ۶ پست تغذیه می باشد [۱۲]. قیمت تمام شده انرژی در پستهای تغذیه شبکه دو در جدول (۲) ارائه شده است. شماره درج شده در کنار خطوط شماره کلید های شبکه را نشان می دهند.



شکل (۳) شبکه نمونه توزیع اول



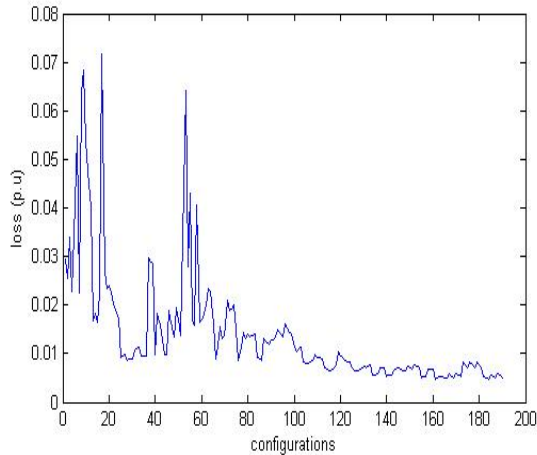
شکل (۴) شبکه توزیع نمونه دوم

جدول (۱) قیمت تمام شده انرژی در پست ها شبکه اول

شماره پست	۱	۲	۳
قیمت انرژی در پست اام			
مگا وات / <sup>۰.۸۳</sup> (ریال ساعت)	۱۱۸	۱۱۳	۱۱۰

جدول (۳) نتایج حاصل از اجرای برنامه روی شبکه اول

آرایش	شماره کلیدهای باز شبکه	مینیمم ولتاژ شبکه (p.u)	تلفات کل (p.u)	مجموع هزینه های پرداختی با احتساب تلفات (۱۰ <sup>۳</sup> ریال)
C <sub>1</sub> : در محیط تجدید ساختار	۹ و ۷ و ۴	۱۲ باس	۰/۰۰۵۵	۷۹۲۲۹/۷
		۰/۹۷۱		
C <sub>2</sub> : در محیط سنتی	۱۶ و ۱۰ و ۹	۱۲ باس	۰/۰۰۴۶	۷۹۷۵۸/۳
		۰/۹۷۲		



شکل (۸) نمودار تابع معیار تلفات

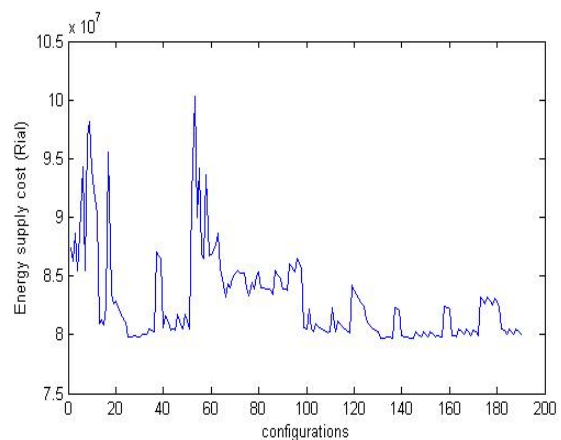
با توجه به نتایج ارائه شده در جداول (۳) و (۴) مشاهده می شود در شبکه نمونه اول به ازای آرایش C<sub>1</sub> که کلیدهای ۴ و ۷ و ۹ در شبکه باز هستند مجموع هزینه انرژی تهیه شده در طی ۲۴ ساعت، (۱۰<sup>۳</sup> ریال) ۷۹۲۲۹/۷ و در شبکه نمونه دوم به ازای آرایش C<sub>1</sub> که کلیدهای ۶ و ۱۲ و ۱۶ و ۲۶ و ۲۷ در شبکه باز هستند مجموع هزینه انرژی تهیه شده (۱۰<sup>۳</sup> ریال) ۳۵۰۶۵/۴ می باشد. آرایش های فوق از نقطه نظر هزینه انرژی تهیه شده در محیط بازار بهینه ترین آرایش ها و همچنین آرایش C<sub>2</sub> در شبکه های اول و دوم در محیط های سنتی بهترین آرایش از این دو شبکه می باشد، زیرا در این حالت کمترین میزان تلفات در شبکه حاصل می شود.

#### ۷- نتیجه گیری

در این مقاله بازآرایی شبکه های توزیع در محیط های تجدید ساختار یافته پیشنهاد شد و تابع معیار کمینه کردن هزینه انرژی تهیه شده بعنوان معیار نوینی در بهینه سازی سیستم های توزیع معرفی گردید. تابع معیار فوق و تابع هدف کمینه کردن تلفات در دو شبکه نمونه به کمک الگوریتم BPSO بکار گرفته شد و نتایج حاصل شده از اجرای برنامه با یکدیگر مقایسه گردید. همچنین نتایج حاصله نشان می دهند هزینه انرژی تهیه شده به ازای آرایش های پیشنهادی به طور موثری کاهش می یابد. برنامه کامپیوتری تهیه شده است که با توجه به محدود بودن تعداد کل حالات ممکن در شبکه نمونه اول بتواند تمامی حالات ممکن را شناسایی و تابع هدف های فوق به آنها اعمال کند. خروجی حاصل از اجرای این برنامه (کل فضای جستجو) صحت نتایج بدست آمده از الگوریتم BPSO را تایید می کند.

جدول (۴) نتایج حاصل از اجرای برنامه روی شبکه دو

آرایش	شماره کلیدهای باز شبکه	مینیمم ولتاژ شبکه (p.u)	تلفات کل (p.u)	مجموع هزینه های پرداختی با احتساب تلفات (۱۰ <sup>۳</sup> ریال)
C <sub>1</sub> : در محیط تجدید ساختار	۶، ۱۲، ۱۶ و ۲۶، ۲۷	۱۰ باس	۰/۰۰۲۲	۳۵۰۶۵/۴
		۰/۹۵۳		
C <sub>2</sub> : در محیط سنتی	۱۱، ۱۰ و ۱۹ و ۲۷، ۲۲	۲۹ باس	۰/۰۰۱۵	۳۶۴۷۴/۵
		۰/۹۷۹		



شکل (۷) نمودار تابع معیار هزینه انرژی تهیه شده

- [١٠] Kennedy, "The particle swarm: Social adaptation of knowledge," in Proc. IEEE Int. Conf. Evol. Comput., Indianapolis, IN, 1997,
- [١١] Shahidehpour, M., Yamin, H., and Li, Z., " Market operation in electric power systems" chapter in Market Overview in Electric Power Systems , John Wiley & Sons, Inc.2002.
- [١٢] N Iwan santoso, Owen T, Tan , " Piecewise Method for optimal sizing of distribution capacitors", International Journal of energy systems, Vol. 12 No. 3, , PP. 115-118 , 1992
- [١] H. L. Willis, H. Tram, M. V. Engel and L. Finley, "Optimization applications to power distribution, " IEEE Comput. Applicat. Power , Vol. 8, pp. 12-17, Oct. 1995.
- [٢] G. J. Peponis, M. P. Papadopoulos , and N. D. Hatziaargyriou, "Optimal Operation Of Distribution Networks" IEEE Trans. Power Syst. Vol. 11, pp. 59-67 , Feb. 1996.
- [٣] S. Civanlar, J.J. Grainger, H. Yin, S.S.H. Lee, Distribution feeder reconfiguration for loss reduction, IEEE Trans. Power Deliv. 3 (1988)1217–1223.
- [٤] Bhoomesh Radha, Robert T. F. Ah King and Harry C. S. Rughooputh " A Modified Genetic Algorithm for Optimal Electrical Distribution Network Reconfiguration." 0-7803-78046 /03/\$17.00 IEEE 2003
- [٥] Kng-Yi Hong, Saw-Yu Ho "Genetic Algorithm Based Network Reconfiguration for Loss Minimization in Distribution Systems" 0-7803-7989-6/03/\$17.00 IEEE 486 2003.
- [٦] D. Shirmohamadi, " Service restoration in distribution network via network reconfiguration" IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 7, pp. 952-958, Apr. 1992
- [٧] K. N. Miu, H. D. Chiang , And R. J. McNulty, " Multi-Tier service restoration through network reconfiguration and capacitor control for large scale radial distribution network s." IEEE Trans. Power sys, Vol. 15, pp. 1001-1007, Agu. 2000.
- [٨] YE Bin, WANG Xiu-li, BIE Zhao-hong, WANG Xi-fan "Distribution Network Reconfiguration for Reliability Worth Enhancement " IEEE 2002.
- [٩] N. Jin and Y. Rahmat-Samii, " Advances in Particle Swarm Optimization for Antenna Designs: Real-Number, Binary, Single Objective and Multiobjective Implementations," IEEE Transaction on antennas and propagation, Vol. 55, No. 3, March 2007