

## پخش بار اقتصادی پویا با استفاده از الگوریتم بهینه سازی تجمعی ذرات بهبود یافته

علیرضا خسروی<sup>۱</sup>، سید اصغر غلامیان<sup>۲</sup> و محمد یزدانی اسرمی<sup>۳</sup>  
<sup>۱</sup>دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، akhosravi@nit.ac.ir  
<sup>۲</sup>دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، gholamian@nit.ac.ir  
<sup>۳</sup>دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، yazdani@stu.nit.ac.ir

چکیده - یکی از مهمترین موضوعات در بهره برداری از سیستم های قدرت، پخش بار اقتصادی با کمترین هزینه تولید می باشد یک مسئله بهینه سازی مقید غیرخطی و پیچیده است. برای حل مسئله پخش بار پویا، فرض بر اینست که یک توزیع واحد گرمایی قبلاً تعیین شده است. از هنگامیکه پخش بار اقتصادی پویا معرفی شد، روشهای متعددی برای حل این مشکل معرفی شدند؛ با این حال، همه ی این روش ها ممکن است نتوانند یک راه حل بهینه برای حل مسئله بیابند و معمولاً در یک بهینه محلی با مشکل روبرو می شوند.

در این مقاله، یک الگوریتم بهینه سازی تجمع ذرات بهبود یافته (IPSO) برای حل مسئله پخش بار اقتصادی پویا پیشنهاد شده است. از این الگوریتم برای حل یک مسئله پخش بار اقتصادی پویای پیچیده، شامل یک سیستم قدرت ۶ واحد با درخواست بار ۲۴ ساعته در فواصل زمانی یک ساعته استفاده شده است. مقایسه نتایج روش IPSO با روش های دیگر توانایی روش IPSO برای رسیدن به راه حل های بهتر را نشان می دهد.  
کلید واژه ها- پخش بار اقتصادی پویا، الگوریتم تجمعی ذرات، تلفات توان

### ۱. مقدمه

اقتصادی ترین شکل ممکن بهره برداری شود. قیود اعمالی بر عملکرد سیستم یعنی نرخ شیب ژنراتور، منجر به ایجاد یک مسئله بهینه سازی پویا می گردد. روش پخش بار اقتصادی پویا نه تنها دقیق ترین راه برای فرموله کردن پخش بار، بلکه به علت ابعاد بزرگش، سخت ترین روش برای حل می باشد. عموماً برای حل مسئله، ابتدا کل دوره ی زمانی پخش بار تعدادی بازه ی زمانی کوچک تقسیم شده و سپس از پخش بار اقتصادی ایستا برای حل مسئله در هر بازه زمانی استفاده می گردد [۱-۸].

در دهه های اخیر روش های بسیاری برای حل مسئله پخش بار اقتصادی پویا توسعه داده شد. عمده ترین روشها شامل برنامه نویسی خطی (LP) [۹]، برنامه نویسی غیرخطی (NLP) [۱۰]، روش لاگرانژ (LR) [۱۱]، الگوریتم برنامه نویسی کوادراتیک (QP) [۱۲-۱۳] و برنامه نویسی پویا [۱۴] می باشند. این روش ها، بخاطر غیرخطی و غیرمحدب بودن مشخصات واحدهای تولید، برای حل بهینه مسائل با مشکلاتی روبرو بوده اند. تکنیک های بهینه سازی تصادفی و احتمالی ابتکاری مانند بهینه سازی تجمع ذرات (PSO) [۱۵-۱۶] جستجوی

مسئله تخصیص بار درخواستی مشتری از میان واحدهای تولید برق حرارتی در دسترس، از راهی اقتصادی، امن و قابل اطمینان، توجه زیادی را به خود معطوف کرده است. این مسئله بصورت حداقل کردن هزینه سوخت، تحت محدودیت درخواست بار و قیود مختلف دیگر، در یک بازه زمانی معین، فرموله شده است. این مسئله به عنوان پخش بار اقتصادی ایستا شناخته شده است. پخش بار اقتصادی ایستا فقط می تواند یک سطح بار در یک لحظه معین را تحلیل کند. با این حال، به علت محدودیت های ژنراتورها، ممکن است برای انواع مختلفی از درخواست بار، جوابگو نباشد؛ علاوه دارای قابلیت پیش بینی نمی باشد. تنوع زیاد بار درخواستی مشتریان و طبیعت پویای سیستم های قدرت، تحقیقات حول مسئله پخش بار اقتصادی پویا (DELD) را ناگزیر می سازد. پخش بار اقتصادی پویا (DELD)، روشی برای برنامه ریزی خروجی های آنلاین ژنراتور با بارهای درخواستی پیش بینی شده در طی یک بازه زمانی معین است، تا اینکه از سیستم قدرت الکتریکی به

در مسائل پیچیده تر، تلفات انتقال ( $P_L$ ) به معادله (۱) اضافه می-گردد: بصورت زیر محاسبه می-گردد:

$$P_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^n B_{0i} P_i + B_{00} \quad (3)$$

محاسبه ی ضرایب  $B$  در [۳۷] شرح داده شده است. بنابراین با جایگزینی معادله (۳) در معادله (۱) معادله (۴) را خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_D + P_L \quad (4)$$

هزینه ی سوخت هر ژنراتور بصورت زیر تعریف می-گردد:

$$F_i(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (5)$$

که  $F_i$  هزینه سوخت و  $a_i$  و  $b_i$  و  $c_i$  ضرایب هزینه ی ژنراتور  $i$ th می-باشند.

مدل های دقیق تر شامل قیود نرخ شیب می-باشند که بصورت زیر مدل می-گردند:  
(الف) هنگامی که تولید افزایش می یابد:

$$P_i - P_i^0 \leq UR_i \quad (6)$$

(ب) هنگامی که تولید کاهش می یابد:

$$P_i^0 - P_i \leq DR_i \quad (7)$$

بنابراین معادله (۲) می تواند بصورت زیر تصحیح شود:

$$\text{Max}(P_i^{\min}, P_{i,t}^0 - DR_i) \leq P_{i,t} \leq \text{min}(P_i^{\max}, P_{i,t}^0 + UR_i) \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T$$

که  $UR_i$  و  $DR_i$  به ترتیب قیود نرخ شیب بالا و نرخ شیب پایین ژنراتور  $i$ th می-باشند.

در نهایت، حداقل کردن تابع هزینه، هدف حل مسائل توزیع اقتصادی بار پویا می-باشد:

ممنوع (TS) [۱۹]، الگوریتم ژنتیک (GA) [۲۰-۲۶]، شبیه سازی تبرید فلزات (SA) [۲۷]، شبکه های عصبی هوفیلد (HNN) [۲۸-۳۰]، برنامه نویسی تکاملی (EP) [۳۱-۳۵] و روش برنت [۳۶] به علت توانایی شان در حل مسئله پخش بار اقتصادی پویا بدون هرگونه محدودیتی در شکل منحنی های هزینه، که ناشی از توانایی شان در جستجوی راه حل بهینه است، موثر بنظر می-رسند.

در این مقاله، برای پخش بار اقتصادی پویا از روش جدیدی برپایه هوش جمعی استفاده شده است. در این روش، نسخه جدیدی از PSO ارائه گردید. برای ترکیب مسئله IPSO با پخش بار اقتصادی، تعدادی از واحدهای تولید به عنوان ابعاد مسئله در نظر گرفته می-شوند. در تکرارهای مختلف، خروجی های قدرت واحدهای تولید نسبت به قیود سیستم محاسبه می-شوند. یکی از واحدها بطور اتفاقی به عنوان ژنراتور اصلی انتخاب می-گردد و تا اختلاف بین بار مورد تقاضا و کل بار تولیدی را جبران کند. نتایج روش ارائه شده برای یک سیستم آزمایشی ۶ واحده ارائه شده است.

## ۲. فرمولسازی مسئله پخش بار اقتصادی پویا

پخش بار اقتصادی پویا موضوع مهمی در عملکرد سیستم قدرت است و مقالات متعددی در باب این مسئله در مجلات علمی معتبر به چاپ رسید. در هر زیر بازه ی زمانی، کل برق تولیدی برای تغذیه بار درخواستی با حداقل هزینه ی بهره برداری تنظیم می-گردد که تولید واحدهای فسیلی پرهزینه را بهینه می-سازد. یک مسئله پخش بار اقتصادی پویا ساده، از چند تابع پیوسته تشکیل شده است که می تواند با روش های ریاضی حل شود. مسئله پخش بار اقتصادی پویا شامل قیود فیزیکی و بهره برداری می-باشد که بصورت قیود تساوی و نابرابری توصیف می-گردند.

قیود تساوی (بدون تلفات):

$$\sum_{i=1}^n P_{i,t} = P_{D,t} \quad (1)$$

قیود نابرابری:

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad (2)$$

که  $P_{i,t}$  توان خروجی ژنراتور  $i$ th در بازه زمانی  $t$ th برحسب MW،  $P_{D,t}$  کل توان مورد تقاضا در بازه ی زمانی  $t$ th برحسب MW،  $P_i^{\min}$  حد پایینی و  $P_i^{\max}$  حد بالایی تولید واحد  $i$ th برحسب MW و همچنین  $n$  تعداد واحدهای تولید برق می-باشد.

$$\min f = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n F_{i,t}(P_{i,t}) \quad (9)$$

### ۳. الگوریتم تجمعی ذرات بهبود یافته

هوش جمعی، یکی از زیرشاخه‌های تحقیق درباره هوش مصنوعی است. مفهوم تجمع ذرات از شبیه سازی سیستم اجتماعی ساده شده نشأت گرفته است. هدف اصلی شبیه سازی گرافیکی نحوه حرکت گروهی پرندگان یا ماهی ها یا ذرات است. بهینه سازی به روش تجمع ذرات (PSO) از سناریوی خاصی پیروی می کند: فرض کنید که گروهی از پرندگان در ناحیه‌ای بصورت تصادفی بدنبال غذا می گردند ناگهان یکی از آنها تکه‌ای غذا پیدا می کند. پرندگان دیگر از محل غذا اطلاع ندارند، اما آنها می دانند که کدام پرنده غذا را پیدا کرده و چقدر با آنها فاصله دارد. بنابراین بهترین استراتژی این است که نزدیکترین پرنده به غذا تعقیب شود. با استفاده از این سناریو از PSO می توان برای حل مسائل بهینه سازی استفاده کرد. در PSO هر راه حل یک " پرنده " در فضای مورد جستجو است، که در اینجا " ذره " نامیده می شود. برای همه ذرات ضریب برازندگی محاسبه شده است که توسط تابع برازندگی برای بهینه شدن محاسبه می گردد و دارای سرعتی می باشد که پرواز ذرات را هدایت می کند. ذرات در فضای مسئله، با تعقیب ذرات بهینه حاضر " پرواز " می کنند. بهینه سازی تجمع ذرات با گروهی از ذرات (راه حل های) تصادفی شروع می گردد و سپس با بروزرسانی بدنبال حالت بهینه می گردد. در هر تکرار هر کدام از ذرات با تعقیب دوتا از " بهترین " مقادیر بروزرسانی می گردد. اولی بهترین (برازنده ترین) راه حلی شخصی است که تاکنون بدست آمده است ( مقدار برازنده هم ذخیره می گردد) این مقدار " Pbest " نامیده می شود. مقدار " بهترین " دیگر که توسط بهینه سازی تجمع ذرات ردیابی می شود بهترین مقدار است که تاکنون توسط هر کدام از ذرات در جمعیت بدست آمده است. این بهترین مقدار سراسری است که " Gbest " نامیده می شود. بعد از یافتن دو مقدار بهترین، ذره، سرعت و موقعیتش را براساس معادلات زیر بروزرسانی می کند:

$$V_{t+1} = W \times V_t + C_1 \times r \times (P_{pb} - X_{cs}) + C_2 \times r \times (P_{gb} - X_{cs}) \quad (10)$$

$$X_{t+1} = X_t + V_{t+1} \quad (11)$$

الگوریتم تجمع ذرات بهبود یافته به دو توپولوژی اصلی تقسیم

می گردد: سراسری و محلی. بررسی های زیادی نشان می دهند که نسخه های سراسری پوشش فضای جستجوی بدتری نسبت به PSO محلی دارد، همچنین در نسخه های سراسری حرکت ذرات حول یک راه حل متمرکزترند و در نتیجه سریع تر می توانند بهترین راه حل را پیدا کنند. مشکل کوچکی که ممکن است برای نسخه محلی پیش بیاید این است که نسبت به مینیمم های محلی بسیار تاثیر پذیرترند. بطور کلی ورژن سراسری، بخاطر سرعت و دقتش، هنگامیکه فضای راه حل خیلی پراکنده نیست راه حل بهتریست. شبه کد الگوریتم PSO عبارتست از:

برای هر ذره

به ذره مقدار اولیه بده

پایان

تکرار کن برای هر ذره

تابع هدف را تعیین کن و مقدار برازندگی را محاسبه کن.

اگر مقدار برازندگی بهتر از بهترین مقدار برازندگی Pbest در

حافظه است مقدار حاضر را بعنوان Pbest جدید قرار بده.

پایان تکرار

ذره ای که دارای بهترین مقدار برازندگی در بین تمام ذرات است را به عنوان

Gbest انتخاب کن.

تکرار کن برای هر ذره

براساس معادله (۱) سرعت ذره را بروزرسانی کن.

براساس معادله (۲) موقعیت ذره را بروزرسانی کن.

پایان

وزن اینرسی ضریب دیگریست که تغییر در آن می تواند باعث ایجاد ورژن جدیدی از PSO گردد. در این حالت، مقدار تکانه ای که یک ذره در بین دو تکرار حمل می کند، می تواند با پارامتر  $w$  کنترل شود، که بوسیله سرعت حال حاضر ذره چند برابر می شود، همانطوری که در معادله (۱۰) دیده می شود. در حقیقت، این پارامتر کنترل بر ناحیه جستجوی ذره تاثیر می گذارد. بنابراین اندازه این پارامتر می تواند نقش مهمی در روند جستجو بازی کند. استفاده از مقدار بالا و ثابتی از وزن اینرسی (یعنی بالاتر از واحد) می تواند فضای بیشتری را پوشش دهد اما اغلب، PSO در حداقل های محلی حبس شده و نمی تواند بهترین راه حل را پیدا کند. از طرفی دیگر مقدار کمتری از این پارامتر منجر می شود که ذرات در فضای جستجوی کوچکی متمرکز شوند و PSO، دیگر فضاهای ممکن راه حل را از دست می دهد. در این مقاله با استفاده از معادلات مختلف برای وزن اینرسی، نسخه بهبود یافته ای از PSO ارائه شده اند. همانطور که قبلاً ذکر شد استفاده از مقدار ثابت

داده می‌شوند.

در این گام، کل بار مورد تقاضا ( $P_D$ ) و تلفات خط انتقال ( $P_L$ ) باید در نظر گرفته شوند، بطوریکه کل برق تولیدی خروجی ( $P_D+P_L$ ) تامین گردد.

$$\sum_{j=1}^n m_{i,j} = P_D + P_L \quad (13)$$

گام (۲) :

تعیین محدودیتهای ژنراتور و ضرایب تابع هزینه: واحدهای تولید دارای محدودیت هایی در تولید برق می‌باشند، بنابراین این قیود باید در مسائل پخش بار در نظر گرفته شوند. معادلات زیر محدودیتهایی تولید واحد  $i^{th}$  را نسبت به قید نرخ شیب آن بیان می‌کند:

$$\max(m_i^{\min}, m_{i,t}^0 - DR_i) \leq m_{i,t} \leq \min(m_i^{\max}, m_{i,t}^0 + UR_i) \quad (14)$$

گام (۳) :

تولید تصادفی جمعیت اولیه: برای شروع IPSO یک تعداد اولیه برای گروه‌ها یا جمعیت در داخل ناحیه تعیین می‌شود. در این مقاله، ناحیه عملی بین حداقل و حداکثر توان خروجی هر ژنراتور تعریف شده است.

گام (۴) :

محاسبه هزینه برای هر گروه: در اینجا هزینه تولید هر واحد با استفاده از الگوریتم پیشنهادی محاسبه می‌شود. همچنین قیود مسئله به روش زیر محاسبه می‌شوند:

$$\text{if } m_{i,t} \leq \max(m_i^{\min}, m_{i,t}^0 - DR_i), \quad (15)$$

$$\text{then } m_{i,t} = \max(m_i^{\min}, m_{i,t}^0 - DR_i);$$

$$\text{if } \min(m_i^{\max}, m_{i,t}^0 + UR_i) \leq m_{i,t}, \quad (16)$$

$$\text{then } \min(m_i^{\max}, m_{i,t}^0 + UR_i) = m_{i,t};$$

گام (۵) :

بروزرسانی پارامترهای IPSO

گام (۶) :

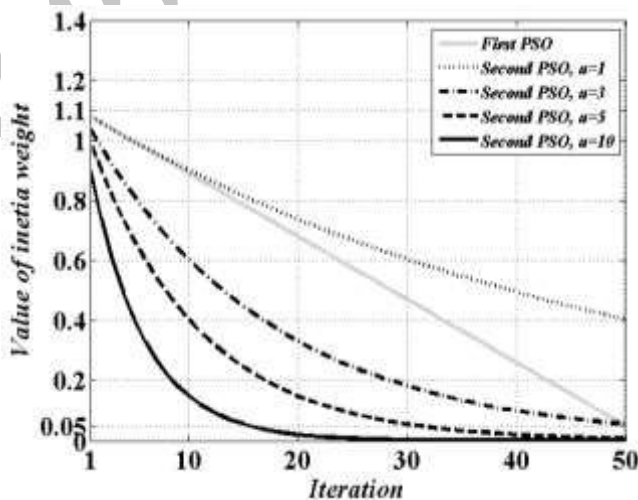
چک کردن ملاک توقف: در این مرحله ملاک توقف باید چک شود.

نامناسب برای این پارامتر کنترل، ممکن است منجر به نتایج نامناسب گردد. بنابراین یک ایده، استفاده از معادله‌ای برای وزن اینرسی است که به تعداد تکرارهای گذشته بستگی دارد، تا اینکه در حین روند جستجو، وزن اینرسی کاهش یابد. در گام آغازین، استفاده از مقدار بالا برای وزن اینرسی می‌تواند به PSO کمک کند تا تمام نواحی فضای راه حل را با صرف زمان و افزایش تعداد تکرارها افزایش دهد. در نتیجه وزن اینرسی کاهش خواهد یافت؛ این می‌تواند به PSO کمک کند تا در تکرارهای آخر، جستجوی محلی خوبی را ارائه دهد.

فرمول وزن اینرسی، همانطور که در معادله (۱۲) نشان داده شده، می‌تواند به صورت نمایی باشد. با استفاده از این معادله، PSO با یک مقدار داده شده شروع و بصورت نمایی تا نزدیکی صفر کاهش می‌یابد.

$$W = w_{\max} e^{-\frac{\alpha t}{T}} \quad (12)$$

که  $w_{\max}$  ماکزیمم مقدار وزن اینرسی است. ضریب  $\alpha$  یک ثابت با مقدار مثبت است که مقدار آن می‌تواند شیب متغیرها را کنترل کند. این امر در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): اثر ضریب  $\alpha$  بر تغییرات ضریب اینرسی

#### ۴. شبیه سازی و بحث و بررسی نتایج

در این مقاله، IPSO برای کمینه سازی کل هزینه سوخت واحدهای تولیدی ارائه شده است. پیاده سازی IPSO برای این مسئله شامل مراحل زیر می‌باشد:

گام (۱) :

مقداردهی اولیه: تعداد ذرات، ابعاد فضای جستجو (تعداد ژنراتورها)، و کل بارهای مورد تقاضا در هر بازه زمانی ( $P_{D,t}$ ) مقدار اولیه

گام (۷):

بروزرسانی خروجی توان هر ژنراتور: بعد از محاسبه حداقل هزینه، توان خروجی هر واحد مجدداً محاسبه و به عنوان مقدار اولیه برای بازه زمانی بعدی تعریف می گردد.

گام (۸):

پایه سازی IPSO برای تمام بازه های زمانی: اگر پخش بار برای هر بازه زمانی به کار گرفته شود، نتایج (خروجی ها) IPSO برنامه زمان بندی شده ای برای تولید انرژی در سیستم قدرت خواهند بود.

در این بخش، IPSO برای حل مسئله پخش توان بهینه پویا در یک سیستم آزمایشی با ۶ واحد بکار گرفته شد و نتایج بدست آمده با روش های گزارش شده در سایر مقالات مقایسه شده است.

ضرایب هزینه و حدود مرزی واحدهای تولید در جدول ۱ نشان داده شدند [۱]. قیود حد نرخ شیب و قدرت اولیه تولید شده توسط هر واحد در جدول ۲ نشان داده شده است. بدیهی است که مقادیر اولیه برای سایر بازه های زمانی (بازه زمانی بعدی) همان مقادیر بازه قبلی هستند. همچنین جدول ۳، قدرت مورد تقاضا برای یک افق زمانی ۲۴ ساعته را در بازه های زمانی یک ساعته نشان می دهد.

ماتریس ضرایب تلفات مربوط به معادله (۳) در زیر آمده است:

$$B_{ij} = 10^{-3} \begin{bmatrix} 1.7 & 1.2 & 0.7 & -0.1 & -0.5 & -2.0 \\ 1.2 & 1.4 & 0.9 & 0.1 & -0.6 & -0.1 \\ 0.7 & 0.9 & 3.1 & 0.0 & -1.0 & -0.6 \\ -0.1 & 0.1 & 0.0 & 0.24 & -0.6 & -0.8 \\ -0.5 & -0.6 & -0.1 & -0.6 & 12.9 & -0.2 \\ -2.0 & -1.0 & -0.6 & -0.8 & -0.2 & 15.0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

جدول ۱

اطلاعات ژنراتورها و ضرایب هزینه یک سیستم ۶ واحد

شماره واحد	حداقل توان (مگاوات)	حداکثر توان (مگاوات)	a (دلار بر مگا وات)	b (دلار بر مگا وات)	c (دلار بر مگا وات)
۱	۱۰۰	۵۰۰	۰/۰۰۷	۷	۲۴۰
۲	۵۰	۲۰۰	۰/۰۰۰۹۵	۱۰	۲۰۰
۳	۸۰	۳۰۰	۰/۰۰۹	۸/۵	۲۲۰
۴	۵۰	۱۵۰	۰/۰۰۹	۱۱	۲۰۰
۵	۵۰	۲۰۰	۰/۰۰۸	۱۰/۵	۲۲۰
۶	۵۰	۱۲۰	۰/۰۰۷۵	۱۲	۱۹۰

جدول ۲

حدود نرخ شیب سیستم ۶ واحد مورد مطالعه

شماره واحد	توان تولیدی اولیه (مگاوات)	حد بالای نرخ شیب (مگاوات بر ساعت)	حد پایین نرخ شیب (مگاوات بر ساعت)
۱	۳۴۰	۸۰	۱۲۰
۲	۱۳۴	۵۰	۹۰
۳	۲۴۰	۶۵	۱۰۰
۴	۹۰	۵۰	۹۰
۵	۱۱۰	۵۰	۹۰
۶	۵۲	۵۰	۹۰

جدول ۳

اطلاعات بار مورد تقاضا با افق زمانی ۲۴ ساعته برای سیستم ۶ واحد

مورد مطالعه

ساعت	بار (مگاوات)	ساعت	بار (مگاوات)	ساعت	بار (مگاوات)	ساعت	بار (مگاوات)
۱	۹۵۵	۷	۹۸۹	۱۳	۱۱۹۰	۱۹	۱۱۵۹
۲	۹۴۲	۸	۱۰۲۳	۱۴	۱۲۵۱	۲۰	۱۰۹۲
۳	۹۳۵	۹	۱۱۲۶	۱۵	۱۲۶۳	۲۱	۱۰۲۳
۴	۹۳۰	۱۰	۱۱۵۰	۱۶	۱۲۵۰	۲۲	۹۸۴
۵	۹۳۵	۱۱	۱۲۰۱	۱۷	۱۲۲۱	۲۳	۹۷۵
۶	۹۶۳	۱۲	۱۲۳۵	۱۸	۱۲۰۲	۲۴	۹۶۰

نتایج IPSO برای یک سیستم آزمایشی با نتایج حاصل از روش های دیگر در جدول ۴ مقایسه شده است. نتایج حاصل از مقایسه نشان می دهند که برای حل یک مسئله پخش بار اقتصادی پویا، IPSO در رسیدن به راه حل های بهینه، سریعتر و دقیق تر است و می تواند بهتر از سایر روش ها عمل کند.

جدول ۴

نتایج IPSO برای مسئله پخش بار اقتصادی پویا و مقایسه نتایج حاصل

از آن با روش های دیگر برای یک سیستم ۶ واحد

روش	روش تکرار لامبدا	روش برنت	روش پیشنهادی
حداقل هزینه	۳۱۳۴۰۵/۶۴۸	۳۱۳۴۰۵/۴۰۳	۳۱۳۴۰۱/۴۲۶

## ۵. نتیجه‌گیری

مسئله پخش بار اقتصادی پویا روشی برای زمان بندی خروجی های ژنراتور با بارهای مورد تقاضای پیش بینی شده، در طی یک بازه زمانی معین، به منظور اقتصادی تر نمودن بهره برداری از سیستم قدرت می باشد. این مسئله یک مسئله بهینه سازی دینامیک است که قیود تحمیلی بر عملکرد سیستم را بوسیله حدود نرخ شیب ژنراتور به حساب می آورد. مسئله پخش بار اقتصادی پویا نه تنها دقیق ترین فرمول بندی برای مسئله پخش بار اقتصادی است، بلکه به خاطر ابعاد زیاد آن، سخت ترین نوع برای حل نیز بشمار می آید. این مقاله یک الگوریتم ابتکاری جدید که IPSO نامیده می شود ارائه می کند و از آن برای حل مسئله پخش بار اقتصادی پویا استفاده می کند. IPSO در مقایسه با الگوریتم های دیگر ساده تر مدل سازی می گردد. برای نشان دادن تاثیر IPSO در حل مسئله پخش بار اقتصادی پویا، یک سیستم قدرت ۶ واحد مورد آزمایش قرار گرفت. در مقایسه با نتایج سایر روش ها، IPSO می تواند مسئله بهینه سازی را دقیقتر و در زمان کوتاه تری حل کند.

## مراجع

- [10] C. Chen, Non-convex economic dispatch: a direct search approach, *Energy Conversion and Management*, Vol. 48, No. 1, 2007, pp. 219-225.
- [11] A. Keib, H. Ma, and J. Hart, Environmentally constrained economic dispatch using the Lagrangian relaxation method, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 9, No. 4, 1994, pp. 1723-1730.
- [12] L. Papageorgiou, and E. Fraga, A mixed integer quadratic programming formulation for the economic dispatch of generators with prohibited operating zones, *Electric Power System Research (EPSR)*, Vol. 77, No. 10, 2007, pp. 1292-1298.
- [13] G. Granelli, and M. Montagna, Security-constrained economic dispatch using dual quadratic programming, *Electric Power System Research (EPSR)*, Vol. 56, No. 1, 2000, pp. 71-80.
- [14] X. Yuan, L. Wang, Y. Yuan, Y. Zhang, B. Cao, and B. Yang, modified differential evolutions approach for dynamic economic dispatch with valve-point effects, *Energy Conversion and Management*, Vol. 49, 2008, pp. 3447-3453.
- [15] J. Cai, X. Ma, and L. Li, Chaotic particle swarm optimization for economic dispatch considering the generator constraints, *Energy Conversion and Management*, Vol. 48, No. 2, 2007, pp. 645-653.
- [16] X. Yuan, A. Su, Y. Yuan, H. Nie, and L. Wang, An improved PSO for dynamic load dispatch of generators with valve-point effects, *Energy*, Vol. 34, 2009, pp. 67-74.
- [17] Z. Gaing, Particle swarm optimization to solving the economic dispatch considering the generator constraints, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 18, No. 3, 2003, pp. 1187-1195.
- [18] C. K. Panigrahi, P. K. Chattopadhyay, and R. Chakrabarti, Load dispatch and PSO algorithm for DED control, *International Journal of Automation and Control*, Vol. 1, No. 2-3, 2007, pp. 182-194.
- [19] S. Pothiya, I. Ngamroo, and W. Kongprawechnon, Application of multiple tabu search algorithm to solve dynamic economic dispatch considering generator constraints, *Energy Conversion and Management*, Vol. 49, 2008, pp. 509-516.
- [20] F. Li, R. Morgan, and D. Williams, Hybrid genetic approaches to ramping rate constrained dynamic economic dispatch, *Electric Power System Research (EPSR)*, Vol. 43, 1997, pp. 97-103.
- [21] S. Baskar, P. Subbaraj, and M. Rao, Hybrid real coded genetic algorithm solution to economic dispatch problem, *Computers and Electrical Engineering*, Vol. 29, No. 3, May 2003, pp. 407-419.
- [22] M. Basu, Dynamic economic emission dispatch using nondominated sorting genetic algorithm-II, *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 30, 2008, pp. 140-149.
- [23] C. Chiang, Improved genetic algorithm for power economic dispatch of units with valve-point effects and multiple fuels, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, No. 4, 2005, pp. 1690-1699.
- [24] W. Ongsakul, and J. Tippayachai, Parallel micro genetic algorithm based on merit order loading solutions for constrained dynamic economic dispatch, *Electric Power System Research (EPSR)*, Vol. 61, No. 2, 2002, pp.77-88.
- [25] J. Won, and Y. Park, Economic dispatch solutions with piecewise quadratic cost functions using improved genetic algorithm, *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 25, No. 5, 2003, pp. 355-361.
- [26] F. Li, and R. K. Aggarwal, Fast and accurate power dispatch using a relaxed genetic algorithm and a local gradient technique, *Expert System with Applications*, Vol. 19, 2000, pp. 159-165.
- [27] C. K. Panigrahi, P. K. Chattopadhyay, R. N. Chakrabarti, and M. Basu, Simulated annealing technique for dynamic economic dispatch, *Electric Power Components and Systems*, Vol. 34, No. 5, 2006, pp. 577-586.
- [1] H. Saadat, *Power System Analysis*, (McGraw-Hill, New York, 1999).
- [2] X. Xia, and A. M. Elaiw, Optimal dynamic economic dispatch of generation: A review, *Electric Power Systems Research (EPSR)*, Vol. 80, 2010, pp. 975-986.
- [3] A. J. Wood, and B. F. Wollenberg, *Power generation, operation, and control*, (2nd Edition, New York: John Wiley and Sons Inc., 1996).
- [4] J. A. Snyman, *Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms*, (Cambridge, Massachusetts: Springer Publishing, 2005).
- [5] Q. Xia, Y. H. Song, B. M. Zhang, C. Q. Kang, and N. Xiang, Dynamic queuing approach to power system short term economic and security dispatch, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 13, May 1998, pp. 280-285.
- [6] X. S. Han, H. B. Gooi, and D. S. Kirschen, Dynamic economic dispatch: Feasible and optimal solutions, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 16, February 2001, pp. 22-28.
- [7] R. A. Jabr, A. H. Coonick, and B. J. Cory, A study of the homogeneous algorithm for dynamic economic with network constraints and transmission losses, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, May 2000, pp. 605-611.
- [8] P. Attaviriyanupap, H. Kita, E. Tanaka, and J. Hasegawa, A Hybrid EP and SQP for Dynamic Economic Dispatch With Nonsmooth Fuel Cost Function, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 17, No. 2, May 2002, pp. 411-416.
- [9] A. Jabr, H. Coonick, and J. Cory, A homogeneous linear programming algorithm for the security constrained economic dispatch problem, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, No. 3, May 2000, pp. 930-937.

- [33] N. Sinha, R. Chakrabarti, and P. Chattopadhyay, Evolutionary programming technique for economic load dispatch, *IEEE Trans Evolutionary Computing*, Vol. 7, No. 1, 2003, pp. 83-94.
- [34] A. Pathom, K. Hiroyuki, and T. Eiichi, A hybrid EP and SQP for dynamic economic dispatch with nonsmooth fuel cost function, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 17, No. 2, 2002, pp. 411-416.
- [35] M. Basu, Dynamic economic emission dispatch using evolutionary programming and fuzzy satisfying method, *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, Vol. 8, No. 4, 2007, pp. 1-15.
- [36] K. Chandram, N. Subrahmanyam, and M. Sydulu, Brent method for Dynamic Economic Dispatch with Transmission Losses, *Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering*, Vol. 8, No. 1, Winter-Spring 2009, pp. 16-22.
- [37] S. K. Wang, J. P. Chiou and C. W. Liu. Non-smooth/non-convex economic dispatch by a novel hybrid differential evolution algorithm, *IET Generation, Transmission, and Distribution*, Vol. 1, No. 5, 2007, pp. 793-803.
- [28] A. Y. Abdelaziz, M. Z. Kamh, S. F. Mekhamer, and M. A. L. Badr, A hybrid HNN-QP approach for dynamic economic dispatch problem, *Electric Power System Research (EPSR)*, Vol. 78, No. 10, 2008, pp. 1784-1788.
- [29] K. Swarup, and P. Simi, Neural computation using discrete and continuous Hopfield networks for power system economic dispatch and unit commitment, *Neurocomputing*, Vol. 70, No. 1, 2006, pp. 119-129.
- [30] S. Balakrishnan, P. Kannan, and C. Aravindan, On-line emission and economic load dispatch using adaptive Hopfield neural network, *Applied Soft Computing*, Vol. 2, No. 4, 2003, pp. 297-305.
- [31] T. Jayabarathi, K. Jayaprakash, and D. Jeyakumar, Evolutionary programming techniques for different kinds of economic dispatch problems, *Electric Power System Research (EPSR)*, Vol. 73, No. 2, 2005, pp. 169-176.
- [32] P. Somasundaram, and K. Kuppusamy, Application of evolutionary programming to security constrained economic dispatch, *Electric Power Energy Systems*, Vol. 27, No. 5, 2005, pp. 343-351.

Archive of SID