

پخش بار اقتصادی سیستم‌های قدرت با استفاده از الگوریتم ترکیبی ازدحام ذرات مبتنی بر ضرایب شتاب سینوس کسینوس

مسعود هاتفی کیا^{۱*}

* ۱- کارشناس ارشد برق، شرکت توزیع نیروی برق خوزستان، اهواز، ایران، Masoudhatefikey@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۱

چکیده: پخش بار اقتصادی در سیستم قدرت به عنوان یکی از مسائل مهم و ضروری در برنامه‌ریزی تولید واحدهای نیروگاهی می‌باشد. در این پایان نامه پخش بار اقتصادی برای تولید توان نیروگاه‌ها با توابع صاف و ناصاف و لحاظ نمودن قیود نیروگاه (اثر شیر بخار، مناطق ممنوعه، با و بدون در نظر گرفتن تلفات انتقال) در یک سیستم قدرت چند ژنراتوری ارائه شده است. هدف از این کار دستیابی به بهترین هزینه تولید و حداقل رساندن تلفات می‌باشد. برای این منظور از الگوریتم ترکیبی ازدحام ذرات مبتنی بر ضرایب شتاب سینوس و کسینوس جهت حل مساله استفاده شده است. آنالیز جامعی از نحوه پخش بار اقتصادی برای بهینه سازی هزینه تولید و حداقل نمودن تلفات ارائه شده است. روش ارائه شده روی یک سیستم قدرت ۴۰ و ۱۵ ژنراتوری استاندارد IEEE پیاده سازی شده است. و شبیه سازی‌ها به گونه‌ای هستند که در هر مرحله محدودیت‌های نیروگاه با و بدون در نظر گرفتن تلفات شبیه سازی شده‌اند نتایج بدست آمده از شبیه سازی‌ها، گویای صحت و کارآمدی روش ارائه شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: پخش بار اقتصادی، توابع هزینه صاف و ناصاف، مناطق ممنوعه، اثر شیر بخار، الگوریتم ترکیبی ازدحام ذرات مبتنی بر ضرایب شتاب سینوس کسینوس (H-PSO-SCAC)

۱- مقدمه

داد. بهینه سازی مصرف و نوسازی زیرساختها و افزایش تولید و تامین انرژی با مناسب ترین شیوه و افزایش راندمان انرژی از طریق استفاده از فن‌آوریهای جدید میسر بوده و باید در جهت افزایش بهره‌وری، کاهش میزان اتلاف و هرز رفتن انرژی و تعدیل هزینه‌ها همراه باشد. لازم است کلیه سازمان‌های دولتی را به منظور بعمل آوردن اقدامات مقتضی در جهت مصرف بهینه‌سازی فرآورده‌های نفتی بویژه در هنگام اوج مصرف هدایت نمایند بدیهی است در شرایط کنونی در کشور ما با توجه به مشکلات تامین و توزیع فرآورده‌های نفتی و در حال حاضر واردات بنزین موتور و نفت گاز، مسئله پخش بار اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. نرخ‌های تعیین شده به وسیله ارگان‌های دولتی و اهمیت صرفه‌جویی در سوخت، شرکت‌های برق را جهت حصول حداکثر بازدهی ممکن، تحت فشار قرار می‌دهد. بازده حداکثر، هزینه یک کیلووات ساعت تحویلی به مصرف کننده و هزینه مربوط به شرکت تحویل دهنده آن کیلو وات ساعت را، علیرغم افزایش نرخ سوخت،

کشور ما در حال توسعه بوده و با رشد فزاینده جمعیت روبرو می‌باشد پیشرفت و توسعه کشور در گروی دانش و تکنولوژی و استفاده از فن آوری اطلاعات میسر می‌باشد. در حالی که در ۲۰ سال آینده روند تولید انرژی با توقف صادرات نفتی کند شده و ضرورت استفاده از انرژیهای نوین احساس می‌شود معهداً رشد مصرف فرآورده‌های نفتی و انرژی نیز اجتناب ناپذیر خواهد بود. پیشرفت چشم‌گیر در زمینه فن-آوری موجب تغییر تولید انرژی در آینده خواهد شد. بحران انرژی فعلی و بویژه در آینده نتیجه عملکرد کشورهای امپریالیستی در طول سالیان متمادی بوده و لذا برای اصلاح آن نیز به سالها زمان نیاز می‌باشد. بدیهی است توسعه فن‌آوریهای جدید بدون صدمه دیدن محیط زیست و مصرف بهینه و مدیریت مصرف ضروری بنظر رسیده و امری اجتناب-ناپذیر می‌باشند. در این راستا ارتقاء سطح زندگی جمعیت کنونی کشور ما نیاز به برنامه‌ریزی داشته و اقتصاد ملی را تحت الشعاع قرار خواهد

کندالگوریتم جدیدی تحت عنوان H-PSO-SCAC (الگوریتم ترکیبی ازدحام ذرات مبتنی بر ضرایب شتاب سینوس کسینوس) ارائه شده است. این روش پیشنهادی برای بهینه سازی پخش بار اقتصادی در شبکه ۱۵ و ۴۰ واحدی با در نظر گرفتن تلفات و در نظر گرفتن قیود موجود آنها مورد استفاده را گرفته و نتایج با دیگر الگوریتم‌ها معمول مقایسه می شود.

۲- فرمول بندی مسئله

۱-۲- تابع هدف

تابع هزینه یا هدف مسئله ED، معادله درجه دوم هزینه سوخت واحدهای تولید حرارتی است و توسط رابطه (۱) مشخص می شود.

$$\min_{P \in R^{N_g}} F = \sum_{j=1}^{N_g} F_j(P_j) = \sum_{j=1}^{N_g} (a_j + b_j P_j + c_j P_j^2) \quad (1)$$

که در آن N_g تعداد کل واحد تولیدی یا ژنراتور است، $F_j(P_j)$ هزینه سوخت در واحد دلار/ساعت است، P برق تولید شده واحد مگاوات است، a_j, b_j, c_j ضرایب هزینه ژنراتور ام هستند. ژنراتورها در معرض تاثیر بارگذاری نقطه سوپاپ قرار دارند که برخی از ripples را به تابع هزینه تحمیل می کنند [۲]. تابع هدف هنگامی که اثر نقطه سوپاپ در نظر گرفته می شود، تبدیل به رابطه (۲) می شود.

$$\min_{P \in R^{N_g}} F = \sum_{j=1}^{N_g} F_j(P_j) = \sum_{j=1}^{N_g} (a_j + b_j P_j + c_j P_j^2) + |e_j \sin(f_j (P_j^{\min} - P_j))| \quad (2)$$

که در آن e_j, f_j ثابت‌های اثر نقطه سوپاپ ژنراتور j ام هستند.

۲-۲- محدودیت‌های بهینه سازی

محدودیت‌های برابری و نابرابری برای مسئله ED معیار تعادل توان و حدهای تولید انرژی واقعی هستند بصورت روابط (۳) می باشد.

$$\sum_{j=1}^{N_g} P_j = P_D + P_L \quad (3)$$

$$P_j^{\min} \leq P_j \leq P_j^{\max}$$

که در آن P_D تقاضای کل انرژی است، P_j^{\min} و P_j^{\max} حداقل و حداکثر توان تولیدی ژنراتور j ام هستند، و P_L نشان دهنده تلفات خطی است که توسط رابطه (۴) مشخص می شود.

$$P_L = \sum_{j=1}^{N_g} \sum_{i=1}^{N_g} P_j B_{ji} P_i + \sum_{j=1}^{N_g} B_{0j} P_j + B_{00} \quad (4)$$

P_i, P_j تزریق توان واقعی در باس‌های i و j هستند. B_{ji}, B_{0j}, B_{00} ضرایب تلفات هستند که در شرایط عادی عملکرد ثابتی دارند.

۳-۲- محدودیت‌های عملیاتی ژنراتورها

۱-۳-۲- مناطق ممنوعه ژنراتورها (POZ)

مناطق ممنوعه به علت عملیات valve بخار یا ارتعاش در شفت

دستمزد، ملزومات و تعمیر و نگهداری توسط مسئله پخش بار اقتصادی حداقل می کند.

تاکنون روش‌های متعددی برای حل مسئله مورد مطالعه قرار گرفته است [۱]. روش بهینه سازی جدیدی تحت عنوان p-PSO برای افزایش قابلیت اکتشاف و استخراج پیشنهاد شده که دارای یک ماژول آشفستگی نیز برای جلوگیری از همگرایی محلی است [۲]. روش بهبود یافته الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل (ABC) به حل مسأله توزیع اقتصادی بار با در نظر گرفتن تابع هدفی از هزینه سوخت نیروگاه‌ها با در نظر گرفتن محدودیت‌های ناشی از اثر شیر ورودی بخار، تلفات شبکه انتقال، توازن تولید و مصرف در سیستم، زون های ممنوعه، حدود تولید، نرخ های افزایشی و کاهش‌ی پرداخته شده است الگوریتم استفاده شده دارای سرعت همگرایی بالا می باشد و قرار گرفتن آن در نقاط محلی به مراتب از الگوریتم‌های دیگر کمتر است. همچنین پاسخ مناسب تری نسبت به سایر روشها به دست می دهد. روش‌های قراردادی اغلب نتایج خوبی می دهند ولی وقتی فضای تحقیق غیرخطی و غیرپیوسته می شود حل مسئله بسیار پیچیده و همگرایی این روش برای جستجوی جواب بهینه برای حل مسئله، سرعت بسیار کمی خواهد داشت [۳]. روش‌های دیگری که در زمینه بهینه سازی مورد استفاده قرار گرفت روش جستجوی تابو بود در این مراجع، روش سرعت بالایی دارد ولی دقت آن با گذشت زمان اجراء افزایش نمی یابد. یک روش جدید بهینه سازی جهت مسئله پخش بار اقتصادی/آلودگی الگوریتم PSO نام دارد. که در موارد زیادی برای حل مسائل مورد استفاده قرار گرفته است. در سال‌های اخیر پخش بار اقتصادی بر روی توابع هزینه ناصاف چند تکه‌ای با در نظر گرفتن نرخ شیب نیروگاه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است [۴]. کاربرد یکی از آخرین الگوریتم‌های هوش ازدحامی یعنی بهینه ساز گرگ خاکستری را برای حل مسئله پخش بار اقتصادی ارائه می دهد که یک مسئله غیر خطی، غیر محدب و گسسته است و محدودیت‌های برابری و نابرابری متعددی دارد. بهینه ساز گرگ خاکستری یک الگوریتم فراابتکاری جدید است که مبتنی بر رفتار گرگ‌های خاکستری است. این بهینه ساز برای دست یابی به عملکرد بهتر از اپراتورهای ادغام و جهش (اپراتورهای الگوریتم ژنتیک) استفاده می کند. مسئله پخش بار اقتصادی با مناطق عملیاتی ممنوعه، تاثیر بارگذاری نقطه سوپاپ و محدودیت‌های نرخ رمپ در این مرجع حل شده اند [۴]. در این مقاله، یک الگوریتم جدید پیشنهاد شده که به منظور کنترل بهتر قابلیت‌های اکتشاف و استخراج، پارامتر ω بستگی به برآزش دزه‌ها (نه به زمان) استفاده می شود. که الگوریتم PSO به دو ضریب C_1, C_2 مولفه شناختی و مولفه اجتماعی هستند برای اصلاح بهترین موقعیت ذره تاکنون ملاقات شده و بهترین موقعیتی که یک ذره در کل جمعیت به آن رسیده و با زمان تغییر می کند و اصلاح آنها به صورت ضرایب سینوس و کسینوس استفاده می شود. همچنین ماژول آشفستگی به گونه‌ای طراحی شده است که تنوع بیشتری برای جلوگیری از تله همگرایی محلی و نیز فضا جستجوی بیشتری ایجاد

تدوین این روش از حرکات جمعی و گروهی ذرات الگو برداری شده است و در برخی اوقات این الگوریتم را تحت عنوان الگوریتم پرندگان یا ماهی‌ها نیز می‌شناسند. این روش بهینه‌سازی جزء روش‌های هوش ازدحامی یا هوش گروهی به حساب آمده و اساس کار آن بر این اصل استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون خود در آن قرار گرفته و بهترین مکانی که در کل یافت شده است، تنظیم می‌کند.

فرض می‌شود فضای حل مسئله یک فضای D بعدی می‌باشد در این راستا i امین ذره از جمعیت می‌تواند توسط یک بردار سرعت و یک بردار موقعیت نمایش داده شود. تغییر موقعیت هر ذره، با تغییر در ساختار موقعیت و سرعت قبلی امکان پذیر است [۵].

هر ذره امکاناتی شامل بهترین مقداری که تاکنون به آن رسیده است (pbest) و موقعیت xi را داراست. این اطلاعات از تلاش‌هایی که هر ذره برای یافتن بهترین جواب انجام می‌دهد یا به عبارتی از بین موقعیت‌هایی که تا کنون یک ذره در آنها قرار گرفته است، به دست می‌آید. از طرف دیگر، بهترین جوابی را که تاکنون توسط کلیه ذرات موجود در گروه (از مقدار pbest ها) تاکنون تجربه شده است را توسط (gbest) نشان داده می‌شود. در این راستا هر ذره همواره در تلاش است تا موقعیت فعلی خود را در راستای حرکت کنونی، بهترین موقعیت کسب شده توسط خود و بهترین موقعیت کسب شده توسط کل ذرات اصلاح نماید و به موقعیت جدیدی انتقال یابد.

در مرحله‌ی ابتدایی الگوریتم، ذرات با موقعیت‌ها و سرعت‌های تصادفی ایجاد می‌شود. در طی اجرای الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO، موقعیت و سرعت هر ذره در مرحله ی t+1 ام از الگوریتم، از روی اطلاعات معادله (۱۲) ساخته می‌شوند.

$$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iD}), V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{iD}) \quad (12)$$

طبق رابطه (۱۳) و (۱۴) و (۱۵) و (۱۶) یکی سرعت آتی و دیگری مکان هر ذره به حرکت در می‌آید.

$$V_{id}^{n+1} = w_n \cdot V_{id}^n + c_1 r_1^n (pbest_{id}^n - X_{id}^n) + c_2 r_2^n (gbest_{id}^n - X_{id}^n) \quad (13)$$

$$X_{id}^{n+1} = X_{id}^n + V_{id}^{n+1} \quad (14)$$

$$\omega = \omega_{max} - \frac{M_j}{M_{max}} \times (\omega_{max} - \omega_{min}) \quad (15)$$

$$x = \frac{2}{2 - \phi - \sqrt{\phi^2 - 4\phi}} \quad (16)$$

$$\phi = c_1 + c_2$$

Pbest : بهترین موقعیتی که ذره تاکنون ملاقات کرده

gbest : بهترین موقعیتی که یک ذره در کل جمعیت به آن رسیده

N : اندازه Swarm

ω : اینرسی وزنی (inertia weight)

هستند. مناطق عملیاتی از ژنراتور z ام می‌توانند به شرح رابطه (۵) توضیح داده می‌شود.

$$P_j \in \begin{cases} P_j^{\min} \leq P_j \leq P_{j,d}^l \\ P_{j,k}^u - 1 \leq P_j \leq P_{j,k}^l, k = 2, 3, \dots, n_j, j = 1, 2, \dots, N_g \\ P_{j,n_j}^u \leq P_j \leq P_j^{\max} \end{cases} \quad (5)$$

که در آن n_j تعداد مناطق ممنوعه ژنراتور z است. $P_{j,k}^l$ و $P_{j,k}^u$ خروجی توان پایین تر و بالاتر از منطقه ممنوعه k ام منطقه ژنراتور z ام هستند.

۲-۳-۲- محدودیت‌های رمپ‌ها

محدودیت‌های فیزیکی راه اندازی و خاموش کردن ژنراتورها حد سرعت رمپ را اعمال می‌کنند که به صورت زیر مدل سازی می‌شوند. افزایش تولید توسط رابطه (۶) محدود می‌شود.

$$p_j - p_j^0 \leq UR_j \quad (6)$$

به طور مشابه، کاهش توسط رابطه (۷) محدود می‌شود.

$$p_j^0 - p_j \leq DR_j \quad (7)$$

که در آن p_j^0 توان خروجی قبلی است، UR_j و DR_j حد رمپ بالا و حد رمپ پایین ژنراتور z ام هستند. ترکیب (۶) و (۷) منجر به تغییر در حد عملیاتی یا تولید موثر می‌شود بصورت رابطه (۸) زیر می‌باشد.

$$\underline{P}_j \leq P_j \leq \bar{P}_j \quad (8)$$

که بصورت روابط (۹) و (۱۰) می‌توان بیان می‌شود:

$$\underline{P}_j = \max(P_j^{\min}, P_j^0 - DR_j) \quad (9)$$

$$\bar{P}_j = \min(P_j^{\max}, P_j^0 + UR_j) \quad (10)$$

با ترکیب این با مسئله ED^f می‌تواند بصورت روابط (۱۱) تدوین می‌شوند:

$$\begin{aligned} \min_{P \in R^{N_g}} F &= \sum_{j=1}^{N_g} F_j(P_j) = \sum_{j=1}^{N_g} (a_j + b_j P_j + C_j P_j^2) + |e_j \sin(P_j^{\min} - P_j)| \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^{N_g} P_j &= P_D + P_L \\ P_j &\leq P_j \leq P_{j,d} \\ P_{j,k-1}^u &\leq P_j \leq P_{j,k}^l, k = 2, 3, \dots, n_j, j = 1, 2, \dots, N_g \\ P_{j,n_j}^u &\leq P_j \leq \bar{P}_j \end{aligned} \quad (11)$$

۳- الگوریتم

۳-۱- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

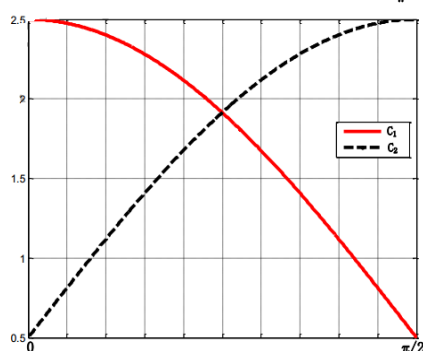
الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) به عنوان یک تکنیک جستجو توسط ابره‌ارت^۱ و کندی^۲ در سال ۱۹۹۵ معرفی گردید. در

نصف زمان جستجو را بگیرد، معادله جدیدی پیشنهاد کنند. در الگوریتم جدید ضرایب C_1 ، C_2 که با زمان تغییر می‌کنند را می‌توان به صورت معادله (۲۰) بیان کرد:

$$c_1 = (c_{1f} - c_{1i}) \times \frac{M_j}{M_{\max}} + c_{1i} \quad (20)$$

$$c_2 = (c_{2f} - c_{2i}) \times \frac{M_j}{M_{\max}} + c_{2i}$$

که $c_{1f}, c_{1i}, c_{2f}, c_{2i}$ مقادیر ثابت و M_j, M_{\max} تکرار کنونی و ماکزیمم تکرار الگوریتم هستند. بر اساس شبیه سازی های مختلف می‌توان دریافت که بهترین مقدار برای c_1 بین ۰/۵ تا ۲/۵ و برای C_2 بین ۰/۵ تا ۲/۵ می‌باشد. این الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته با ضرایب سینوس و کسینوس را PSO-SCAC می‌نامند. روند SCAC را در شکل (۱) مشاهده می‌کنید.



شکل (۱) ضرایب شتاب سینوس کسینوس [۵]

با اصلاحاتی می‌توان رابطه (۲۰) بصورت رابطه (۲۱) تعریف کرد که به شکل روابط مثلثاتی تبدیل نمود.

$$c_1 = \delta \times \sin\left(\left(1 - \frac{M_j}{M_{\max}}\right) \times \frac{\pi}{2}\right) + \delta$$

$$c_2 = \delta \times \cos\left(\left(1 - \frac{M_j}{M_{\max}}\right) \times \frac{\pi}{2}\right) + \delta \quad (21)$$

که δ دو عدد ثابت و برابر ۲ و ۰/۵ هستند.

۳-۳- روش حل الگوریتم ترکیبی

برای حل مسئله همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است. در ابتدا اطلاعات نیروگاه‌ها و پارامترهای الگوریتم، تولید جمعیت اولیه به صورت تصادفی، محاسبه تابع هدف (هزینه با در نظر گرفتن تلفات و اثر شیر بخار و منطقه ممنوعه^۵ (POZ))، بررسی بهترین جواب‌های الگوریتم، بروز رسانی بهترین موج الگوریتم sca و تولید ذره جدید با روابط (۱۳) و (۱۶)، محاسبه تابع هدف برای ذره جدید و مقایسه با حالت قبل و جایگذاری در صورت بهتر بودن، تعیین بهترین ذرات PSO و بروز رسانی سرعت و موقعیت آنها از روابط (۱۷) و (۱۸)، بررسی شرط الگوریتم توده ذرات و سینوس کسینوس و تعداد تکرار و بازگشت به مرحله ۴ در صورت تایید نشدن شرط، استخراج بهترین جواب این

C_1 : ضریب ثابت (حرکت در مسیر بهترین مقدار ذره مورد بررسی)
 C_2 : ضریب ثابت (حرکت در مسیر بهترین ذره یافت شده در بین کل جمعیت).

C_1, C_2 : ضرایب ثابت و مثبت (ضرایب شتاب دهنده به سمت نقاط بهینه) که بترتیب پارامترهای شناختی (cognitive) و اجتماعی (social) نام دارد.

r_1, r_2 : اعداد تصادفی در محدوده [۰, ۱] باتوزیع یکنواخت.

n : مشخص کننده شماره تکرارها.

M_j و M_{\max} : تکرار فعلی و تکرار ماکزیمم است.

$\omega_{\min}, \omega_{\max}$: مقادیر وزنی اولیه و نهایی هستند.

۲-۳ الگوریتم پیشنهادی ازدحام ذرات مبتنی بر ضرایب شتاب سینوس و کسینوس

به منظور بهبود بیشتر عملکرد PSO^۳، ما سه تغییر عمده را با معرفی مقادیر وزنی دینامیکی، ضرایب شتاب و بهترین موقعیت برای به روز رسانی موقعیت جدید با این دو فاکتور، معرفی می‌کنیم. شکل جستجوی PSO ی بهبود یافته، که در رابطه زیر به خوبی می‌تواند بین قابلیت‌های استخراج و اکتشاف تعادل برقرار شود. پروسه تناسبی را می‌توان به صورت معادله (۱۷) اصلاح می‌گردد:

$$X_i^d = X_i^d \times w_{ij} + V_i^d \times w'_{ij} + \rho \times gbest^d \times \psi \quad (17)$$

که در آن w_{ij} و w'_{ij} به ترتیب مقادیر وزنی دینامیکی هستند که تأثیر پاسخ قبلی و سرعت قبلی را به ترتیب کنترل می‌کنند، نیز موقعیت بهینه فعلی است که می‌تواند سرعت همگرایی را بیشتر کند، ضرایب شتابی است که ماکزیمم اندازه گام را مشخص می‌کند و نیز یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ است.

در این مقاله، دینامیکی و نیز ضریب شتاب به صورت توابعی از برازندگی در پروسه جستجوی PSO تعریف می‌شوند. پارامترهای و به صورت معادلات (۱۸) و (۱۹) تعریف می‌شوند:

$$w = \psi = \frac{\exp(f(j)/u)}{1 + \exp(-f(j)/u)} \quad (18)$$

$$w'_{ij} = 1 - w_{ij} \quad (19)$$

که در آن u مقدار متوسط برازندگی در تکرار اول است، تعداد تکرار فعلی است و $f(j)$ نیز برازندگی زامین ذره است.

در الگوریتم PSO به دو ضریب C_1 ، C_2 مولفه شناختی و مولفه اجتماعی می‌گویند. که این ضرایب تصادفی برای اصلاح سرعت ذرات $Pbest$ و $Gbest$ استفاده می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که این دو ضریب در پیدا کردن بهترین راه حل از لحاظ سرعت و دقت بسیار موثراند. با توجه به مرجع [۵] اگر مولفه شناختی از مولفه اجتماعی بزرگتر باشد سرگردانی زیادی در فضای ذرات ایجاد می‌شود و در صورت بزرگی بیش از حد مولفه اجتماعی نسبت به مولفه شناختی ذرات را از بهترین راه حل پیدا شده دور می‌کند. در مجموع آقایان کندی و ابرهاتر به منظور تنظیم این ضرایب برابر که باعث می‌شد

بلوک اجرا می شود.

سیستم قدرت با ۱۵ واحد تولیدی و بار تقاضا شده ۲۶۳۰ مگاوات بدون و با محدودیت رمپها را نشان می دهد.

نتایج پخش بار اقتصادی شامل سهم تولید هر ژنراتور و کل هزینه تولیدی و روند همگرایی و بهینه سازی کل هزینه تولید در ۴۰۰ تکرار در برای بدون محدودیت رمپها در شکل (۳) نشان می دهد. هزینه سوخت بهینه بدست آورده با محدودیت رمپها و بدون محدودیتها و همچنین نتایج پخش بار و سهم هر ژنراتورکل هزینه تولیدی و تلفات انتقال در جداول (۲) و (۳) نشان داده است.

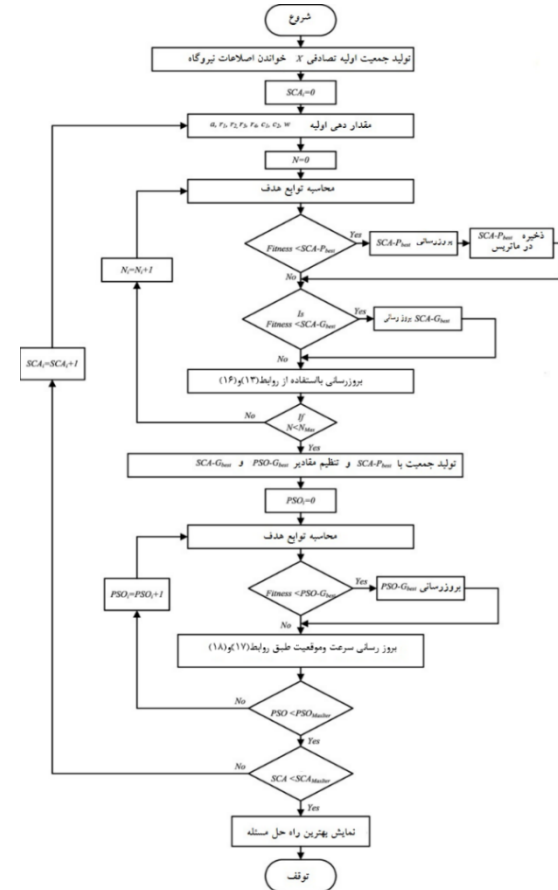
پارامترهای مورد نیاز الگوریتم H_PSO_SCAC در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول (۱) - ضرایب تابع هزینه درجه دوم واحدهای تولیدی در سیستم قدرت با ۱۵ ژنراتور با و بدون حد رمپها [۴]

| Unit | a_i | b_i | c_i | P_{imin} | P_{imax} | POZ |
|------|-------|-------|-----------|------------|------------|--------------------------------|
| ۱ | ۶۷۱ | ۱۰/۱ | ۰/۰۰۰۲۹۹ | ۱۵۰ | ۴۵۵ | - |
| ۲ | ۵۷۴ | ۱۰/۲ | ۰/۰۰۰۱۸۳ | ۱۵۰ | ۴۵۵ | [۱۸۵,۳۲۵]; [۲۰,۳۳۵]; [۴۲,۴۵۰] |
| ۳ | ۳۷۴ | ۸/۸ | ۰/۰۰۰۱۱۲۶ | ۲۰ | ۱۳۰ | - |
| ۴ | ۳۷۴ | ۸/۸ | ۰/۰۰۰۱۱۲۶ | ۲۰ | ۱۳۰ | - |
| ۵ | ۴۶۱ | ۱۰/۴ | ۰/۰۰۰۲۰۵ | ۱۵۰ | ۴۷۰ | [۱۸۰,۲۰۰]; [۲۰,۳۳۵]; [۳۹,۴۲۰] |
| ۶ | ۶۳۰ | ۱۰/۱ | ۰/۰۰۰۳۰۱ | ۱۳۵ | ۴۷۰ | [۲۲۰,۳۲۵]; [۴۶۵,۴۳۵]; [۴۲,۴۵۵] |
| ۷ | ۵۴۸ | ۹/۸ | ۰/۰۰۰۳۶۴ | ۱۳۵ | ۴۶۵ | - |
| ۸ | ۲۲۷ | ۱۱/۲ | ۰/۰۰۰۳۲۸ | ۶۰ | ۳۰۰ | - |
| ۹ | ۱۷۳ | ۱۱/۲ | ۰/۰۰۰۰۸۰ | ۲۵ | ۱۶۲ | - |
| ۱۰ | ۱۷۵ | ۱۰/۷ | ۰/۰۰۰۱۲۰۳ | ۲۵ | ۱۶۰ | - |
| ۱۱ | ۱۸۶ | ۱۰/۲ | ۰/۰۰۳۵۸۶ | ۲۰ | ۸۰ | - |
| ۱۲ | ۲۳۰ | ۹/۹ | ۰/۰۰۵۵۱۳ | ۲۰ | ۸۰ | [۲۰,۴۰]; [۵۵,۶۵] |
| ۱۳ | ۲۲۵ | ۳/۳۱ | ۰/۰۰۰۳۷۱ | ۲۵ | ۸۵ | - |
| ۱۴ | ۳۰۹ | ۱۲/۱ | ۰/۰۰۱۹۲۹ | ۱۵ | ۵۵ | - |
| ۱۵ | ۳۲۳ | ۱۲/۴ | ۰/۰۰۴۴۴۷ | ۱۵ | ۵۵ | - |

جدول (۲) - نتایج پخش بار اقتصادی (H-PSO-SCAC) در سیستم قدرت ۱۵ ژنراتوری با توابع درجه دوم بدون حد رمپها

| Unit | P(MW) | Unit | P(MW) |
|-----------------------|-------|------------|-------|
| ۱ | ۴۵۵ | ۹ | ۵۵ |
| ۲ | ۴۵۵ | ۱۰ | ۵۵ |
| ۳ | ۴۰ | ۱۱ | ۶۰ |
| ۴ | ۴۰ | ۱۲ | ۴۰ |
| ۵ | ۴۴۵ | ۱۳ | ۷۸ |
| ۶ | ۴۲۰ | ۱۴ | ۷۵ |
| ۷ | ۴۲۵ | ۱۵ | ۷۵ |
| ۸ | ۴۸۰ | | |
| Total cost [\$/h] | | ۳۲۵۱۳/۷۸۰۶ | |
| Transmission loss(MW) | | ۲۷/۲۳۱ | |



شکل (۲) فلو چارت الگوریتم ترکیبی ازدحام ذرات مبتنی بر ضرایب شتاب سینوس و کسینوس (H-PSO-SCAC)

۴- شبیه سازی و نتایج

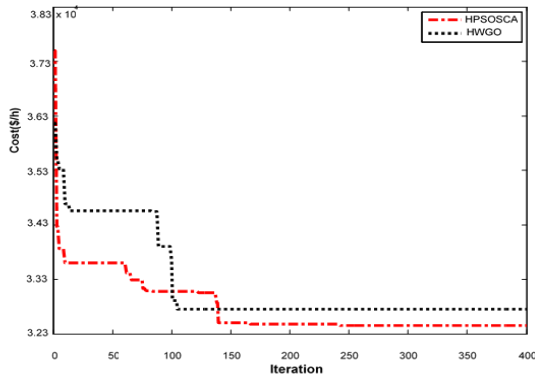
در این قسمت، بهره گیری نرم افزار MATLAB، یک برنامه کامپیوتری جهت حل مسئله پخش بار اقتصادی تهیه شده است که در آن مدل های صاف و ناصاف تابع هزینه و نیز محدودیت های تولید نیروگاهها و تلفات شبکه انتقال لحاظ شده اند. در شبیه سازی های بعمل آمده تابع هزینه به صورت ناصاف و با در نظر گرفتن تلفات و مناطق ممنوعه توان تولیدی در نظر گرفته شده است. به منظور اعتبار سنجی روش پیشنهادی را روی شبکه های ۱۵ و ۴۰ واحد در محیط متلب با کامپیوتر پنتیوم ۴ با رم ۴ انجام گرفته است.

۴-۱- پخش بار اقتصادی با تابع هزینه ناصاف و در نظر گرفتن تلفات انتقال و مناطق ممنوعه (poz) و با و بدون محدودیت رمپ روی شبکه ۱۵ ژنراتوری

سیستم مورد مطالعه دارای ۱۵ ژنراتور حرارتی با بار تقاضا شده ۲۶۳۰ مگاوات می باشد که تلفات انتقال، با محدودیت و بدون محدودیت رمپ، poz (مناطق ممنوعه) باعث می شود، این یک مسئله عملی و واقع بینانه باشد. در جدول (۱) ضرایب تابع هزینه واحدهای تولیدی

جدول (۳) - نتایج پخش بار اقتصادی (H-PSO-SCAC) در سیستم قدرت ۱۵

| ژنراتوری با توابع درجه دوم با حد رمپها | | | |
|--|-------|---------|-------|
| Unit | P(MW) | Unit | P(MW) |
| ۱ | ۴۵۵ | ۹ | ۲۵ |
| ۲ | ۴۵۵ | ۱۰ | ۲۵ |
| ۳ | ۲۰ | ۱۱ | ۲۰ |
| ۴ | ۲۰ | ۱۲ | ۸۰ |
| ۵ | ۴۷۰ | ۱۳ | ۸۵ |
| ۶ | ۴۶۰ | ۱۴ | ۱۵ |
| ۷ | ۴۶۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| ۸ | ۶۰ | | |
| Total cost [\$/h] | | ۳۲۵۳۶/۶ | |
| Transmission loss(MW) | | ۲۸/۵۴ | |

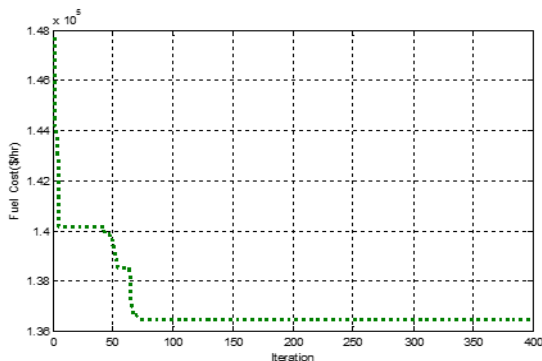


شکل (۵) - مقایسه روش پیشنهادی H-PSO-SCAC با HWGO در مینیمم سازی هزینه شبکه ۱۵ ماشینه بدون حد رمپها

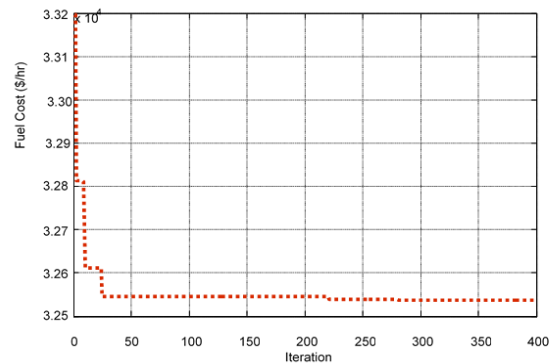
و همچنین در شکل (۱۰) و (۱۱) نتایج آماری در هر دو حالت هزینه سوخت بهینه و هزینه متوسط سوخت الگوریتم H-PSO-SCAC و دیگر الگوریتمها می باشد. که بهترین میانگین بدست آمده توسط الگوریتم مورد مطالعه از همه روشها کمتر می باشد.

۲-۴ - پخش بار اقتصادی با تابع هزینه ناصاف با و بدون در نظر گرفتن تلفات و مناطق ممنوعه (poz) و اثر شیر بخار روی شبکه ژنراتوری

سیستم مورد مطالعه دوم دارای ۴۰ ژنراتور حرارتی با بار تقاضا شده ۱۰۵۰۰ مگاوات می باشد. با اثر نقطه شیر بخار و با و بدون تلفات انتقال و مناطق ممنوعه (poz) را در این مدل در نظر گرفته ایم. در جدول ضرایب تابع هزینه واحدهای را نشان می دهد. ماتریس B برای محاسبه تلفات این سیستم همانند جدول (۵) می باشد. با اجرای برنامه کامپیوتری، نتایج پخش بار اقتصادی شامل سهم تولید هر ژنراتور و کل هزینه تولیدی در جداول (۶) و (۷) نشان می دهد. و روند همگرایی و بهینه سازی کل هزینه تولید در ۴۰ تکرار برای هر دو حالت با و بدون تلفات در شکل های (۶) و (۷) قابل مشاهده است. مقایسه نتایج آماری در شکل (۱۲) و (۱۳) با بهترین هزینه سوخت و متوسط هزینه در روش مورد اشاره H-PSO-SCAC و دیگر الگوریتمهای اخیرا گزارش شده را نشان می دهد.

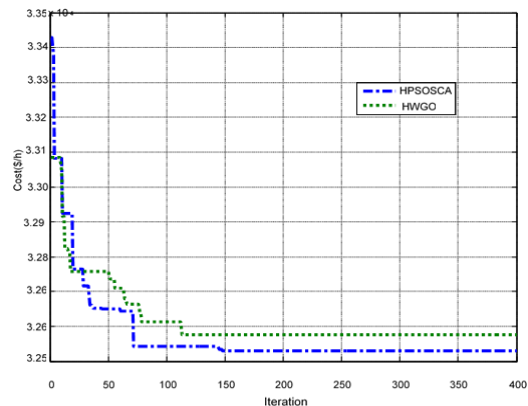


شکل (۶) - روند همگرایی کل تابع هزینه H-PSO-SCAC در سیستم قدرت با ۴۰ واحد ژنراتور با توابع درجه دوم با در نظر گرفتن تلفات



شکل (۷) - روند همگرایی کل تابع هزینه H-PSO-SCAC در سیستم قدرت با ۱۵ ژنراتوری بدون حد رمپ

شکل (۴) و (۵) همگرایی مقایسه‌ی رابرای H-PSO-SCAC و HGWO برای آزمایشها (بدون و با محدودیت رمپها) دیده می شود. H-PSO-SCAC بهتر از HGWO عمل می کند و از لحاظ نرخ همگرایی و بدست آمده مقدار نهایی پایین تر هزینه تولید در این آزمایش حد تولید حداقل و حداکثر با محدودیت تولید موثر P_j و P_j توسط جدول (۱) جایگزین می شود.



شکل (۸) - مقایسه روش پیشنهادی H-PSO-SCAC با HWGO در مینیمم سازی هزینه شبکه ۱۵ ماشینه بدون حد رمپها

شکل (۸) و (۹) - همگرایی مقایسه‌ی رابرای H-PSO-SCAC و HGWO برای آزمایش‌ها (بدون و با تلفات انتقال) دیده می‌شود. H-PSO-SCAC بهتر از HGWO عمل می‌کند و از لحاظ نرخ همگرایی و بدست آمده مقدار نهایی پایین‌تر هزینه تولید دارد.

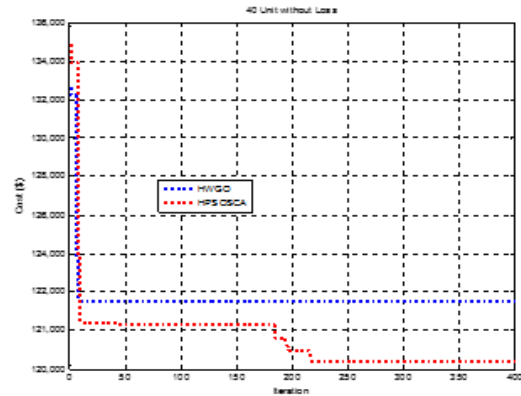
شکل (۴) و (۵) همگرایی مقایسه‌ی رابرای H-PSO-SCAC و HGWO برای آزمایش‌ها (بدون و با محدودیت رمپ‌ها) دیده می‌شود. H-PSO-SCAC بهتر از HGWO عمل می‌کند و از لحاظ نرخ همگرایی و بدست آمده مقدار نهایی پایین‌تر هزینه تولید در این آزمایش حد تولید حداقل و حداکثر با محدودیت تولید موثر P_j و P_{jz} توسط جدول (۱) جایگزین می‌شود.

جدول (۶) - نتایج پخش بار اقتصادی (H-pso-scac) در سیستم قدرت ۴۰ ژنراتوری با توابع درجه دوم با در نظر گرفتن تلفات

| Unit | P(MW) | Pmin | poz | Pmax | Generation |
|------|-------|------|--|------|------------|
| ۱ | ۱۱۴ | ۳۶ | | ۱۱۴ | ۱۰۹/۲۳۱ |
| ۲ | ۱۱۴ | ۳۶ | | ۱۱۴ | ۱۰۹/۱۲۵ |
| ۳ | ۱۲۰ | ۶۰ | | ۱۲۰ | ۹۶/۵۲۶ |
| ۴ | ۱۹۰ | ۸۰ | | ۱۹۰ | ۱۷۷/۲۵۴ |
| ۵ | ۹۷ | ۴۷ | | ۹۷ | ۸۴/۷۲۵ |
| ۶ | ۱۴۰ | ۶۸ | | ۱۴۰ | ۱۴۰/۱۲۳ |
| ۷ | ۳۰۰ | ۱۱۰ | | ۳۰۰ | ۲۵۸/۹۳۶ |
| ۸ | ۳۰۰ | ۱۳۵ | | ۳۰۰ | ۲۸۱/۳۳۱ |
| ۹ | ۳۰۰ | ۱۳۵ | | ۳۰۰ | ۲۸۲/۶۵۴ |
| ۱۰ | ۳۰۰ | ۱۳۰ | $[130, 150] ; [200, 230] ; [270, 290]$ | ۳۰۰ | ۱۳۰/۱۲۳ |
| ۱۱ | ۳۷۵ | ۹۴ | $[100, 120] ; [220, 240] ; [300, 350]$ | ۳۷۵ | ۹۴/۱۰۳ |
| ۱۲ | ۹۴ | ۹۴ | $[100, 120] ; [220, 240] ; [300, 350]$ | ۳۷۵ | ۹۳/۱۲۵ |
| ۱۳ | ۱۲۵ | ۱۲۵ | $[150, 200] ; [250, 300] ; [400, 450]$ | ۵۰۰ | ۲۱۴/۸۷۲ |
| ۱۴ | ۵۰۰ | ۱۲۵ | $[200, 250] ; [300, 350] ; [400, 490]$ | ۵۰۰ | ۳۹۲/۲۴۵ |
| ۱۵ | ۵۰۰ | ۱۲۵ | | ۵۰۰ | ۳۹۳/۵۴۶ |
| ۱۶ | ۵۰۰ | ۱۲۵ | | ۵۰۰ | ۳۹۳/۸۹۶ |
| ۱۷ | ۵۰۰ | ۲۲۰ | | ۵۰۰ | ۴۸۹/۱۲۵ |
| ۱۸ | ۵۰۰ | ۲۲۰ | | ۵۰۰ | ۴۸۸/۹۵۴ |
| ۱۹ | ۵۵۰ | ۲۴۲ | | ۵۵۰ | ۵۱۰/۵۴۲ |
| ۲۰ | ۵۵۰ | ۲۴۲ | | ۵۵۰ | ۵۱۰/۲۴۰ |
| ۲۱ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | | ۵۵۰ | ۵۲۲/۹۷۱ |
| ۲۲ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | | ۵۵۰ | ۵۲۰/۹۸۷ |
| ۲۳ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | | ۵۵۰ | ۵۱۹/۲۵۱ |
| ۲۴ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | | ۵۵۰ | ۵۱۷/۵۶۸ |
| ۲۵ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | | ۵۵۰ | ۵۱۹/۲۰۱ |
| ۲۶ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | | ۵۵۰ | ۵۲۱/۵۲۱ |
| ۲۷ | ۱۰ | ۱۰ | | ۱۵۰ | ۱۰/۲۱ |
| ۲۸ | ۱۰ | ۱۰ | | ۱۵۰ | ۹/۹۸۲ |
| ۲۹ | ۱۰ | ۱۰ | | ۱۵۰ | ۹/۹۹۱ |
| ۳۰ | ۹۷ | ۴۷ | | ۹۷ | ۸۷/۱۰۱ |
| ۳۱ | ۱۹۰ | ۶۰ | | ۱۹۰ | ۱۸۹/۲۱۴ |
| ۳۲ | ۱۹۰ | ۶۰ | | ۱۹۰ | ۱۹۰/۰۰۰ |
| ۳۳ | ۱۹۰ | ۶۰ | | ۱۹۰ | ۱۶۴/۰۰۱ |
| ۳۴ | ۲۰۰ | ۹۰ | | ۲۰۰ | ۱۹۴/۳۹۵ |
| ۳۵ | ۲۰۰ | ۹۰ | | ۲۰۰ | ۱۹۹/۲۰۱ |
| ۳۶ | ۲۰۰ | ۹۰ | | ۲۰۰ | ۱۰۹/۹۹۸ |
| ۳۷ | ۸۶/۷۰ | ۲۵ | | ۱۱۰ | ۱۰۹/۵۴۰ |
| ۳۸ | ۱۱۰ | ۲۵ | | ۱۱۰ | ۱۱۰/۰۱۱ |
| ۳۹ | ۱۱۰ | ۲۵ | | ۱۱۰ | ۱۰۹/۱۱۰ |
| ۴۰ | ۵۵۰ | ۲۴۲ | | ۵۵۰ | ۵۱۰/۲۱۳ |

جدول (۴) پارامترهای الگوریتم H-PSO-SCAC

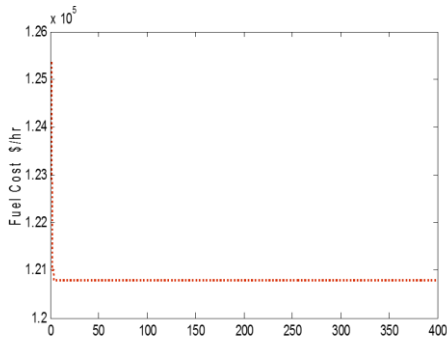
| c | Nvar | NPop | ρ | δ | Max it |
|---|------|------|--------|----------|--------|
| ۲ | ۱۳ | ۵۰ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۳۰۰ |



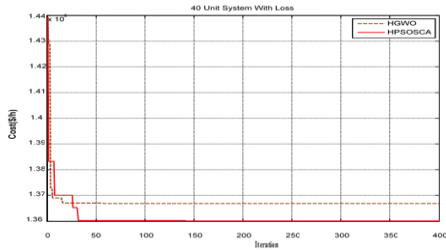
شکل (۷) - روند همگرایی کل تابع هزینه H-pso-scac در سیستم قدرت ۴۰ واحد ژنراتور با توابع درجه دوم و بدون در نظر گرفتن تلفات

جدول (۵) ضرایب تابع هزینه درجه دوم واحدهای تولیدی در سیستم قدرت ۴۰ ژنراتور با تلفات و بدون تلفات [۴]

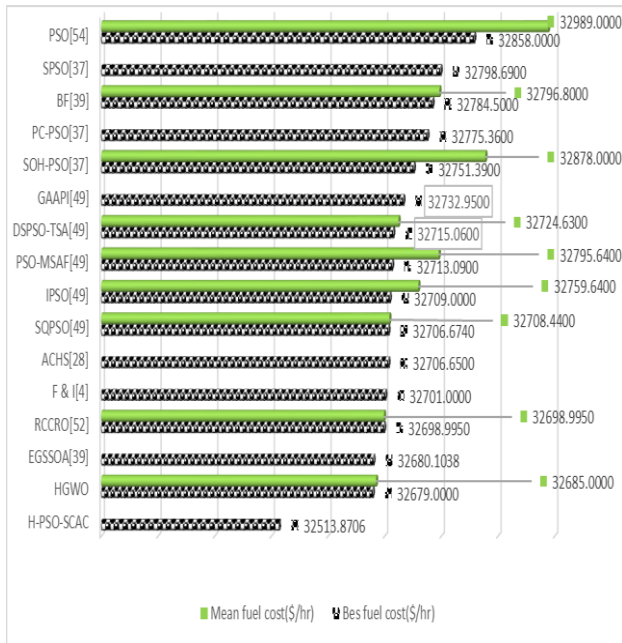
| Unit | a_i | b_i | c_i | Unit | a_i | b_i | c_i |
|------|--------|-------|----------|------|--------|-------|---------|
| ۱ | ۹۴/۷۰۵ | ۷۳/۶ | ۰/۰۰۶۹ | ۲۱ | ۷۸۵/۹۶ | ۶/۶۲ | ۰/۰۰۲۹۸ |
| ۲ | ۹۴/۷۰۵ | ۷۳/۶ | ۰/۰۰۶۹ | ۲۲ | ۷۸۶/۹۶ | ۶/۶۳ | ۰/۰۰۲۹۸ |
| ۳ | ۵۴/۳۰۹ | ۷/۰۷ | ۰/۰۰۲۰۲۸ | ۲۳ | ۷۹۴/۵۲ | ۶/۶۶ | ۰/۰۰۲۸۴ |
| ۴ | ۳۰/۳۶۷ | ۵۴/۱۸ | ۰/۰۰۹۴۲ | ۲۴ | ۷۹۴/۵۲ | ۶/۶۶ | ۰/۰۰۲۸۴ |
| ۵ | ۸۹/۱۴۸ | ۵/۳۵ | ۰/۰۰۱۱۴ | ۲۵ | ۸۰۱/۲۲ | ۷/۰۱ | ۰/۰۰۲۷۷ |
| ۶ | ۳۳/۲۲۲ | ۸/۰۵ | ۰/۰۰۱۱۴۲ | ۲۶ | ۸۰۱/۲۲ | ۷/۰۱ | ۰/۰۰۲۷۷ |
| ۷ | ۷۱/۲۸۷ | ۸/۰۳ | ۰/۰۰۳۵۷ | ۲۷ | ۱۰۵۵/۱ | ۳/۳۳ | ۰/۵۲۱۲۴ |
| ۸ | ۹۸/۳۹۱ | ۶/۹۹ | ۰/۰۰۴۹۲ | ۲۸ | ۱۰۵۵/۱ | ۳/۳۳ | ۰/۵۲۱۲۴ |
| ۹ | ۷۶/۴۵۵ | ۶/۰۶ | ۰/۰۰۵۷۳ | ۲۹ | ۱۰۵۵/۱ | ۳/۳۳ | ۰/۵۲۱۲۴ |
| ۱۰ | ۸۲/۷۲۲ | ۱۲/۹ | ۰/۰۰۶۰۵ | ۳۰ | ۱۴۸/۸۹ | ۵/۳۵ | ۰/۰۰۱۱۴ |
| ۱۱ | ۶۳۵/۲ | ۱۲/۹ | ۰/۰۰۵۱۵ | ۳۱ | ۲۲۴/۹۲ | ۳/۶ | ۰/۰۰۱۶ |
| ۱۲ | ۶۵۴/۶۹ | ۱۲/۸ | ۰/۰۰۵۶۹ | ۳۲ | ۲۲۴/۹۲ | ۳/۶ | ۰/۰۰۱۶ |
| ۱۳ | ۹۱۳/۴ | ۱۲/۵ | ۰/۰۰۴۲۱ | ۳۳ | ۲۲۴/۹۲ | ۳/۶ | ۰/۰۰۱۶ |
| ۱۴ | ۱۷۶۰/۴ | ۸/۸۴ | ۰/۰۰۷۵۲ | ۳۴ | ۱۰۸/۸۷ | ۸/۹۵ | ۰/۰۰۰۱ |
| ۱۵ | ۱۷۲۸/۳ | ۹/۱۵ | ۰/۰۰۷۰۸ | ۳۵ | ۱۱۶/۵۸ | ۸/۶۲ | ۰/۰۰۰۱ |
| ۱۶ | ۱۷۲۸/۳ | ۹/۱۵ | ۰/۰۰۷۰۸ | ۳۶ | ۱۱۶/۵۸ | ۸/۶۲ | ۰/۰۰۰۱ |
| ۱۷ | ۶۴۷/۸۵ | ۷/۹۷ | ۰/۰۰۳۱۳ | ۳۷ | ۳۰/۴۵ | ۵/۸۸ | ۰/۰۰۱۶۱ |
| ۱۸ | ۶۴۹/۶۹ | ۷/۹۵ | ۰/۰۰۳۱۳ | ۳۸ | ۳۰/۴۵ | ۵/۸۸ | ۰/۰۰۱۶۱ |
| ۱۹ | ۶۴۷/۸۳ | ۷/۹۷ | ۰/۰۰۳۱۳ | ۳۹ | ۳۰/۴۵ | ۵/۸۸ | ۰/۰۰۱۶۱ |
| ۲۰ | ۶۴۷/۸۱ | ۷/۹۷ | ۰/۰۰۳۱۳ | ۴۰ | ۶۴۷/۸۳ | ۷/۹۷ | ۰/۰۰۳۱۳ |



شکل (۸) - مقایسه روش H-PSO-SCAC با HWGO در مینیمم سازی هزینه شبکه ۴۰ ژنراتوری بدون تلفات



شکل (۹) - مقایسه روش H-PSO-SCAC با HWGO در مینیمم سازی هزینه شبکه ۴۰ ژنراتوری با در نظر گرفتن تلفات



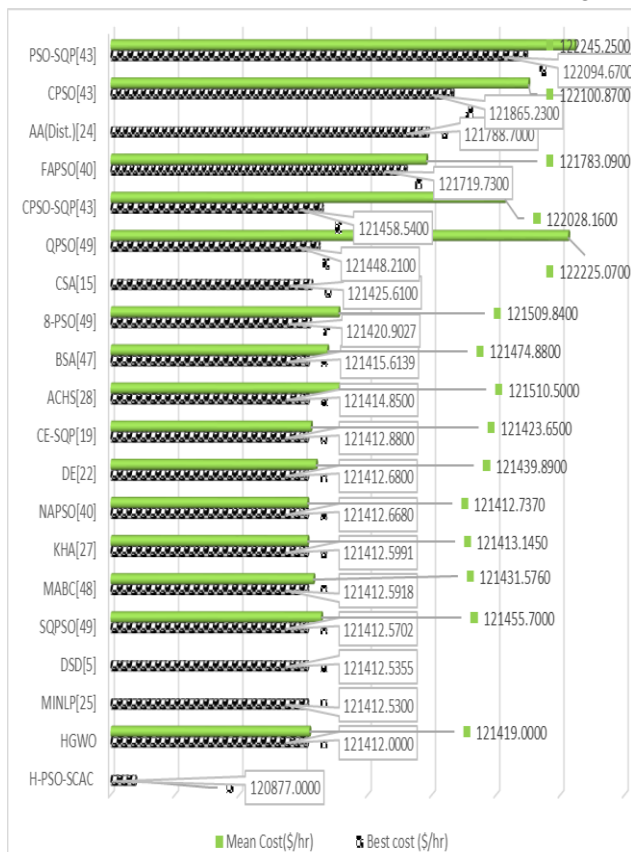
شکل (۱۰) نتایج مقایسه بهترین هزینه سوخت H-PSO-SCAC با الگوریتم‌های مختلف در ۱۵ ماشین بدون حد رمپ‌ها

جدول (۷) - نتایج پخش بار اقتصادی (H-pso-scac) در سیستم قدرت ۴۰

ژنراتوری با توابع درجه دوم با در نظر گرفتن تلفات

| Unit | P(MW) | Unit | P(MW) | Pmin | Pmax |
|--------------------|--------|------|-------|------|------|
| ۱ | ۱۱۴ | ۴۱ | ۸۹ | ۳۶ | ۱۱۴ |
| ۲ | ۱۱۴ | ۴۲ | ۸۹ | ۳۶ | ۱۱۴ |
| ۳ | ۱۲۰ | ۴۳ | ۱۱۰ | ۶۰ | ۱۲۰ |
| ۴ | ۱۹۰ | ۴۴ | ۱۸۰ | ۸۰ | ۱۹۰ |
| ۵ | ۹۷ | ۴۵ | ۹۷ | ۴۷ | ۹۷ |
| ۶ | ۱۴۰ | ۴۶ | ۱۴۰ | ۶۸ | ۱۴۰ |
| ۷ | ۳۰۰ | ۴۷ | ۳۰۰ | ۱۱۰ | ۳۰۰ |
| ۸ | ۳۰۰ | ۴۸ | ۳۰۰ | ۱۲۵ | ۳۰۰ |
| ۹ | ۳۰۰ | ۴۹ | ۳۰۰ | ۱۲۵ | ۳۰۰ |
| ۱۰ | ۳۰۰ | ۵۰ | ۳۰۰ | ۱۲۰ | ۳۰۰ |
| ۱۱ | ۳۷۵ | ۵۱ | ۳۷۵ | ۹۴ | ۳۷۵ |
| ۱۲ | ۹۴ | ۵۲ | ۱۹۴ | ۹۴ | ۳۷۵ |
| ۱۳ | ۱۲۵ | ۵۳ | ۳۲۵ | ۱۲۵ | ۵۰۰ |
| ۱۴ | ۵۰۰ | ۵۴ | ۵۰۰ | ۱۲۵ | ۵۰۰ |
| ۱۵ | ۵۰۰ | ۵۵ | ۵۰۰ | ۱۲۵ | ۵۰۰ |
| ۱۶ | ۵۰۰ | ۵۶ | ۵۰۰ | ۱۲۵ | ۵۰۰ |
| ۱۷ | ۵۰۰ | ۵۷ | ۵۰۰ | ۲۲۰ | ۵۰۰ |
| ۱۸ | ۵۰۰ | ۵۸ | ۵۰۰ | ۲۲۰ | ۵۰۰ |
| ۱۹ | ۵۵۰ | ۵۹ | ۵۵۰ | ۲۴۲ | ۵۵۰ |
| ۲۰ | ۵۵۰ | ۶۰ | ۵۵۰ | ۲۴۲ | ۵۵۰ |
| ۲۱ | ۵۵۰ | ۶۱ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | ۵۵۰ |
| ۲۲ | ۵۵۰ | ۶۲ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | ۵۵۰ |
| ۲۳ | ۵۵۰ | ۶۳ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | ۵۵۰ |
| ۲۴ | ۵۵۰ | ۶۴ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | ۵۵۰ |
| ۲۵ | ۵۵۰ | ۶۵ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | ۵۵۰ |
| ۲۶ | ۵۵۰ | ۶۶ | ۵۵۰ | ۲۵۴ | ۵۵۰ |
| ۲۷ | ۱۰ | ۶۷ | ۱۰۰ | ۱۰ | ۱۵۰ |
| ۲۸ | ۱۰ | ۶۸ | ۱۰۰ | ۱۰ | ۱۵۰ |
| ۲۹ | ۱۰ | ۶۹ | ۱۰۰ | ۱۰ | ۱۵۰ |
| ۳۰ | ۹۷ | ۷۰ | ۹۷ | ۴۷ | ۹۷ |
| ۳۱ | ۱۹۰ | ۷۱ | ۱۰۰ | ۶۰ | ۱۹۰ |
| ۳۲ | ۱۹۰ | ۷۲ | ۱۰۰ | ۶۰ | ۱۹۰ |
| ۳۳ | ۱۹۰ | ۷۳ | ۱۰۰ | ۶۰ | ۱۹۰ |
| ۳۴ | ۲۰۰ | ۷۴ | ۲۰۰ | ۹۰ | ۲۰۰ |
| ۳۵ | ۲۰۰ | ۷۵ | ۲۰۰ | ۹۰ | ۲۰۰ |
| ۳۶ | ۲۰۰ | ۷۶ | ۲۰۰ | ۹۰ | ۲۰۰ |
| ۳۷ | ۸۶/۷۰ | ۷۷ | ۷۶/۵۶ | ۲۵ | ۱۱۰ |
| ۳۸ | ۱۱۰ | ۷۸ | ۱۱۰ | ۲۵ | ۱۱۰ |
| ۳۹ | ۱۱۰ | ۷۹ | ۱۱۰ | ۲۵ | ۱۱۰ |
| ۴۰ | ۵۵۰ | ۸۰ | ۵۵۰ | ۲۴۲ | ۵۵۰ |
| Total Cost (\$/hr) | ۲۴۲۷۹۵ | | | | |

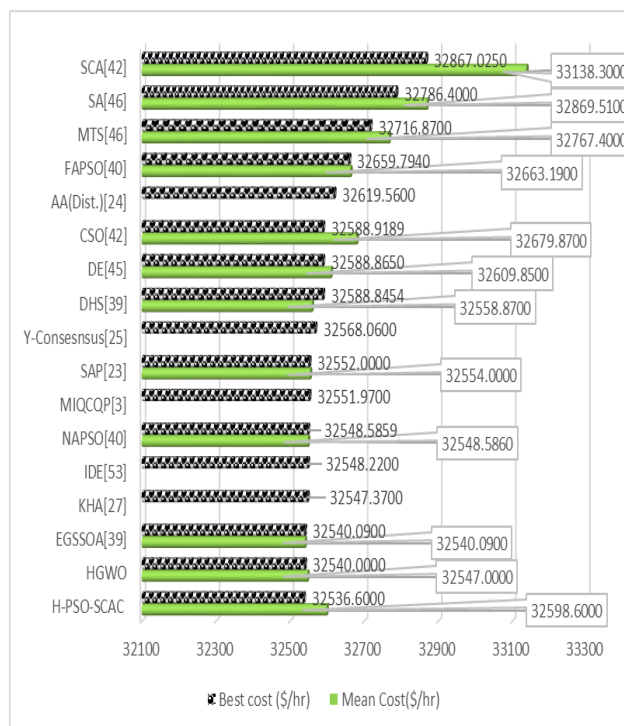
می‌کند که پخش بار اقتصادی نام دارد بخش دیگر، در مورد حداقل نمودن تلفات توان تحویلی به مصرف کننده‌ها بحث می‌کند. برای هر شرایط بار پیش بینی شده، پخش بار اقتصادی توان خروجی هر نیروگاه و نیز هر واحد مولد در داخل یک نیروگاه را تعیین می‌کند؛ بطوریکه که هزینه کلی سوخت مورد نیاز برای تامین بار سیستم را حداقل نماید.



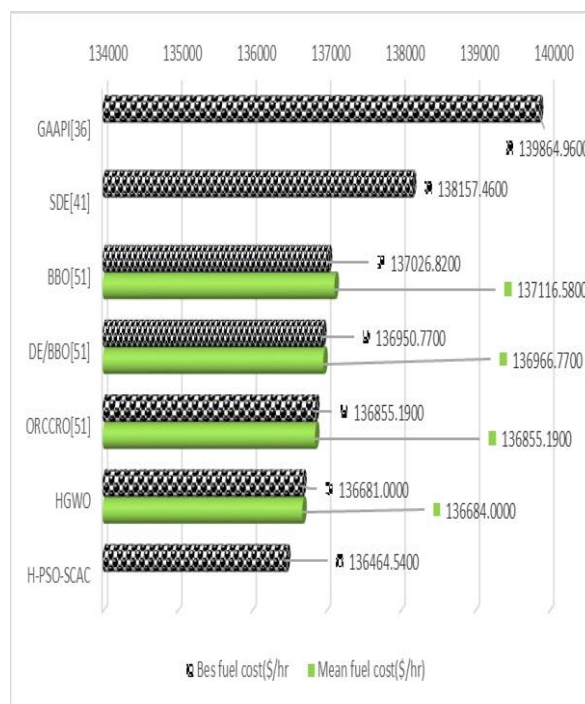
شکل (۱۱) - نتایج مقایسه بهترین هزینه سوخت H-PSO-SCAC با الگوریتم‌های مختلف در ۴۰ ژنراتوری بدون تلفات

در اینجا فرض بر آن است که ظرفیت تولید قدرت شبکه، بیشتر از قدرت مورد تقاضای بارها می‌باشد و لذا امکان انتخاب قدرت تولیدی هر ژنراتور وجود دارد هر الگوریتم بهینه‌یابی، کارایی برای یافتن بیشینه عمومی باید دو تکنیک را به کار برد:

- جستجو برای ارزیابی نواحی جدید و ناشناخته در فضای جستجو.
- نتیجه‌گیری و بهره‌برداری از نکاتی که از نقاط قبلی جستجو برای کمک به یافتن نقاط جدید بهتر به دست آمده است. این دو شرط لازمه، متناقض یکدیگر هستند و یک الگوریتم جستجوی خوب باید یک حد خوب بین این دو را پیدا کند. در این تحقیق الگوریتم جدیدی با عنوان الگوریتم ترکیبی توده ذرات با ضرایب شتاب سینوس و کسینوس برای حل مسئله پخش بار اقتصادی روی سیستم‌های کوچک و متوسط و بزرگ با توابع درجه دوم ناصاف و در نظر گرفتن تلفات انتقال قیود تعادل توان و قیود امنیتی ارائه شد. از نتایج شبیه سازی نتیجه می‌گیریم که نتایج الگوریتم پیشنهادی تقریباً از تمام



شکل (۱۲) نتایج مقایسه بهترین هزینه سوخت H-PSO-SCAC با الگوریتم‌های مختلف در ۱۵ ماشین با حد رمپ‌ها



شکل (۱۳) نتایج مقایسه بهترین هزینه سوخت H-PSO-SCAC با الگوریتم‌های مختلف در ۴۰ ژنراتوری با تلفات

۵- نتیجه گیری

اقتصاد بهره برداری شامل تولید، انتقال و توزیع توان به دو بخش تقسیم می‌شود. یک بخش، در مورد حداقل نمودن هزینه تولید بحث

[6]-I. Marouani, T. Guesmi, H. Hadi Abdallah and A. Ouali, " *Application of NSGA-II Approach to Optimal Location of UPFC Devices in Electrical Power Systems*". 2005, 56:76-85

[7]- Zakian P, Kaveh A, " *Economic dispatch of power systems using an adaptive charged system search algorithm*" , Applied Soft Computing Journal , (2018) , 73 , 607-622

رزومه



مسعود هاتنی کیا در دزفول متولد شده است (۱۳۵۷). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق - قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر اصفهان (۱۳۸۴)، کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول (۱۳۹۸) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه ENERGY، تلفات توان، و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است و در حال حاضر بعنوان رئیس اداره برق شهر سردشت دزفول در شرکت توزیع برق خوزستان مشغول می‌باشد.

روش‌ها بهتر است که این برتری در تمام سیستم‌های متوسط و بزرگ دیده می‌شود.

مراجع

[1]-A. I. S. kumar, k. dhanvshkodi, j kumar and c. k. c. paul " *particle swarm optimization solution to emission and economic dispatch problem*" inproc. Conf. on convergent technologies for Asia- pacific region, Oct. 2003, vol. 1, PP.14: 435-439.

[2]-D. C. Secui, *A new modified artificial bee colony algorithm for the economic dispatch problem*, Energy Convers. Manage. 2015, 89:43-62.

[3]-V. Hosseinezhad, M. Rafiee, M. Ahmadian, M. T. Ameli, *Species-based quantum particle swarm optimization for economic load dispatch*, Int. J. Electr. Power Energy Syst. 2014, 63:311-322.

[4]-T Jayabarathi, T Raghunatha Adarsh B.R, Nagaratnam Suganthan Ponnuthurai " *Economic dispatch using hybrid grey wolf optimizer*" , Energy, 2016, 111:641-630

[5]- Ke Chen, Fengyu Zhou, Lei Yin, Shuqian Wang, Yugang Wang, Fang Wan, " *A Hybrid Particle Swarm Optimizer with Sine Cosine Acceleration Coefficients*" , Information Sciences. 2017, 13119:1-33.

زیر نویس‌ها

¹Eberhart

²Kennedy

³practical swarm optimization

⁴Economic dispatch

Economic Dispatch of Power Systems using Hybrid Particle Swarm Algorithm based on Sin-Cos Acceleration Coefficient

Masoud Hatefi Kia¹

1- Senior Electrical Engineer, Khuzestan Power Distribution Company, Ahwaz, Iran,
masoudhatefikey@yahoo.com

Abstract: Distribution economic burden in power system is one of the important and essential issues in power plant production planning. This thesis presents the economic burden for generating power plants with smooth and uneven functions and considering the constraints of the power plant (steam valve, forbidden areas, with and without transmission losses) in a multi-generator power system. The goal is to achieve the best production cost and minimize losses. For this purpose, a hybrid particle swarm algorithm based on sine and cosine acceleration coefficients is used to solve the problem. A comprehensive analysis of how to distribute the economic burden to optimize production costs and minimize losses is provided. The proposed method is implemented on a power system of 15 and 40 IEEE standard generators. The constructs illustrate the accuracy and efficiency of the proposed method.

Keywords: Economical distribution, flat and non-equilibrium cost functions, restricted areas and vapor pressure effect program, Generation penalty coefficients, H-PSO-SCAC Algorithm