پخش بار اقتصادی نیروگاه‌های حرارتی با در نظر گرفتن اثر شیر بخار با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات هم تکاملی برداری

الهه مرادی[۱]، افشین لشکرآرا محمره [۲*]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد برق، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران، moradielahe1993@yahoo.com
*۲- دانشیار، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران، lashkarara@ieee.org

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۱

چکیده: توزیع اقتصادی نیروگاه‌های حرارتی به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی که شامل محدودیت‌ها و قیود مختلف می‌باشد، نقش مهمی را در بهره برداری اقتصادی از سیستم‌های قدرت ایفا می کند. یکی از قیدهای مهم در این مسائل در نظر گرفتن اثر شیر بخار می‌باشد که در این مقاله، این قید مهم در مسئله پخش بار اقتصادی نیروگاههای حرارتی لحاظ شده و اثر آن ارزیابی می‌گردد. برای حل مساله مذکور در این مقاله از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات هم تکاملی برداری[۱] (VCPSO) که کاملا متفاوت از الگوریتم ازدحام ذرات متداول و سایر گونه‌های آن است، استفاده شده است. امکان‌پذیری و استفاده از روش (VCPSO) در حل مساله توزیع اقتصادی بار، برای سیستم‌های آزمایشی ۳، ۶، ۱۳ و ۱۵ واحده در محیط نرم‌افزاری MATLAB شبیه‌سازی شده است. نتایج شبیه سازی به دست آمده از الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهند که الگوریتم ازدحام ذرات هم تکاملی برداری در مسئله مذکور می‌تواند نتایجی همسان و یا حتی بهتر از الگوریتم‌های معروفی چون الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع ذرات ایجاد نماید.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ازدحام ذرات هم تکاملی برداری، توزیع اقتصادی، نیروگاه‌های حرارتی

۱- مقدمه

در صنعت برق طراحی و بهره‌برداری بهینه و مؤثر اقتصادی همواره مورد توجه قرار گرفته است. در دهه‌های اخیر یکی از مهم‌ترین منابع تولید برق مربوط به واحدهای حرارتی بوده است. منابع اصلی تأمین سوخت این نیروگاه‌ها استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. اما به دلیل فناپذیری و همچنین میزان آلایندگی و هزینه بالای استفاده از آن‌ها، محققان به دنبال کشف راه‌حل‌هایی جهت بهینه کردن استفاده از این سوخت‌های فسیلی برآمدند [۱]. توزیع اقتصادی یکی از مسائل مهم برنامه‌ریزی در بهره برداری مهندسی برق می‌باشد. ED[۲] به برنامه‌ریزی مقدار تولید واحدهای حرارتی کمک می‌کند، تا با رعایت قیود سیستم، علاوه بر اینکه تقاضای بار مصرفی را برآورده کند، هزینه‌ی عملیات را نیز به حداقل برساند.

پخش بار اقتصادی و یافتن بهترین توازن تولید بین واحدهای فعال یکی از مهمترین مباحث در سیستم‌های امروزی می‌باشد [۲]. امروزه این موضوع که با کمترین هزینه بتوان کل تقاضای بار را تأمین نمود در حالی که بیشترین سود ممکن را به شرکت توزیع برساند از مهمترین مباحث می‌باشد [۴-۳]. در سال‌های اخیر، محققان زیادی از تکنیک‌های بهینه‌سازی و متعارف ریاضی برای حل مسئله‌ی ED در سیستم‌های قدرت استفاده کرده‌اند. که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه (ACO)[۳] [۵]، الگوریتم بهینه‌سازی هوش ازدحامی (PSO)[۴] [۶]، الگوریتم ژنتیک (GA)[۵] [۷]، و پختن شبیه‌سازی شده (SA)[۶] [۸]، الگوریتم دیفرانسیل تکاملی (DE)[۷] [۹]، و الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)[۸] [۱۰] نام برد. همچنین از جمله مقالاتی که در زمینه‌ی پخش بار اقتصادی فعالیت داشته‌اند می‌توان به مقاله‌ی حل مساله پخش‌بار اقتصادی– آلودگی دینامیکی با مشارکت مزارع بادی با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ازدحام ذرات هم تکاملی اصلاح شده (MCPSO)[۹] [۱۱]، مقاله پخش‌بار اقتصادی نیروگاه‌های حرارتی با الگوریتم جستجوی کلونی ویروس و در نظر گرفتن اثر شیر بخار [۱۲]، مقاله کاربرد الگوریتم کاوش باکتری دینامیکی برای پخش‌بار اقتصادی با در نظر گرفتن تاثیر نقطه شیر و توان بادی [۱۳]، اشاره کرد. هدف اصلی این مقاله این است که از الگوریتم VCPSO برای حل مسأله ED

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019

در سیستم‌های قدرت استفاده نماید [۱۴]. بنابراین، الگوریتم VCPSO برای حل مسأله ED برای سیستم‌های آزمایشی ۳، ۶، ۱۳ و ۱۵ واحده پیشنهاد و اجرا خواهد شد [۱۵]، و همچنین اثر شیر بخار، مناطق عملیاتی ممنوع، قیدهای محدودیت نرخ افزایشی در نظر گرفته می‌شوند [۱۶].

برای حل مسأله توزیع اقتصادی در بین نیروگاه‌های حرارتی روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از جدیدترین این الگوریتم‌ها، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات هم‌تکاملی می‌باشد که در این مقاله از الگوریتم مذکور استفاده شده است. در این مقاله، حل مسأله ED با استفاده از الگوریتم VCPSO و نرم‌افزار کاربردی MATLAB بررسی می‌شود و کارآیی روش پیشنهادی با پیاده‌سازی آن بر روی یک سیستم استاندارد ۳ و ۶ و ۱۳ و ۱۵ واحده، به عنوان مطالعات موردی با استفاده از توابع هزینه سوخت افزایشی، مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. نوآوری این مقاله، حل و پیاده‌سازی مسأله پخش بار اقتصادی با در نظر گرفتن اثر شیر بخار، تلفات انتقال، قیود رمپ ریت در نیروگاه‌های حرارتی و استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات هم تکاملی برداری می‌باشد که برای اولین بار در این تحقیق ارایه شده است.

همانطور که در مطالب قبلی پخش بار اقتصادی و روش‌هایی که قبلا برای حل این مساله انجام شده است، معرفی شد، در ادامه‌ی این مقاله فرمول‌بندی مساله پخش‌بار اقتصاد ارایه می‌گردد. سپس در بخش سوم نحوه‌ی حل مساله‌ی پخش‌بار اقتصادی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات هم تکاملی برداری بیان می‌شود. در بخش چهارم نتایج شبیه‌سازی ذکر می‌گردد که برای مقایسه از سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی استفاده شده و در پایان نتایج حاصل از مقاله ارایه شده است.

۲- فرمول‌بندی

۲-۱- توابع هدف

هدف مسئله ED برنامه‌ریزی برای خروجی‌های واحدهای تولید به منظور پاسخگویی به تقاضای بار مصرفی با حداقل هزینه‌های عملیاتی، در حالی که قیود سیستم برآورده می‌شوند، می‌باشد. مسئله‌ی ED، یک مسئله‌ی بهینه‌سازی برای تعیین برنامه زمان‌بندی توان خروجی واقعی واحدهای تولید با در نظر گرفتن تعادل توان واقعی با بار مصرفی و همچنین محدودیت‌های خروجی‌های ژنراتورها می‌باشد. تابع هدف مسئله به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود.

$$\min F = \sum_{i=1}^{N} F_i(P_i) = \sum_{i=1}^{N} (a_i \times P_i^2 \times b_i \times P_i + c_i + \left| e_i \times \sin\left(f_i \times \left(p_i^{min} - p_i\right)\right)\right| \quad (۱)$$

که در آن F_i تابع هزینه ژنراتور iام است و واحد آن ($/h) می‌باشد. a_i، b_i و c_i ضرایب سوخت ژنراتور iام و P_i توان تولیدی حرارتی ژنراتور i هستند و e_i و f_i ضرائب مربوط به اثر شیر بخار iامین ژنراتور می‌باشند.

۲-۲- قیود مسأله

جهت افزایش دقت در حل مسأله پخش بار اقتصادی باید قیود مسأله را لحاظ نمود.

۲-۲-۱- توازن تولید و مصرف در سیستم (قید مساوی)

مجموع توان تولید شده توسط کلیه واحدهای در مدار باید با مجموع مصرف سیستم برابر باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\sum_{i=1}^{N} P_i - P_D - P_{loss} = 0 \quad (۲)$$

که P_D تقاضای بار سیستم و P_{loss} تلفات شبکه انتقال است و به ساختار فیزیکی شبکه و مقدار تولید بستگی دارد و از محاسبات پخش بار نیوتن رافسون یا ضرایب تلفات β با رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P_{loss} \sum_{i=0}^{N} \sum_{i=0}^{N} P_i \cdot \beta_{ij} + P_j + \sum_{i=0}^{N} \beta_{oi} \cdot P_i + \beta_{00} = 0 \quad (۳)$$

که β_{ij} ، β_{oj}، β_{00} المان‌های ضرایب تلفات هستند.

۲-۲-۲- حدود تولید (قید نامساوی)

قدرت خروجی هر ژنراتور نباید بیشتر از مقدار نامی آن باشد و همچنین نباید کمتر از مقداری باشد که برای بهره‌برداری پایدار دیگ بخار ضروری است. بنابراین، تولید چنان محدود می‌شود که در بین دو محدوده حداقل و حداکثر از پیش تعیین شده قرار گیرد. هر واحد تولیدی در مدار دارای حدود تولید با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$P_i^{min} \le P_i \le P_i^{max} \quad \forall_i = 1.2.3. \ldots . N \quad (۴)$$

۲-۲-۳- نرخ‌های افزایشی و کاهشی

به دلایل فنی نیروگاه‌های حرارتی نمی‌توانند به صورت آنی توان خود را افزایش یا کاهش دهند و این افزایش یا کاهش قاعده‌ی خاصی دارد. این محدودیت‌ها با قیود زیر بیان می‌شود:

$$P_{i.t} - P_{i.(t-1)} \le UR_i \quad i = 1.2. \ldots . N \quad (۵)$$

$$P_{i.(t-1)} - P_{i.t} \le DR_i \quad i = 1.2. \ldots . N \quad (۶)$$

DR_i نرخ کاهشی نیروگاه و UR_i نرخی افزایشی نیروگاه می‌باشند و با واحد MW/h بیان می‌شوند. به منظور اعمال محدودیت‌های فوق لازم است تا وضعیت تولید اولیه هر نیروگاه معلوم باشد.

۲-۲-۴- قید مناطق عملیاتی ممنوع

نیروگاه‌ها به دلایل فنی نمی‌توانند در برخی از نواحی مابین حداقل و حداکثر تولید خودشان، توان تولید کنند. این نواحی به عنوان زون‌های ممنوع نامیده می‌شوند و به صورت $[P_{i.j}^{U}. P_{i.j}^{L}]$ مشخص می‌شوند. بدین ترتیب نواحی کار ممکن واحد تولید iام به شکل زیر مشخص می‌شود:

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019

$$P_i^{min} \le P_i \le P_{i.1}^L \; or \; P_{i.(j-1)}^U \le P_i \le P_{i.j}^L \quad j = 2.3. \ldots . n_i \quad P_{i.n_i}^U \le P_i \le P_i^{max} \qquad (۷)$$

که n_i تعداد نواحی ممنوع واحد iام، j شاخص نواحی ممنوع برای یک واحد و $P_{i.(j-1)}^{U/L}$ بالاترین/ پایین‌ترین کران‌های نواحی ممنوع واحد i هستند. در عملیات کاربردی، خروجی تولید شده P_i واحد i، باید از عملیات در ناحیه ممنوع دوری کند.

۲-۲-۵- محدودیت‌های قابلیت اطمینان و امنیت شبکه

سایر محدودیت‌های ناشی از معیارهای قابلیت اطمینان و امنیت شبکه را نیز می‌توان به عنوان محدودیت‌های فنی مسأله توزیع بار اقتصادی در نظر گرفت.

۳- نحوه‌ی حل مساله پخش بار اقتصادی با الگوریتم VCPSO

برای حل مساله پخش بار اقتصادی با در نظر گرفتن اثر شیر بخار، الگوریتم بهینه سازی VCPSO پیشنهاد می‌شود. متغیرهای بهینه‌سازی مساله توان‌های تولیدی ژنراتور هستند که هرکدام از ژنراتورها حداقل و حداکثر توان تولیدی خود را دارند. در این محدوده توان‌های تولیدی ژنراتورها باید به گونه‌ای به کمک الگوریتم VCPSO تعیین شوند که تابع هدف که همان هزینه تولید توان هست حداقل شود، ضمن اینکه قیدهای مساله براورده شود. مساله پخش‌بار اقتصادی یک مساله بهینه‌سازی است که معادلات ریاضی آن به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\text{Minimize } f(x) \qquad (۸)$$

$$g(x)=0$$

به طوری که

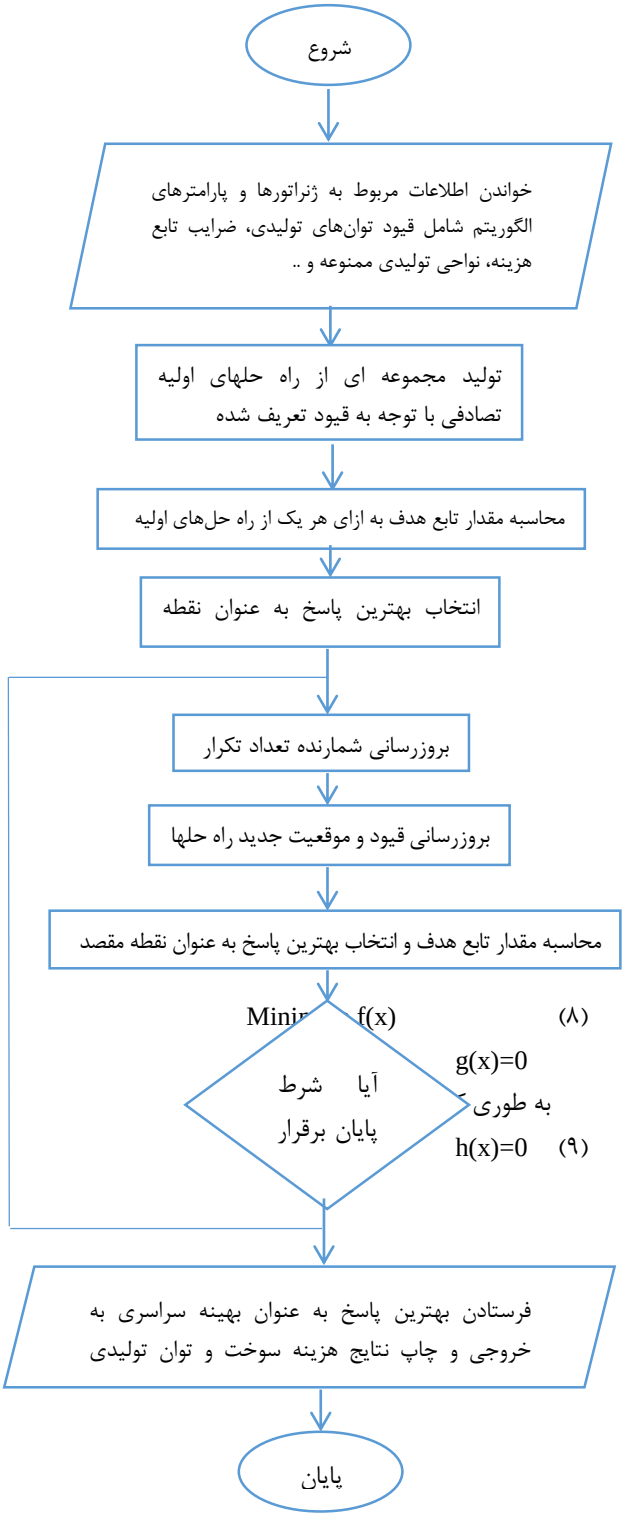
$$h(x)=0 \qquad (۹)$$

تابع هدف $f(x)$ هزینه‌ی تولید کل واحدها است. محدودیت‌های برابری $g(x)$ معادلات مربوط به تعادل توان هستند که تولید کل باید برابر با مجموع توان مصرفی و تلفات باشد. محدودیت‌های نابرابری $h(x)$ محدوده‌ی متغیرهای مربوط به توان تولیدی واحدها را در بر می‌گیرد. متغیرهای بهینه‌سازی همان توان تولیدی ژنراتورها هستند.

$$X=[P_{G1}\, P_{G2}\, P_{G3} \ldots P_{Gn}] \qquad (۱۰)$$

P_{Gi}توان تولیدی واحد iام است. توان تولیدی ژنراتورها هرکدام در محدوده حداقل و حداکثر خود هستند و باید در این فاصله مقدار بهینه آن‌ها تعیین شود که این کار به کمک الگوریتم VCPSO انجام می‌شود.

الگوریتم ازدحام ذرات هم تکاملی برداری VCPSO در ابتدا چندین پاسخ کاندید تصادفی اولیه را ایجاد می‌کند. سپس آن‌ها را به طرف بهترین راه حل و یا به طرف خارج از آن نوسان می‌دهد. در ابتدا جهت حل مساله بهینه‌سازی به کمک الگوریتم VCPSO باید سه پارامتر تعداد بهینه‌سازی تعیین شوند. تعداد متغیرهای بهینه‌سازی همان تعداد ژنراتورها یا واحدها است. در شکل (۱) روند حل مساله پخش‌بار اقتصادی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی VCPSO نشان داده شده است.



شکل (۱): روند حل مساله پخش بار اقتصادی با الگوریتم VCPSO

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

۴- نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری

به منظور بررسی امکان‌پذیری وکارآیی الگوریتم پیشنهاد شده، الگوریتم VCPSO [۱۴] روی یک مجموعه شامل چهار سیستم آزمایشی (یعنی ۳، ۶، ۱۳ و ۱۵ واحده) [۱۵]، برای حل مسئله ED با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف اجرا گردیده است.

جدول(۱): اطلاعات ژنراتور برای سیستم آزمایشی ۱ [۱۶]

واحدها	P^i_{min}	P^i_{max}	a	b	c	E	f
۱	۱۰۰	۶۰۰	۰/۰۰۱۵۶۲	۷/۹۲	۵۶۱	۳۰۰	۰/۰۳۱۵
۲	۵۰	۲۰۰	۰/۰۰۴۸۲۰	۷/۹۷	۷۸	۱۵۰	۰/۰۶۳
۳	۱۰۰	۴۰۰	۰/۰۰۱۹۴۰	۷/۸۵	۳۱۰	۲۰۰	۰/۰۴۲

الگوریتم VCPSO با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و روی یک کامپیوتر شخصی با حافظه ۶۴ GB، CPU CORE I۵ و ویندوز ۷ اجرا شده است.

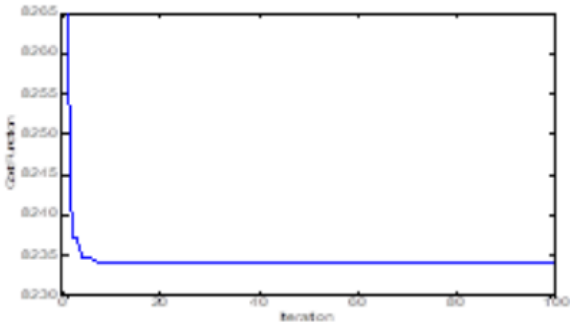
۴-۱- سیستم مورد مطالعه اول:

این سیستم شامل ۳ واحد تولید حرارتی می‌باشد که در آن اثرات به کارگیری شیر بخار [۱۷]، لحاظ گردیده است، که اطلاعات مربوط به این سیستم در جدول (۱) آورده شده است. در این مورد بار مصرفی PD = ۸۵۰MW است. پارامترهای شبیه‌سازی شده برای الگوریتم پیشنهادی، تعداد تولید ۵۰ تکرار و اندازه جمعیت ۱۰۰ کاندید می‌باشد. بهترین نتایج هزینه‌ی سوخت بدست آمده از الگوریتم VCPSO و الگوریتم GA در جدول (۲) قرار گرفته است. الگوریتم پیشنهاد شده مقادیر بهینه راه‌حل را با کامل کردن ۵۰ تکرار در ۰/۲۹۹۸۲ ثانیه بدست می‌آورد.

جدول (۲): مقایسه‌ی روش پیشنهاد شده برای سیستم آزمایشی۱

روش	P1 MW	P2 MW	P3 MW	PD MW	COST $/h
GA[7]	۳۹۸/۷۰۰	۵۰/۱۰۰	۳۹۹/۶۰۰	۸۴۸/۴۰۰	۸۲۲۲/۰۷
PSO[6]	۳۰۰/۲۶۸	۱۴۹/۷۳۲	۴۰۰/۰۰۰	۸۵۰/۰۰۰	۸۲۳۴/۰۷
VCPSO	۳۰۰/۲۵۷	۱۴۹/۷۴۲	۴۰۰/۰۰۰	۸۵۰/۰۰۰	۸۲۳۴/۰۷

از جدول (۲) واضح است که روش GA بار مصرفی را محقق نمی‌کند. شکل (۲)، نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO را برای یافتن تابع هزینه با در نظر گرفتن اثر شیر بخار برای سیستم ۳ واحده نشان می‌دهد. طبق نمودار زیر مشاهده می‌شود که الگوریتم پیشنهادی، به طور تقریبی پس از ۱۲ بار تکرار به مقدار بهینه‌ی خود می‌رسد.



شکل (۲): نمودار همگرایی الگوریتمVCPSO برای یافتن تابع هزینه سیستم ۳ واحده

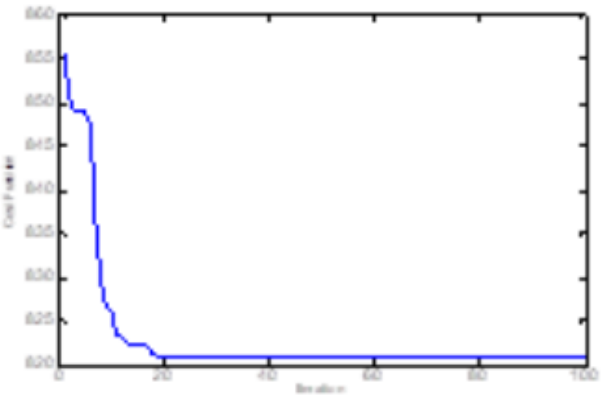
۴-۲- سیستم مورد مطالعه دوم:

دومین سیستم آزمایشی، یک سیستم ۶ واحده (سیستم ۳۰ شینه‌ی IEEE) با اثرات شیر بخار و تلفات شبکه انتقال می‌باشد. اطلاعات مربوط به این سیستم در جدول (۳) آورده شده است. در این مورد بار مصرفی ۲۸۳/۴ MW است. پارامترهای شبیه‌سازی برای الگوریتم پیشنهادی، تعداد تولید ۵۰ تکرار و اندازه جمعیت ۱۰۰ کاندید می‌باشد. جدول (۴) نتایج بدست آمده برای این سیستم را نشان می‌دهد. در این سیستم آزمایش، تلفات انتقال در نظر گرفته شده است و ماتریس ضرائب تلفات $\mathcal{B}$ در پیوست (الف) آورده شده است. حداقل هزینه، متوسط هزینه و حداکثر هزینه در ۵۰ اجرا، با نتایج حاصل از الگوریتم‌های دیگر در جدول (۵) آورده شده است. شکل (۳)، نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO برای یافتن تابع هزینه با در نظر گرفتن اثر شیربخار و تلفات انتقال برای سیستم ۶ واحده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، الگوریتم VCPSO به طور تقریبی بعد از ۱۹تکرار همگرا شده و به مقدار بهینه خود می‌رسد.

۴-۳- سیستم مورد مطالعه سوم:

این مورد مطالعه آزمایشی سیستم ۱۳ واحده با اثر بکارگیری شیر بخار را در نظر می‌گیرد. اطلاعات مربوط به این سیستم در جدول (۶) داده شده است. در این مورد بار مصرفی یک بار ۱۸۰۰ MW و بار دیگر MW ۲۵۲۰ است. اندازه جمعیت و ماکزیمم تعداد تکرار ثابت هستند و به ترتیب ۲۰۰ و ۱۰۰ می‌باشند. نتایج بدست آمده برای بار مصرفی MW ۱۸۰۰ در جدول (۷) آورده شده است. و همچنین مقادیر هزینه الگوریتم پیشنهادی با نتایج الگوریتم‌های دیگر در جدول (۸) آورده شده است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019



شکل (۳): نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO برای یافتن تابع هزینه‌ی سیستم ۶ واحده

جدول (۳): نتایج به دست آمده توسط روش پیشنهاد شده برای سیستم آزمایشی۲

واحدها	GA [7]	PSO[6]	VCPSO
P1 MW	۱۵۰/۷۲۴	۱۹۷/۸۶۴۸	۱۹۹/۵۹۹۹
P2 MW	۶۰/۸۷۰۷	۵۰/۳۳۷۴	۲۰/۰۳۱۹
P3 MW	۳۰/۸۹۶۵	۱۵/۰۰۰۰	۲۵/۲۲۲۲
P4 MW	۱۴/۲۱۳۸	۱۰/۰۰۰۰	۲۰/۳۶۲۴
P5 MW	۱۹/۴۸۸۸	۱۰/۰۰۰۰	۱۰/۰۰۰۰
P6 MW	۱۵/۹۱۵۴	۱۲/۰۰۰۰	۱۲/۱۵۷۸
PG total MW	۲۹۲/۱۰۹۶	۲۹۵/۲۰۲۲	۲۹۳/۷۴۳۲
Ftotal R/h	۹۹۶/۰۳۶۹	۹۲۵/۷۵۸۱	۸۲۱/۰۶۸۸
Ploss	۸/۷۰۶۰	۱۱/۸۰۲۲	۱۲/۳۳۱۸
Time s	۰/۵۷۸۰	۰/۳۵۲۹	۱/۰۱۵۴

جدول (۴): اطلاعات ژنراتور برای سیستم آزمایشی ۲ [۱۷]

واحدها	P_{min}^i	P_{max}^i	a	b	c	e	f
۱	۱۵۰	۲۰۰	۰/۰۰۳۷۵	۲	۰	۵۰	۰/۰۶۳
۲	۲۰	۸۰	۰/۰۰۱۷۵۰	۱/۷۵	۰	۴۰	۰/۰۹۸
۳	۱۵	۵۰	۰/۰۶۲۵۰	۱	۰	۰	۰
۴	۱۰	۳۵	۰/۰۰۸۳۴	۳/۲۵	۰	۰	۰
۵	۱۰	۳۰	۰/۰۲۵۰۰	۳	۰	۰	۰
۶	۱۲	۴۰	۰/۰۲۵۰۰	۳	۰	۰	۰

جدول (۵): مقایسه‌ی نتایج سیستم آزمایشی ۲ برای ۵۰ بار اجرای برنامه

	GA[7]	PSO[6]	VCPSO
Ftotal(R/h) حداقل	۹۹۶/۰۴	۹۲۵/۷۵۷	۸۲۱/۰۶۸۸
Time(s)	۰/۱۴۱	۰/۳۵۲۹۰	۰/۹۹۵۳
Ftotal(R/h) حداکثر	۱۱۱۷/۱۳	۹۲۸/۴۲۷	۸۲۵/۸۹۱۵
Time(s)	۰/۵۷۸۰	۰/۳۵۵۹۱	۱/۰۹۵۵
Ftotal(R/h) متوسط	NA	۹۲۶/۳۸۸	۸۲۴/۰۲۳۰
Time(s)	NA	۰/۳۵۷۴۹	۱/۰۲۳۴

جدول (۶): اطلاعات ژنراتور سیستم آزمایشی ۳ [۱۷]

واحدها	P_{min}^i	P_{max}^i	a	b	c	e	f
۱	۰	۶۸۰	۰/۰۰۰۲۸	۸/۱	۵۵۰	۳۰۰	۰/۰۳۵
۲	۰	۳۶۰	۰/۰۰۰۵۶	۸/۱	۳۰۹	۲۰۰	۰/۰۴۲
۳	۰	۳۶۰	۰/۰۰۰۵۶	۸/۱	۳۰۷	۱۵۰	۰/۰۴۲
۴	۶۰	۱۸۰	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳
۵	۶۰	۱۸۰	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳
۶	۶۰	۱۸۰	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳
۷	۶۰	۱۸۰	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳
۸	۶۰	۱۸۰	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳
۹	۶۰	۱۸۰	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳
۱۰	۴۰	۱۲۰	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴
۱۱	۴۰	۱۲۰	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴
۱۲	۵۵	۱۲۰	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴
۱۳	۵۵	۱۲۰	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴

جدول (۷): مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی برای سیستم آزمایشی ۳ (مورد اول، بار ۱۸۰۰ MW)

واحدها	PSO[6]	RTO[18]	VCPSO
P1 MW	۵۳۸/۵۶۱	۶۲۸/۳۰۷۲	۵۳۸/۵۵۸۸
P2 MW	۲۹۹/۳۵۵	۲۲۴/۳۴۲۰	۰/۰۰۰۰
P3 MW	۷۵/۰۳۷	۲۹۷/۷۰۶۰	۳۳۷/۳۴۳۵
P4 MW	۱۵۹/۷۳۴	۶۰/۰۰۰۰	۱۰۹/۸۶۶۶
P5 MW	۶۰/۰۷۸	۱۰۹/۸۵۲۹	۶۰/۰۰۰۰
P6 MW	۱۰۹/۸۶۴	۶۰/۰۰۰۰	۱۰۹/۸۶۶۷
P7 MW	۱۰۹/۹۱۳	۶۰/۰۰۰۰	۱۵۹/۷۳۳۱
P8 MW	۱۰۹/۸۷	۱۰۹/۷۹۵۶	۶۰/۰۰۰
P9 MW	۶۰/۰۶۹	۶۰/۰۰۰۲	۱۵۹/۷۳۳۱
P10 MW	۴۰/۰۳۵	۴۰/۰۰۰۰	۱۱۴/۸۸۵۴
P11 MW	۷۷/۵۶۱	۴۰/۰۰۰۰	۴۰/۰۱۲۹
P12 MW	۵۵/۰۴۲	۵۵/۰۰۰۰	۵۵/۰۰۰
P13 MW	۵۵	۵۵/۰۰۰۰	۵۵/۰۰۰
PG Total	۱۸۰۰	۱۸۰۰/۰۰۴۴	۱۸۰۰

جدول (۸): مقایسه روش پیشنهادی برای سیستم آزمایشی ۳ (مورد اول، بار ۱۸۰۰MW)

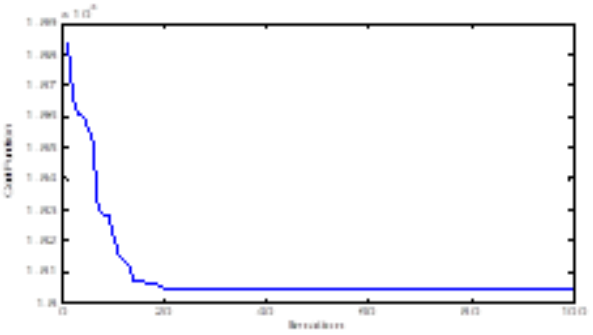
روش‌ها	PSO[6]	RTO[18]	VCPSO
هزینه کل $/h	۱۸۰۳۰/۷۲	۱۷۹۶۹/۸۰۲۴	۱۸۲۰۷
حداقل هزینه $/h	۱۸۰۱۴/۱۶	۱۷۹۶۹/۸۰۲۴	۱۸۰۳۹
حداکثر هزینه $/h	۱۸۲۴۹/۸۹	۱۸۲۰۴/۶۳۰۳	۱۸۳۲۰
متوسط هزینه $/h	۱۸۱۰۴/۶۵	۱۸۰۵۶/۹۳۵۸	۱۸۱۵۷

شکل (۴)، نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO را برای یافتن تابع هزینه با درنظر گرفتن اثر شیر بخار برای سیستم ۱۳ واحده با بار ۱۸۰۰ MW نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود،

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

الگوریتم VCPSO پیش از ۱۰۰ تکرار تقریباً در تکرار ۳۲ام، همگرا می‌شود.

همچنین، شبیه‌سازی برای توان مصرفی ۲۵۲۰ MW انجام شده است، نتایج به دست آمده در جدول (۹) آورده شده است و نیز حداقل، متوسط، حداکثر و کل هزینه‌های به دست آمده از ۵۰ بار اجرای برنامه در جدول (۱۰) با دیگر الگوریتم‌ها مقایسه شده است، که به طور مستقیم از مراجع مربوط به خود ذکر شده‌اند.



شکل(۴): نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO برای یافتن تابع هزینه‌ی سیستم ۱۳ واحده با بار ۱۸۰۰ MW

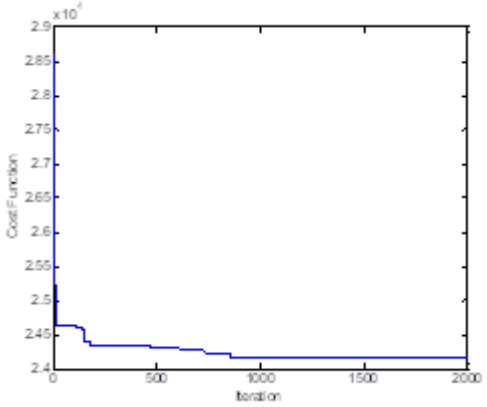
جدول (۹): مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای سیستم آزمایشی ۳ (مورد دوم، بار ۲۵۲۰MW)

واحدها	DE[9]	RTO[18]	VCPSO
P1 MW	۶۲۸/۳۱۸۵	۶۲۸/۲۵۱۸	۶۲۸/۹۵۲۱
P2 MW	۲۹۹/۱۹۹۳	۲۹۹/۱۵۳۶	۲۹۹/۴۷۶۷
P3 MW	۲۹۹/۱۹۹۳	۲۹۶/۱۰۷۳	۲۹۷/۷۷۷۲
P4 MW	۱۵۹/۷۳۳۱	۱۵۹/۶۷۵۳	۱۵۹/۹۱۰۷
P5 MW	۱۵۹/۷۳۳۱	۱۵۹/۷۳۳۲	۱۵۹/۴۵۶۸
P6 MW	۱۵۹/۷۳۳۱	۱۵۹/۶۱۷۶	۱۵۹/۸۸۴۸
P7 MW	۱۵۹/۷۳۳۱	۱۵۹/۵۴۴۵	۱۵۹/۴۸۲۷
P8 MW	۱۵۹/۷۳۳۱	۱۵۹/۶۳۱۱	۱۵۹/۸۷۸
P9 MW	۱۵۹/۷۳۳۱	۱۵۹/۴۹۴۸	۱۵۹/۲۸۹۹
P10 MW	۷۷/۳۹۹۹	۷۷/۱۴۲۳	۷۶/۶۳۸۷
P11 MW	۷۷/۳۹۹۹	۷۷/۳۷۶۷	۷۷/۲۳۳۵
P12 MW	۹۲/۳۹۹۹	۹۲/۲۵۵۴	۹۰/۹۳۳۸
P13 MW	۸۷/۶۸۴۵	۹۲/۰۲۴۱	۹۱/۴۵۹۷
PG Total	۲۵۱۹/۹۹۹۹	۲۵۲۰/۰۰۸۲	۲۵۲۰/۰۰۰۰

شکل (۵) نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO را برای یافتن تابع هزینه با در نظر گرفتن اثر شیر بخار برای ۱۳ واحده با بار ۲۵۲۰ MW در بیش از ۱۰۰ تکرار، نشان می‌دهد. که به طور تقریبی در تکرار ۹۵۰ام به مقدار بهینه می‌رسد.

جدول (۱۰): مقایسه روش پیشنهادی برای سیستم آزمایشی ۳ (مورد دوم، بار ۲۵۲۰ MW)

روش‌ها	DE[9]	RTO[18]	VCPSO
هزینه کل $/h	۲۴۱۶۹/۹۱۷۷	۲۴۱۶۷/۷۰۴۲	۲۴۱۹۴
حداقل هزینه $/h	۲۴۱۶۹/۹۱۷۷	۲۴۱۶۷/۷۰۴۲	۲۴۱۶۴
حداکثر هزینه $/h	NA	۲۴۲۷۳/۵۲۲۱	۲۴۲۱۱
متوسط هزینه $/h	NA	۲۴۴۲۸/۱۲۳۶	۲۴۳۱۱



شکل (۵): نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO را برای یافتن تابع هزینه‌ی سیستم ۱۳ واحده با بار **۲۵۲۰** MW

۴-۴- سیستم مورد مطالعه چهارم:

این مورد مطالعه آزمایشی سیستم ۱۵ واحده با مناطق عملیاتی ممنوع، محدودیت‌های رمپ ریت و تلفات شبکه‌ی انتقال را در نظر می‌گیرد. که واحدهای ۲، ۵، ۶ و ۱۲ تا سه منطقه عملیاتی ممنوع دارند. بار کلی ۲۶۳۰ MW را تأمین می‌کند. داده‌های ورودی در جدول (۱۱)، و ضرائب تلفات شبکه‌ی انتقال در پیوست (ب) آورده شده‌اند. اندازه‌ی جمعیت و حداکثر تعداد تکرار به ترتیب روی ۵۰ و ۲۰۰ ثابت شده‌اند. همچنین حداقل، متوسط، حداکثر و کل هزینه‌های به دست آمده از اجرای برنامه در جدول (۱۳) با دیگر الگوریتم‌ها مقایسه شده‌است، که به طور مستقیم از مراجع مربوط به خود ذکر شده‌اند.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

جدول (۱۱): اطلاعات ژنراتور سیستم آزمایشی۴ [۱۷]

واحدها	P_{min}^{i}	P_{max}^{i}	a	b	c	P_0^i	DR	UR	مناطق ممنوع MW
۱	۱۵۰	۴۵۵	۰/۰۰۰۲۹۹	۱۰/۱	۶۷۱	۴۰	۱۲۰	۸۰	
۲	۱۵۰	۴۵۵	۰/۰۰۰۱۸۳	۱۰/۲	۵۷۴	۳۰۰	۱۲۰	۸۰	[۴۲۰ ۴۵۰] [۳۰۵ ۳۳۵] [۱۸۵ ۲۲۵]
۳	۲۰	۱۳۰	۰/۰۰۱۱۲۶	۸/۸	۳۷۴	۱۰۵	۱۳۰	۱۳۰	
۴	۲۰	۱۳۰	۰/۰۰۱۱۲۶	۸/۸	۳۷۴	۱۰۰	۱۳۰	۱۳۰	
۵	۱۵۰	۴۷۰	۰/۰۰۰۲۵۰	۱۰۴	۴۶۱	۹۰	۱۲۰	۸۰	[۳۹۰ ۴۲۰] [۳۰۵ ۳۳۵] [۱۸۰ ۲۰۰]
۶	۱۳۵	۴۶۰	۰/۰۰۰۳۰۱	۱۰/۱	۶۳۰	۴۰۰	۱۲۰	۸۰	[۴۳۰ ۴۴۵] [۳۶۵ ۳۹۵] [۲۳۰ ۲۲۴]
۷	۱۳۵	۴۶۵	۰/۰۰۰۳۶۴	۹/۸	۵۴۸	۳۵۰	۱۲۰	۸۰	
۸	۶۰	۳۰۰	۰/۰۰۰۳۳۸	۱۱/۲	۲۲۷	۹۵	۱۰۰	۶۵	
۹	۲۵	۱۶۲	۰/۰۰۰۸۰۷	۱۱/۲	۱۷۳	۱۰۵	۱۰۰	۶۰	
۱۰	۲۵	۱۶۰	۰۰۱۲۰۳	۱۰/۷	۱۷۵	۱۱۰	۱۰۰	۶۰	
۱۱	۲۰	۸۰	۰/۰۰۳۵۸۶	۱۰/۲	۱۸۶	۶۰	۸۰	۸۰	
۱۲	۲۰	۸۰	۰/۰۰۵۵۱۳	۹/۹	۲۳۰	۴۰	۸۰	۸۰	[۵۵ ۶۵] [۳۰ ۴۰]
۱۳	۲۵	۸۵	۰/۰۰۰۳۷۱	۱۳/۱	۲۲۵	۳۰	۸۰	۸۰	
۱۴	۱۵	۵۵	۰/۰۰۱۹۲۹	۱۲/۱	۳۰۹	۲۰	۵۵	۵۵	
۱۵	۱۵	۵۵	۰/۰۰۴۴۴۷	۱۲/۴	۳۲۳	۲۰	۵۵	۵۵	

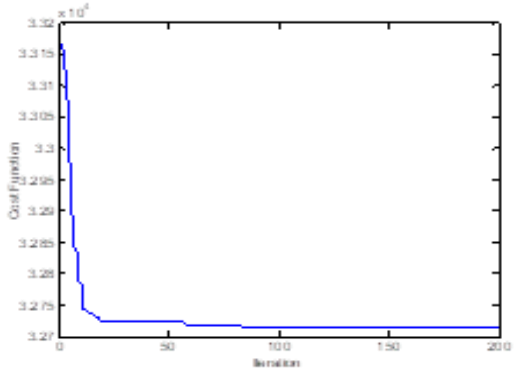
جدول (۱۲): بهترین توان خروجی برای سیستم ۱۵ واحده (بار MW ۲۶۳۰)

واحدها	GA[7]	PSO[6]	VCPSO
P1 MW	۴۱۵/۳۱	۴۳۹/۱۲	۴۵۵/۰۰۰۰
P2 MW	۳۵۹/۷۲	۴۰۷/۹۷	۳۸۰/۰۰۰۰
P3 MW	۱۰۴/۴۳	۱۱۹/۶۳	۱۳۰/۰۰۰۰
P4 MW	۷۴/۹۹	۱۲۹/۹۹	۱۳۰/۰۰۰۰
P5 MW	۳۸۰/۲۸	۱۵۱/۰۷	۱۷۰/۰۰۰۰
P6 MW	۴۲۶/۷۹	۴۶۰/۰۰	۴۶۰/۰۰۰۰
P7 MW	۳۴۱/۳۲	۴۲۵/۵۶	۴۳۰/۰۰۰۰
P8 MW	۱۲۴/۷۹	۹۸/۵۷	۶۹/۸۶۸۷
P9 MW	۱۳۳/۱۴	۱۱۳/۴۹	۶۱/۵۸۱۵
P10 MW	۸۹/۲۶	۱۰۱/۱۱	۱۶۰/۰۰۰۰
P11 MW	۶۰/۰۶	۳۳/۹۱	۷۹/۹۹۹۶
P12 MW	۵۰/۰۰	۷۹/۹۶	۷۹/۹۸۱۳

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019

جدول (۱۳): نتایج همگرایی برای آزمایش سیستم ۱۵ واحده

روش‌ها	GA[7]	PSO[6]	VCPSO
هزینه کل $/h	۳۲۷۷۹/۸۱	۳۲۸۵۸	۳۲۷۱۳
حداقل هزینه $/h	۳۳/۱۱۳	۳۲۷۲۴/۱۷	۳۲۷۱۳
حداکثر هزینه $/h	۳۳/۳۳۷	۳۲۸۴۱/۳۸	۳۲۷۱۶
متوسط هزینه $/h	۳۳/۲۲۸	۳۲۸۰۷/۴۵	۳۲۷۱۴



شکل (۶): نمودار همگرایی الگوریتم VCPSO برای یافتن تابع هزینه‌ی سیستم ۱۵ واحده با در نظر گرفتن مناطق عملیاتی ممنوع، محدودیت‌های رمپ ریت و تلفات شبکه انتقال

مشخصه همگرایی الگوریتم VCPSO برای یافتن تابع هزینه با در نظر گرفتن مناطق عملیاتی ممنوع، محدودیت‌های رمپ ریت و تلفات شبکه انتقال در سیستم ۱۵ واحده با ۲۰۰ تکرار در شکل (۶) نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که الگوریتم VCPSO به طور تقریبی در تکرار ۸۵ام به مقدار بهینه رسیده است.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، مسأله‌ی پخش بار اقتصادی با در نظر گرفتن اثر شیر بخار و قیود دیگر با استفاده از الگوریتم VCPSO برای سیستم‌های آزمایشی متفاوت، پیاده‌سازی و ارزیابی شده است. نتایج شبیه‌سازی و آماری نشان می‌دهد به کارگیری الگوریتم VCPSO می‌تواند نتایجی همسان و یا حتی بهتر از دیگر الگوریتم‌های معروف مانند الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع ذرات را حاصل نماید، به خصوص زمانی که تلفات در نظر گرفته می‌شود الگوریتم VCPSO عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌های مورد مقایسه، از خود نشان می‌دهد.

ضمایم

پیوست (الف) – ضرایب تابع تلفات انتقال برای سیستم ۳۰ شینه‌ی LEEE ۶ ماشینه (سیستم آزمایشی۲)

$$\beta = \begin{bmatrix} 0.0224 & 0.0103 & 0.0016 & -0.0053 & 0.0009 & -0.0013 \\ 0.0103 & 0.0158 & 0.001 & -0.0074 & 0.0007 & 0.0024 \\ 00016 & 0.001 & 0.0474 & -0.687 & -0.006 & -0.035 \\ -0.0053 & -0.0074 & -0.0687 & 0.3464 & 0.0105 & 0.0534 \\ 0.0009 & 0.0007 & -0.006 & 0.0105 & 0.0119 & 0.0007 \\ -0.0013 & 0.0024 & -0.035 & 0.5340 & 0.0007 & 0.2356 \end{bmatrix}$$

$$\beta_{\circ} = [-0.0005 \quad 0.0016 \quad -0.0029 \quad 0.006 \quad 0.0014 \quad 0.0015]$$

$$\beta_{\circ\circ} = 0.0011$$

پیوست (ب) – ضرایب تلفات انتقال برای سیستم ۱۵ واحده (سیستم آزمایشی ۴)

$$\beta = \begin{bmatrix} 0.0014 & 0.0012 & 0.0007 & -0.0001 & -0.0003 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0003 & 0.0005 & -0.0003 & -0.0002 & 0.0004 & 0.0003 & -0.0001 \\ 0.0012 & 0.0015 & 0.0013 & 0 & -0.0005 & -0.0002 & 0 & 0.0001 & -0.0002 & -0.0004 & -0.0004 & 0 & 0.0004 & 0.001 & -0.0002 \\ 0.0007 & 0.0013 & 0.0076 & -0.0001 & -0.0013 & -0.0009 & -0.0001 & 0 & -0.0008 & -0.0012 & -0.0017 & 0 & -0.0026 & 0.011 & -0.0028 \\ -0.0001 & 0 & -0.0001 & 0.0034 & -0.0007 & -0.0004 & 0.0011 & 0.005 & 0.0029 & 0.0032 & -0.011 & 0 & 0.0001 & 0.0001 & -0.0026 \\ -0.0003 & -0.0005 & -0.0013 & -0.0007 & 0.009 & 0.0014 & -0.0003 & -0.0012 & -0.001 & -0.0013 & 0.0007 & -0.00002 & -0.0002 & -0.0024 & -0.0003 \\ -0.0001 & -0.0002 & -0.0009 & -0.0004 & 0.0014 & 0.0016 & 0 & -0.0006 & -0.0005 & -0.0008 & 0.0011 & -0.00001 & -0.0002 & -0.0017 & 0.0003 \\ -0.0001 & 0 & -0.00001 & 0 & -.0011 & -0.0003 & 0 & 0.0015 & 0.0017 & 0.0015 & 0.0009 & -0.0005 & 0 & -0007 & -0. \\ -0.0001 & 0.0001 & 0 & 0.005 & -0.0012 & -0.0006 & 0.0017 & 0.0168 & 0.0082 & 0.0079 & -0.0023 & -0.0036 & 0.0001 & 0.0005 & -0.0078 \\ -0.0003 & -0.0002 & -0.0008 & 0.0029 & -0.001 & -0.0005 & 0.0015 & 0.0082 & 0.0129 & 0.0116 & -0.0021 & -0.0025 & 0.0007 & -0.0012 & -0.0072 \\ 0.0005 & -0.0004 & -0.0012 & 0.0032 & -0.0013 & -0.0008 & 0.0009 & 0.0079 & 0.0116 & 0.02 & -0.0027 & -0.004 & 0.0009 & -0.0011 & -0.0088 \\ -0.0003 & -0.0004 & -0.0017 & -0.0011 & 0.0007 & 0.0011 & -0.0005 & -0.0023 & -0.0021 & -0.0027 & 0.014 & 0.0001 & 0.0004 & -0.0038 & 0.0168 \\ -0.0002 & 0 & 0 & 0 & -0.0002 & -0.0001 & 0.0007 & -0.0036 & -0.0025 & -0.0034 & 0.0001 & 0.0054 & -0.0001 & -0.0004 & 0.0028 \\ 0.0004 & 0.0004 & -0.0026 & 0.0001 & -0.0002 & -0.0002 & 0 & 0 – 0001 & 0.0007 & 0.0009 & 0.0004 & -0.0001 & 0.0103 & -0.101 & 0.0028 \\ 0.0003 & 0.001 & 0.0111 & 0.0001 & -0.0024 & -0.0017 & -0.0002 & 0.0005 & -0.0012 & -0.0011 & -0.0038 & -0.0004 & -0.0101 & .0578 & -0.0094 \\ -0.0001 & -0.0002 & -0.0028 & -0.0026 & -0.0003 & 0.0003 & -0.0008 & -0.0078 & -0.0072 & -0.0068 & 0.0168 & 0.0028 & 0.0028 & -0.0094 & 0.1283 \end{bmatrix}$$

$$\beta_{\circ} = [-0.0001 \quad 0.0002 \quad 0.0028 \quad -0.0001 \quad 0.0001 \quad 0.0003 \quad -0.0002 \quad -0.0002 \quad 0.0006 \quad 0.0039 \quad -0.0017 \quad 0 \quad -0.0032 \quad 0.0067 \quad 0.0064]$$

$$\beta_{\circ\circ} = 0.005$$

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

مراجع

[1] W. Welenberg, "*Operation and control in power system*", Tarbiat Modares University Press, 1992.

[2] A. R. Srinivasa, K. Vaisakh, "*Shuffled differential evolution for economic dispatch with valve point loading effects*", Electr Power Energy Syst, Vol. 46, pp. 342–52, 2013.

[3] A. Mahor, V. Prasad, S. Rangnekar, "*Economic dispatch using particle swarm optimization*", a review, Renew Sust Energy, Vol. 13, No. 8, pp. 2134–41, 2009.

[4] D. C. Walters, G. B. Sheble, "*Genetic algorithm solution of economic dispatch with valve point loading*", IEEE Trans Power System, Vol. 8, No. 3, pp. 1325–32, 1993.

[5] A. Colorni, M. Dorigo, V. Maniezzo, "*Distributed optimization by ant colonies*", Actes de la première conference européenne sur la vie artificielle, Paris, France: Elsevier Publishing, pp. 134–42, 1991.

[6] J. Kennedy, R. Eberhart, "*Particle swarm optimization*", In: Proceedings of IEEE international conference on neural networks IV, pp. 1942–8, 1995. doi:http://dx.doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968.

[7] D. E. Goldberg, "*Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*", Boston: Addison- Wesley, 1989.

[8] J. H. Holland, "*Adaptation in natural and artificial systems*" Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975.

[9] K. V. Price, Storn RM, Lampinen JA, "*Different Evolution*", approach to global optimization", Berlin, Germany, Springer-Verlag, 2005.

[10] E. Rashedi, H. Nezamabadi-pour, S. Saryazdi, "*GSA: a gravitational search algorithm*", Inform Sci, Vol. 179, pp. 2232–48, 2009.

[۱۱] عبدلی میثم و علیرضا حاتمی، **حل مساله پخش‌بار اقتصادی- آلودگی دینامیکی با مشارکت مزارع بادی با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ازدحام ذرات هم تکاملی اصلاح شده**، هوش‌محاسباتی‌درمهندسی برق، سال پنجم، شماره چهارم،۱۳۹۳

[۱۲] مجاهد ویدا و افشین لشکرآرا، **پخش بار اقتصادی نیروگاه‌های حرارتی با الگوریتم جستجوی کلونی ویروس و در نظر گرفتن اثر شیر بخار**، مجله علمی-تخصصی تحقیقات نوین در برق- سال سوم-شماره دوم-۱۳۹۳

[۱۳] افضلان احسان و محمود جورابیان، **کاربرد الگوریتم کاوش باکتری دینامیکی تطبیقی برای پخش‌بار اقتصادی با در نظر گرفتن تاثیر نقطه شیر و توان بادی**، سیستم‌های هوشمند در مهندسی برق، سال سوم، شماره چهارم،۱۳۹۱

[14] Q. Zhang, W. Liu, X. Meng, B. Yang , A. V. Vasilakas,"*Vector Coevolving Particle Swarm Optimization Algorithm*", pp. 1-26, 2017.

[15] Y. Labbi, D. Ben Attous, H. A. Gabbar, B. Mahdad, A. B. Zidan, "*A new rooted tree optimization algorithm for economic dispatch with valve-point effect*", Electrical power and Energy systems Vol. 79, pp. 298-311, 2016.

[16] N. Amjady, H. Sharifzadeh, "*Soluting of non-convex economic dispatch problem considering valve loading effect by new modified different evaluating algorithm*", Electr power Energy syst, Vol. 32, pp. 893-903, 2010.

[17] R. Idil Cabadag, B. Emre Turkay, "*Heristic methods to solve optimal power flow problem*", IU-JEEE, Vol. 13, No. 2, pp. 1653-1659, 2013.

رزومه

افشین لشکرآرا در سال (۱۳۵۲) در تهران متولد شد. مدارک کارشناسی،کارشناسی ارشد و دکترای خود را در سالهای (۱۳۷۴)، (۱۳۸۰) و (۱۳۸۹) بترتیب از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دانشگاه مازندران و دانشگاه علم و صنعت ایران در رشته مهندسی برق- قدرت اخذ نموده است. ایشان هم اکنون عضو ارشد انجمن مهندسی برق و الکترونیک امریکا (IEEE Senior Member) و از سال (۱۳۸۰) تاکنون عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشند. زمینه تحقیقاتی ایشان مطالعات استاتیکی و دینامیکی سیستم‌های قدرت، پایداری و کنترل و ادوات FACTS می‌باشد.

زیرنویس‌ها

[1] Vector Coevolving Particle Swarm Optimization Algorithm
[2] Economic Dispatch
[3] Ant Colony Optimization
[4] Particle Swarm Optimization
[5] Genetic Algorithm
[6] Simulated Annealing
[7] Diffrential Evolution
[8] Gravitational search algorithm
[9] Modified Co-evolutionary Particle Swarm Optimization

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019

Economic Dispatch of Thermal Units with Valve-point Effect using Vector Coevolving Particle Swarm Optimization Algorithm

Elahe Moradi [1], Afshin Lashkar Ara [2*]

1-MSc Graduated in Electrical Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran, moradielahe1993@yahoo.com
*2- Associate Professor, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran, lashkarara@ieee.org

Abstract: This paper is intended to reduce the cost of producing fuel from thermal power plants using the problem of economic distribution. This means that in order to determine the share of each unit, considering the amount of consumption and restrictions, including the ones that can be applied to the rate of increase, the prohibited operating areas and the barrier of the vapor barrier, the problem an economic distribution occurs. There are several methods for solving this problem, one of which is the use of the Vector Coevolving Particle Swarm Optimization Algorithm. This algorithm is completely different from the common Particle Swarm Algorithm and its variants. Therefore, the Vector Coevolving Particle Swarm Optimization Algorithm will be proposed for solving the economic load distribution problem for Trial Systems 3, 6, 13, and 15 Units, while the system constraints are observed. MATLAB software application solves the problem of economic load distribution. Simulation and statistical results and comparison of this algorithm with other algorithms worked out in this section, to solve the optimization problems, show that the algorithm of particle swarm evolution can be equal or better than other algorithm in this research, especially when mortality is considered.

Keywords: Thermal Power Plants, Economic Distribution, Vector Coevolving Particle Swarm Optimization Algorithm

[DOR: 20.1001.1.23222468.1398.8.2.5.8]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 8-No. 2- Summer 2019