پخش بار اقتصادی نیروگاه های حرارتی با الگوریتم جستجوی کلونی ویروس و در نظر گرفتن اثر شیر بخار

ویدا مجاهد*[۱]، افشین لشکر آرا[۲]،

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، vida.mojahed@hotmail.com

۲- استادیار گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، lashkarara@alumni.iust.ac.ir

چکیده: تولید انرژی الکتریکی برای سیستم های قدرت با هدف کمینه سازی کل هزینه تولیدی برای واحدهای فعال موجود در شبکه قدرت، از مهمترین مباحث برای سیستم های مدرن امروزی می باشد. به بیانی دیگر هدف از پخش بار اقتصادی، برنامه ریزی بهینه و مناسب برای واحدهای تولیدی با در نظر گرفتن عوامل و محدودیتهای غیر خطی موجود در شبکه قدرت و واحدهای تولیدی می باشد. مسئله پخش بار اقتصادی برق و حرارت یک مسئله بهینه سازی چالش برانگیز، غیر خطی و غیر محدب می باشد که به دلیل مشخصه های پیچیده آن از الگوریتم های ابتکاری جهت حل آن استفاده میشود. در این مقاله، مسئله پخش بار اقتصادی با در نظر گرفتن محدودیتهای غیر خطی از جمله تلفات شبکه انتقال، اثر شیر بخار بر تابع هزینه تولیدی، توازن تولید و مصرف در سیستم، حدود تولید، به یک مساله بهینه سازی تبدیل شده و در نهایت با استفاده از الگوریتم جستجوی کلونی ویروس (VCS[۱]) و در محیط نرم افزاری MATLAB به حل آن پرداخته شده است. نتایج شبیه‌سازی، کارآیی الگوریتم VCS پیشنهاد شده را برای کیفیت راه حل نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی کارایی روش پیشنهاد شده، سیستم های آزمایشی ۶ و ۱۳ واحده به عنوان مطالعات موردی با توابع هزینه سوخت افزایشی استفاده شده‌اند. نتایج شبیه‌سازی بدست آمده توسط این الگوریتم پیشنهادی با نتایج بدست آمده توسط دیگر الگوریتم‌های موجود در مقالات مقایسه شده است. بر اساس نتایج عددی، الگوریتم VCS توانایی ارائه ی راه حل‌های بهتری را با در نظر گرفتن اثر شیر بخار نسبت به دیگر روش‌های گزارش شده از نظر هزینه ی سوخت دارد.

واژه های کلیدی: الگوریتم جستجوی کلونی ویروس، توزیع اقتصادی، استراتژی جستجوی اکتشافی، اثر شیر بخار.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014

۱- مقدمه

در صنعت برق طراحی و بهره‌برداری بهینه و مؤثر اقتصادی همواره مورد نظر بوده است. در دهه های اخیر یکی از مهم ترین منابع تولید برق مربوط به واحد های حرارتی بوده است. که منابع اصلی تامین این نیروگاه ها استفاده از سوخت های فسیلی می باشند. اما باتوجه به فناپذیری و همچنین میزان آلایندگی و هزینه بالای استفاده از آنها، محققان را در پی کشف راه هایی جهت بهینه کردن استفاده از این سوخت های فسیلی وا داشت، توزیع اقتصادی یکی از مسائل مهم برنامه ریزی در بهره برداری مهندسی برق می باشد. ED[۲] به برنامه ریزی مقدار تولید خروجی واحدهای حرارتی کمک می کند تا علاوه بر اینکه تقاضای بار مصرفی را برآورده کند هزینه ی عملیاتی را به حداقل برساند، در حالی که قیود سیستم را رعایت کند. این مقاله به دنبال کم کردن هزینه سوخت تولید نیروگاه های حرارتی با استفاده از مسئله توزیع اقتصادی می باشد. بدین معنی که برای مشخص شدن میزان سهم هر کدام از واحد ها، با توجه به میزان هزینه و محدودیت های مختلف آنها، مسأله توزیع اقتصادی، که به عنوان یکی از مسائل مهم در بهره برداری اقتصادی از سیستم های قدرت می باشد، پیش می آید. پخش بار اقتصادی و یافتن بهترین توازن تولید بین واحد های فعال یکی از مهمترین مباحث در سیستم های امروزی می باشد[۱]،امروزه این بحث که با کمترین هزینه بتوان کل تقاضای بار را تامین نمود در حالی که بیشترین سود ممکن را به شرکت توزیع برساند از مهمترین مباحث می باشد[۴-۲] . در سال های اخیر، محققان زیادی از تکنیک های بهینه سازی ابتکاری و متعارف ریاضی برای حل مسئله ی ED درسیستم های قدرت استفاده کرده‌اند. که از جمله ی آن ها می توان به الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان (ACO) [۵]، الگوریتم بهینه سازی هوش ازدحامی (PSO) [۶]، الگوریتم جستجوی هارمونی(HAS) [۷]، جستجوی سیستم های شارژ شده (CSS) [۸]، الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) [۹]، الگوریتم ژنتیک (GA) [۱۰]، پختن شبیه سازی شده (SA) [۱۱]، بهینه سازی مبتنی بر جغرافیا (BBO)[۱۲]، و الگوریتم جستجوی کلونی ویروس (VCS) [۱۳] که یکی از جدید ترین آن ها می باشد و در این مقاله از این الگوریتم استفاده شده است، اشاره کرد. به طور کلی VCS استراتژی انتشار و سرایت ویروس را برای سلول های میزبان، به منظور زنده ماندن و تکثیر در محیط سلولی، شبیه سازی می کند. هدف ما ارائه ی یک الگوریتم جدید به منظور حل مسائل بهینه سازی با بینش بیشتر می باشد، که این الگوریتم می تواند به یک راه حل با کمترین خطا، در مقایسه با راه حل های بهینه ی جهانی با حداقل تعداد تکرار ممکن دست یابد، بنابراین یک بهبود از لحاظ دقت و سرعت همگرایی و سادگی محاسبات در این الگوریتم مشاهده می شود.

۲- مسئله پخش بار اقتصادی نیروگاه های حرارتی

مسئله ی ED یک مسئله ی بهینه‌سازی برای تعیین برنامه زمان بندی توان خروجی واقعی واحدهای تولید با در نظر گرفتن تعادل توان واقعی با بار مصرفی و همچنین محدودیت‌های خروجی‌های ژنراتورها می باشد. افزایش پیوسته قیمت‌های مواد سوختی و نیز تورم سالانه باعث شده است که همواره بهره‌برداری از سیستم‌های تولید انرژی الکتریکی مورد توجه و مطالعه قرار گرفته باشد.

۲-۱- تابع هدف

هدف مسئله ED برنامه‌ریزی برای خروجی‌های واحدهای تولید به منظور پاسخ‌گویی به تقاضای بار مصرفی در حداقل هزینه‌های عملیاتی، در حالی که قیود سیستم برآورده می‌شوند، می‌باشد. مسئله ی ED یک مسئله ی بهینه‌سازی برای تعیین برنامه زمان بندی توان خروجی واقعی واحدهای تولید با در نظر گرفتن تعادل توان واقعی با بار مصرفی و همچنین محدودیت‌های خروجی‌های ژنراتورها می باشد. تابع هدف و قیود مرتبط با مسئله به صورت زیر فرمول بندی می شوند.

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

که $\tilde{F}_i$ تابع هزینه ی ژنراتور i ام است و واحد آن ($\$/h$) می‌باشد. a_i ، b_i و c_i ضرائب سوخت و P_i توان تولیدی حرارتی ژنراتور i ام هستند و e_i و f_i ضرائب مربوط به اثر شیر بخار ژنراتورها می باشند.

۲-۲- محدودیت توازن تولید و مصرف در سیستم

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

P_D تقاضای بار سیستم و P_L تلفات شبکه ی انتقال است و به ساختار

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014

فیزیکی شبکه و مقدار تولید بستگی دارد، و از ضرایب تلفات β با رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P_L = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} P_i \cdot \beta_{ij} \cdot P_j + \sum_{i=1}^{N} \beta_{oi} \cdot P_i + \beta_{oo} MW \quad (۳)$$

که β_{ij} ، β_{oi} ، β_{oo} المان‌های ضرائب تلفات هستند.

۳-۲- محدودیت حدود تولید

قدرت خروجی هر ژنراتور باید در محدوده ی خودش باشد. نباید بیشتر از مقدار نامی آن باشد و همچنین نباید کمتر از مقداری باشد که برای بهره برداری پایدار دیگ بخار ضروری است.

$$P_i^{\min} \le P_i \le P_i^{\max} \quad \forall i = 1,2,3,\ldots,N \quad (۴)$$

حدود فوق، علاوه بر اینکه ناشی از محدودیت های فنی هر واحد می باشند، باعث می شوند تا واحد با هزینه کمتر، بیش از حداکثر توان مجاز خود و واحد با هزینه بیشتر، کمتر از حد مجاز خود تولید نداشته باشد.

۳- الگوریتم جستجوی کلونی ویروس (VCS)

الگوریتم جستجوی کلونی ویروس یکی از جدید ترین الگوریتم های الهام گرفته از طبیعت می باشد که برای اولین بار توسط مودنگ لی، هیوژاوو، زینگ وی ونگ و تنگ هان در سال ۲۰۱۶ معرفی گردید [۱۳]. این الگوریتم استراتژی انتشار و سرایت ویروس را برای سلول های میزبان، به منظور زنده ماندن و تکثیر در محیط سلولی، شبیه سازی می کند.

۳-۱- انتشار ویروس ها

یک ویروس یک عامل سرایت کوچک است که فقط در داخل سلول های زنده ی موجودات دیگر زنده می ماند. منشأ رشد ویروس ها نامشخص می باشد، ویروس ها سلول های میزبان را به صورت تصادفی پیدا می کنند و به منظور جذب عناصر اصلی برای رشد خودشان، آن ها را آلوده می کنند. در این فرایند روش حرکت تصادفی حرکت گاوسی [۱۴]، می تواند برای توصیف رفتار انتشار ویروس ها استفاده شود و ویروس ها طبق روابط زیر انتشار می یابند.

$$V'_{pop} = Gaussian(G_{best}^{g}, \tau) + (r_1 \cdot G_{best}^{g} - r_2 \cdot V_{pop_i}) \quad (۵)$$

که i، شاخص تصادفی انتخاب شده از [1,2,3,…,N]، و N اندازه جمعیت می باشد. G_{best}^{g} بهترین راه حل تولید g است. r_1 و r_2 مقادیر تصادفی انتخاب شده بین [0,1] هستند. برای پارامترهای گاوسی، انحراف معیار ι توسط رابطه (۶) محاسبه می شود.

$$\iota = \log(g)/g \cdot (V_{pop_i} - G_{best}^{g}) \quad (۶)$$

۳-۲- سرایت به سلول میزبان

وقتی که ویروس سلول میزبان را پیدا کرد، آن را آلوده و تخریب می کند. بر اساس عناصر ضروری سلول میزبان، ویروس می تواند تا زمان مرگ سلول میزبان خودش را زنده نگه دارد و بازسازی کند. به عبارت دیگر، سلول میزبان با فرایند تکثیر، تغییر می یابد تا یک ویروس شود. با الهام از استراتژی تکاملی با الگوریتم تطبیق ماتریس کواریانس (CMA-ES[۳]) [۱۵]، این فرایند بر اساس عملکرد CMA-ES برای تولید ویروس جدید تحقق می یابد، به منظور نشان دادن روابط تعاملی بین ویروس ها و سلول های میزبان، مراحل اصلی آن در زیر آورده شده است.

مرحله ۱: به روز رسانی H_{pop} توسط رابطه زیر:

$$H_{pop_i}^{g} = X_{mean}^{g} + \sigma_i^{g} \times N_i\left(0, C^{g}\right) \quad (۷)$$

که $N_i\left(0,C^{g}\right)$ توزیع نرمال با میانه ی صفر، و ماتریس کواریانس C^{g} ($D \times D$) می باشند. g تولید فعلی، D بعد مسئله و $\sigma^{g} > 0$ شماره مرحله می باشند، و X_{mean}^{g} توسط رابطه ی (۸) مقدار دهی اولیه می شود و میانگین جمعیت ویروس ها می باشد:

$$X_{mean}^{0} = \frac{\sum_{i=1}^{N} V_{pop_i}}{N} \quad (۸)$$

مرحله ۲. انتخاب بهترین شرایط λ از عبارت قبلی به عنوان یک بردار وابسته:

مرکز بردار انتخاب شده بر اساس رابطه (۹) محاسبه می شود:

$$X_{mean}^{g+1} = \frac{1}{\lambda}\sum_{i=1}^{\lambda} \omega_i \cdot V_{pop_i}^{\lambda best} \mid \omega_i = \ln(\lambda+1) \Big/ \left(\sum_{j=1}^{\lambda}(\ln(\lambda+1) - \ln(j))\right) \quad (۹)$$

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014

$$\lambda = [N/2] \quad (۱۰)$$

که ω_i وزن جدید، و i شاخص بهترین شرایط i ام را علامت گذاری می کند. مسیر به اصطلاح تکاملی از دو طریق زیر محاسبه می شود:

$$p_\sigma^{g+1} = (1-c_\sigma)p_\sigma^g + \sqrt{c_\sigma(2-c_\sigma)\lambda_w}\frac{1}{\sigma^g}(C^g)^{-1/2}(X_{mean}^{g+1} - X_{mean}^{g}) \quad (۱۱)$$

$$\lambda_w^{-1} = \sum_{i=1}^{\lambda} w_i^2 \quad (۱۲)$$

$$p_c^{g+1} = (1-c_c)p_c^g + h_\sigma\sqrt{c_c(2-c_c)\lambda_w}\frac{1}{\sigma^g}(X_{mean}^{g+1} - X_{mean}^{g}) \quad (۱۳)$$

که $(C^g)^{-1/2}$ متقارن و مثبت است، $(C^g)^{-1/2}(C^g)^{-1/2} = (C^g)^{-1}$. پارامترهای انباشتگی طبق رابطه ی (۱۴) و (۱۵)، آورده می شوند، معمولا $h_\sigma = 1$ تنظیم می شود، اما اگر $\|p_\sigma^{g+1}\|$ بزرگ باشد، $h_\sigma = 0$ در نظر گرفته می شود.

$$c_\sigma = (\lambda_w + 2)/(N + \lambda_w + 3) \quad (۱۴)$$

$$c_c = 4/(N + 4) \quad (۱۵)$$

مرحله ۳. به روز رسانی شماره مرحله σ^{g+1} و ماتریس کواریانس C^{g+1} توسط روابط زیر:

$$\sigma^{g+1} = \sigma^g \times \exp\left(\frac{c_\sigma}{d_\sigma}\left(\frac{\|p_\sigma^{g+1}\|}{E\|N(0,I)\|} - 1\right)\right) \quad (۱۶)$$

$$C^{g+1} = (1-c_1-c_\lambda)C^g + c_1 p_c^{g+1}(p_c^{g+1})^T + c_\lambda\sum_{i=1}^{\lambda} w_i \frac{V pop_i^{\lambda best} - X_{mean}^g}{\sigma^g}\cdot\frac{(V pop_i^{\lambda best} - X_{mean}^g)^T}{\sigma^g} \quad (۱۷)$$

$$d_\sigma = 1 + c_\sigma + 2\max\left\{0, (\sqrt{\lambda_w - 1}/\sqrt{N+1}) - 1\right\} \quad (۱۸)$$

که d_σ معمولا نزدیک به یک است. c_1 و c_λ از روابط زیر پیروی می کنند و میزان به روز رسانی برای ماتریس کواریانس C به صورت $0 \le c_\lambda \le 1$ می باشد.

$$c_1 = \frac{1}{\lambda_w}\left(\left(1-\frac{1}{\lambda_w}\right)\min\left\{1, \frac{2\lambda_w - 1}{(N+2)^2 + \lambda_w}\right\} + \frac{1}{\lambda_w}\frac{2}{(N+\sqrt{2})^2}\right) \quad (۱۹)$$

$$c_\lambda = (\lambda_w - 1)c_1 \quad (۲۰)$$

۳-۳- پاسخ ایمن

سلول های میزبان دارای یک سیستم ایمن جهت حفاظت از عوامل خارجی می باشند و این سیستم ایمن نقش عمده ای را برای محافظت در برابر سرایت ویروس هایی که سلول میزبان را به منظور رشد و زنده ماندن انتخاب کرده اند، ایفا می کند. به عبارت دیگر، ویروس هایی که توانایی بهتری دارند برای تولید بعدی ذخیره خواهند شد، در غیر این صورت توسط سیستم ایمنی سلول های میزبان کشته خواهند شد و باید خود را تکامل بخشند. بنابراین، مراحل زیر برای درک تکامل ویروس ها استفاده می شوند.

مرحله ۱. محاسبه ی میزان کارایی Pr با توجه به تناسب مقادیر کلونی ویروس ها V_{pop} توسط رابطه زیر:

$$\Pr_{rank(i)} = \frac{(N - i + 1)}{N} \quad (۲۱)$$

که N اندازه جمعیت V_{pop}، rank(i) به معنای رتبه متناسب شرایط حالت i ام در V_{pop} می باشد.

مرحله ۲. تکمیل حالت V_{pop} به وسیله ی رابطه ی زیر:

$$V_{pop_{i,j''}} = V_{pop_{k,j}} - rand.(V_{pop_{h,j}} - V_{pop_{i,j}}), \quad \text{if } r > \Pr_{rank(i)}$$

$$V_{pop_{i,j''}} = V_{pop_{i,j}}, \quad \text{othrwise} \quad (۲۲)$$

که i و k و h، شاخص های تصادفی انتخاب شده از [1'2'3,…,N] هستند و $i \ne k \ne h$ و $j \in [1,2,3,..d,]$ می باشد. Rand و r مقادیر تصادفی انتخاب شده بین [0'1] هستند. در معادله (۲۱) و (۲۲)، بهترین شرایط ممکن با بهترین عملکردشان را برای قرار گرفتن در تولید بعدی نشان می دهد. علاوه بر این، مکانیزم تولید جمعیت جدید، به دست آمده توسط سه رفتار فرایند های بالا، ممکن است از مرز جستجو عبور کند.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014

بنابراین روش چک کردن کران، برای کنترل مرز جستجو استفاده می شود.

مرحله۱. اگر $X_{i,j} < Low$ ، آن گاه $X_{i,j} = rand \times (Up - Low) + Low$.

مرحله۲. اگر $X_{i,j} > Up$ ، آن گاه $X_{i,j} = rand \times (Up - Low) + Low$.

که Up و Low به ترتیب بالاترین و پایین ترین کران هستند، $X_{i,j}$ ، j امین بعد راه حل i ام است.

۴- شبیه سازی کامپیوتری

به منظور بررسی امکان پذیری و کارایی الگوریتم پیشنهاد شده، الگوریتم VCS روی یک مجموعه شامل دو سیستم آزمایشی (یعنی ۶، ۱۳واحده)، برای حل مسئله ED با در نظر گرفتن محدودیت های مختلف اجرا شده است. در این مطالعات، الگوریتم VCS در برنامه متلب و با استفاده از کامپیوتر شخصی با رم ۴ GB، cpu core i5 و ویندوز ۷ اجرا شد.

۴-۱- سیستم اول

این سیستم آزمایشی، یک سیستم ۶ واحده (سیستم ۳۰ شینه ی IEEE) با اثرات شیربخار و تلفات شبکه انتقال می‌باشد. بار مصرفی مورد نیاز برای همه ی واحدهای تولید ۲۸۳.۴ MW است. اطلاعات این سیستم در [۱۶]، تهیه شده است که در جدول (۱) آورده شده است.

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

واحدها	$P^i_{\min}$	$P^i_{\max}$	a	b	c	e	f
۱	۱۵۰	۲۰۰	۰.۰۰۳۷۵	۲	۰	۵۰	۰.۰۶۳
۲	۲۰	۸۰	۰.۰۱۷۵۰	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

در این سیستم آزمایش، تلفات انتقال در نظر گرفته شده و ماتریس های ضرائب تلفات β به صورت زیر می باشند. تعداد تولید ۵۰ تکرار است و اندازه جمعیت ۱۰۰ کاندید می باشد. جدول (۲) نتایج بدست آمده برای این سیستم را نشان می‌دهد.

$$\beta = \begin{bmatrix} 0.0224 & 0.0103 & 0.0016 & -0.0053 & 0.0009 & -0.0013 \\ 0.0103 & 0.0158 & 0.001 & -0.0074 & 0.0007 & 0.0024 \\ 0.0016 & 0.001 & 0.0474 & -0.0687 & -0.006 & -0.035 \\ -0.0053 & -0.0074 & -0.0687 & 0.3464 & 0.0105 & 0.0534 \\ 0.0009 & 0.0007 & -0.006 & 0.0105 & 0.0119 & 0.0007 \\ -0.0013 & 0.0024 & -0.035 & 0.5340 & 0.0007 & 0.2353 \end{bmatrix}$$

$$\beta_o = \begin{bmatrix} -0.0005 & 0.0016 & -0.0029 & 0.006 & 0.0014 & 0.0015 \end{bmatrix}$$

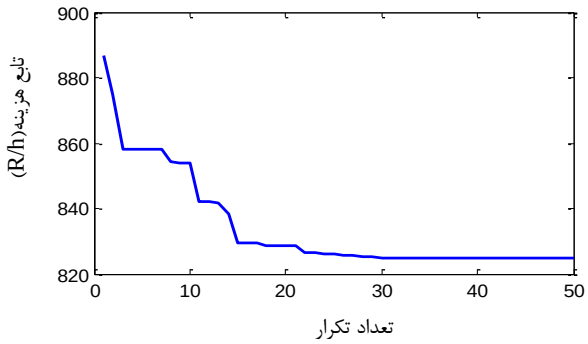
$$\beta_{oo} = 0.0011$$

جدول (۲): نتایج بدست آمده توسط الگوریتم VCS برای سیستم آزمایشی اول

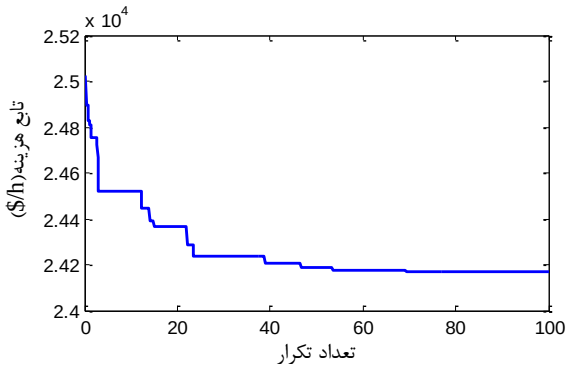
VCS[۱۳]	
P1(MW)	۱۴۹.۷۳۳۴
P2(MW)	۵۲.۰۵۶۹
P3(MW)	۲۸.۱۳۶۷
P4(MW)	۲۲.۶۳۴۵
P5(MW)	۲۷.۷۹۱۹
P6(MW)	۱۳.۳۸۹۸
$P_{G,Total}(MW)$	۲۹۳.۷۴۳۲
$F_{Total}(R/h)$	۸۲۴.۸۵۵۵
$P_{loss}(MW)$	۱۰.۳۴۳۲
Time(s)	۰.۴۵۸۰

شکل (۱)، نمودار همگرایی الگوریتم VCS را برای یافتن تابع هزینه با در نظر گرفتن اثر شیر بخار و تلفات انتقال برای سیستم ۶ واحده نشان می دهد. تعداد تکرار ۵۰ می باشد، ولی همان طور که در شکل مشاهده می شود، الگوریتم VCS به طور تقریبی در تکرار ۲۸ ام همگرا شده و مقدار بهینه را می یابد. الگوریتم پیشنهاد شده مقادیر راه حل بهینه را برای سیستم آزمایش با کامل کردن ۵۰ تکرار در ۰.۴۵۸۰ ثانیه پیدا می‌کند. جدول (۳)، حداقل هزینه، متوسط هزینه و حداکثر هزینه در ۵۰ اجرای برنامه را با نتایج حاصل از الگوریتم PSO و الگوریتم ریشه ی درخت (RTO) [۱۷] مقایسه می کند. همانطور که در جدول (۳) نشان داده می شود، الگوریتم VCS به مقادیر راه حل بهینه ی خیلی بهتری در مقایسه با دیگر نتایج موجود در این مقاله دست پیدا می‌کند.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014



شکل (۱) : نمودار همگرایی الگوریتم VCS برای یافتن تابع هزینه ی سیستم ۶ واحده



شکل (۲) : نمودار همگرایی الگوریتم VCS برای یافتن تابع هزینه ی سیستم ۱۳ واحده

جدول (۳) : مقایسه نتایج برای سیستم ۶ واحده

		VCS[۱۳]	RTO[۱۷]	PSO[۶]
حداقل	$F_{Total}(R/h)$	۸۲۴.۸۵۵	۹۲۴.۹۷۲	۹۲۵.۷۵۸
	Time(s)	۰.۴۸۱۱	۰.۳۷۷۱	۰.۳۵۲۹۰
حداکثر	$F_{Total}(R/h)$	۸۲۶.۱۲۲	۹۴۳.۸۷۱	۹۲۸.۴۲۷
	Time(s)	۰.۴۵۸۰	۰.۳۸۲۷	۰.۳۵۵۹۱
متوسط	$F_{Total}(R/h)$	۸۳۰.۷۲۸	۹۳۰.۱۷۸	۹۲۶.۳۸۸
	Time(s)	۰.۴۷۷۶	۰.۳۷۸۵	۰.۳۵۷۴۹

۴-۲- سیستم دوم

این مورد مطالعه آزمایشی سیستم ۱۳ واحده با اثر به کارگیری شیر بخار را در نظر می‌گیرد. ضرائب توابع هزینه سوخت در[۱۸] آمده است که در جدول (۴) نشان داده می شوند. بار مصرفی مورد نیاز برای همه ی واحدهای تولید ۲۵۲۰ MW است. اندازه ی جمعیت و ماکزیمم تعداد تکرار ثابت هستند و به ترتیب ۲۰۰ و ۱۰۰ می‌باشند. جدول (۵) نتایج بدست آمده برای این سیستم را نشان می‌دهد. شکل (۲) نمودار همگرایی الگوریتم VCS را برای یافتن تابع هزینه با در نظر گرفتن اثر شیر بخار برای این سیستم نشان می دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می شود، الگوریتم VCS پیش از ۱۰۰ تکرار، تقریبا در تکرار ۷۰ ام، به همگرایی می رسد.

جدول (۴) : اطلاعات ژنراتور سیستم آزمایشی دوم [۱۸]

واحدها	P^i_{min}	P^i_{max}	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

نتایج حاصل از این سیستم آزمایشی با نتایج حاصل از الگوریتم های دیفرانسیل تکاملی (DE) [۱۹] و ریشه ی درخت (RTO)، از نظر حداقل هزینه، متوسط هزینه و حداکثر هزینه در جدول (۶) مقایسه می شوند. همان طور که در جدول (۶) مشاهده می شود، الگوریتم VCS به مقادیر بهینه تری در مقایسه با دیگر نتایج موجود در این مقاله دست می یابد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014

جدول (۵) : نتایج بدست آمده توسط الگوریتم VCS برای سیستم آزمایشی دوم

	VCS[۱۳]
P1(MW)	۶۲۸.۳۰۱۳
P2(MW)	۲۹۹.۰۰۱۸
P3(MW)	۲۹۵.۲۶۷۳
P4(MW)	۱۵۹.۶۷۸۳
P5(MW)	۱۵۹.۷۲۴۳
P6(MW)	۱۵۹.۷۰۷۰
P7(MW)	۱۵۹.۷۲۹۵
P8(MW)	۱۵۹.۷۳۲۱
P9(MW)	۱۵۹.۶۵۹۸
P10(MW)	۷۷.۲۴۹۲
P11(MW)	۷۷.۲۴۱۴
P12(MW)	۹۲.۳۴۶۱
P13(MW)	۹۲.۳۶۲۱
$P_{G,Total}(MW)$	۲۵۲۰.۰۰۰۰
$F_{Total}(\$/h)$	۲۴۱۶۶

جدول (۶) : مقایسه نتایج برای سیستم ۱۳ واحده

		VCS[۱۳]	RTO[۱۷]	DE[۱۹]
حداقل	$F_{Total}(\$/h)$	۲۴۱۶۶	۲۴۱۶۷.۷۰۴۲	۲۴۱۶۹.۹۱۷۷
حداکثر	$F_{Total}(\$/h)$	۲۴۵۲۱	۲۴۴۲۸.۱۲۳۶	NA[۴]
متوسط	$F_{Total}(\$/h)$	۲۴۳۷۳	۲۴۲۷۳.۵۲۲۱	NA

۵- نتیجه گیری

الگوریتم های الهام گرفته از طبیعت که از رفتار ها یا پدیده های خاص طبیعت تقلید می کنند، در سال های اخیر به یک کانون در محاسبات بهینه سازی تبدیل شدند. این مقاله یک الگوریتم بهینه سازی جدید به نام الگوریتم جستجوی کلونی ویروس را مطرح می کند که استراتژی های انتشار و سرایت ویروس را برای سلول های میزبان در محیط سلولی شبیه سازی می کند. این الگوریتم شامل سه رفتار اصلی پخش ویروس ها، سرایت سلول میزبان و پاسخ ایمن می باشد. مسئله ی پخش بار اقتصادی با در نظر گرفتن اثر شیر بخار و قیود دیگر تلاش می‌کند تا با استفاده از الگوریتم VCS برای سیستم‌های آزمایشی متفاوت، کارآیی الگوریتم VCS پیشنهاد شده را ارزیابی کند. در نظر گرفتن اثر موقعیت شیر بخار در مسئله توزیع اقتصادی روزانه سیستم های حرارتی سبب شده تا این مسئله به یک مسئله غیر محدب تبدیل گردد. نتایج شبیه سازی و آماری برای مسائل بهینه سازی محدود و نا محدود، نشان می دهند که الگوریتم VCS می تواند برابر و یا بهتر از دیگر الگوریتم های الهام گرفته از طبیعت پیشنهادی در این مقاله باشد. همچنین از سرعت همگرایی نسبتاً بالایی برخوردار است.

مراجع

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

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

[3] Wood AJ, Wollenberg BF, 1984, "Power generation operation and control", John Wiley & Sons.

[4] Walters DC, Sheble GB, 1993, "Genetic algorithm solution of economic dispatch with valve point loadin", IEEE Trans Power System, Vol. 8, No. 3, pp. 1325–32.

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

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

[7] Geem ZW, Kim JH, Loganathan GV, 2001, "A new heuristic optimization algorithm: harmony search. Simulation", Vol. 76, No. 2, pp. 60–8.

[8] Kaveh A, Talatahari S, 2010, "A novel heuristic optimization method: charged system search", Acta Mech, Vol. 213, pp. 267–89.

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

[10] Goldberg DE, 1989, "Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning", Boston: Addison-Wesley.

[11] Kirkpatrick S, Gelatt Jr CD, Vecchi MP, 1983, "Optimization by simulated annealing", Science, Vol. 220, pp. 671–80.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014

[12] Simon D, 2008, "Biogeography-Based Optimization", IEEE Trans Evol Comput, Vol. 12, No. 6, pp. 712–3.

[13] MuDongLi, HuiZhao, XingWeiWeng, TongHan, 2016, "A novel nature-inspired algorithm for optimization: Virus colony search", Advances in Engineering Software 92, pp. 65–88.

[14] Kaplan DT, Peacock LG, 1993, "Coarse-grained embeddings of time series: random walks, Gaussian random processes, and deterministic chaos", Physica D, Vol. 64, No. 4, pp. 431–54.

[15] Hansen N, Müller SD, Koumoutsakos P, 2003, "RedBcing the time complexity of the derandomized evolBtion strategy with covariance matrix adaptation (CMAES)", Evol CompBt, Vol. 11, No. 1, pp. 1–18.

[16] Amjady N, Sharifzadeh H, 2010, "Solution of non-convex economic dispatch problem considering valve loading effect by a new modified differential evolution algorithm", Electr Power Energy Syst, Vol. 32, pp. 893–903.

[17] Yacine Labbi , Djilani Ben Attous , Hossam A. Gabbar , Belkacem Mahdad , Aboelsood Zidan, 2016, "A new rooted tree optimization algorithm for economic dispatch with valve-point effect", Electrical Power and Energy Systems 79, pp. 298–311.

[18] Rengin Idil CABADAG, Belgin Emre TURKAY, 2013, "Heuristic methods to solve optimal power flow problem", IU-JEEE, Vol. 13, No. 2, pp. 1653-1659.

[19] Price KV, Storn RM, Lampinen JA, 2005, "Differential evolution", apractical approach to global optimization", Berlin,Germany, Springer-Verlag.

رزومه



ویدا مجاهد در اهواز متولد شده است (۱۳۶۹). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- کنترل از دانشگاه صنعتی جندی شاپور واحد دزفول (۱۳۹۲)، کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول (۱۳۹۵) سپری کرده است. فعالیت های پژوهشی و علاقه مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS و بهره برداری از سیستمهای قدرت می باشد.



افشین لشکرآرا در تهران متولد شده است (۱۳۵۲). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی،کارشناسی ارشد و دکترای خود را در سالهای (۱۳۷۴)، (۱۳۸۰) و (۱۳۸۹) بترتیب از دانشگاه 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 شبکه های هوشمند، بهینه سازی سیستمهای قدرت، مطالعات استاتیکی و دینامیکی سیستم‌های قدرت، پایداری و کنترل و ادوات FACTS می‌باشد.

زیر نویس ها

[1] Virus Colony Search
[2] Economic Dispatch
[3] Evolutionary Adaptation Strategies with Covariance Matrix Adaptation
[4] Not Available

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.2.4.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 2- autumn, winter 2014