پخش بار اقتصادی دینامیکی نیروگاه های آبی حرارتی با الگوریتم جستجوی گرانشی GSA با در نظر گرفتن اثر موقعیت شیر بخار

امین عبایی‌فر *[۱]، حسن براتی [۲]

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، amin_abaee67@yahoo.com

۲- استادیار گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، barati216@gmail.com

تاریخ دریافت:۹۴/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش:۹۴/۰۸/۲۸

چکیده: توزیع اقتصادی روزانه در سیستم‌های حرارتی (DHS[۱]) در یک مقیاس بزرگ به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی که محدودیت-های دینامیکی غیرخطی را شامل می شود، نقش مهمی را در بهره‌برداری اقتصادی سیستم‌های قدرت ایفا می کند. این مقاله الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA[۲]) را برای حل مسئله (DHS) مطرح می کند. در نظر گرفتن اثر شیر بخار سبب شده تا این مساله توزیع اقتصادی را به یک مساله غیر محدب تبدیل نماید. امکان‌پذیری و استفاده از روش GSA در حل مساله توزیع اقتصادی بار در سیستم-های آبی–حرارتی در محیط نرم‌افزاری MATLAB ، شبیه‌سازی کامپیوتری شده‌است و نتیجه حاصله با و بدون اثر موقعیت شیر بخار در واحدهای حرارتی مقایسه و تحلیل شده‌اند. برنامه کامپیوتری تهیه شده روی یک سیستم آبی–حرارتی پیاده سازی شده‌است و با بررسی نتایج، سودمندی و قابلیت روش مورد استفاده (GSA) در مقایسه با سایر روش‌ها نشان داده شده‌است.

واژه‌های کلیدی: مخازن آبشاری، توزیع اقتصادی، الگوریتم جستجوی گرانشی، استراتژی جستجو اکتشافی

۱-مقدمه

مساله توزیع بهینه روزانه کوتاه مدت سیستم‌های آبی حرارتی (DHS) یکی از مسائل مهم و مشکل بهینه‌سازی در بهره‌برداری اقتصادی از سیستم‌های قدرت می‌باشد. در سال‌های اخیر، به خاطر نگرانی زیست محیطی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به مقدار زیادی مورد توجه قرار گرفته است. با افزایش نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم‌های برق قدرت، مشکلات بهره‌برداری بیشتری را به ما نشان می دهد. در سیستم‌های آبی حرارتی منابع آبی برای تولید برق که در واقع نمایندگان جاری شدن به نیروگاه‌های آبی و ذخیره شده در مخازن هستند، قابل دسترسی می باشد. بنابراین منابع آبی در هر منطقه به توزیع آب استفاده شده در گذشته بستگی دارند، که یک رابطه دینامیکی در میان تصمیمات بهره برداری ما در طول کلی افق مورد نظر ما ایجاد می کنند. با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع آبی، هدف اصلی، توزیع اقتصادی روزانه سیستم‌های آبی حرارتی می باشد، برای تعیین مقدار بهینه آب جاری شده برای تولید برق از نیروگاه آبی از مخازن آبشاری به گونه‌ای که مجموع هزینه سوخت نیروگاه‌های حرارتی را به حداقل ممکن برساند در حالی که محدودیت های مختلف رعایت شوند.

به علت محدودیت‌های الگوریتم‌های بهینه‌سازی سنتی در حل کردن مسائل بهینه‌سازی با بعدهای بالا، الگوریتم‌های بهینه سازی متااکتشافی مختلفی توسعه یافته‌اند. عناوین عمده این الگوریتم ها به شرح ذیل می باشد: الگوریتم ژنتیک (GA) [۱]، الگوریتم دیفرانسیل تکاملی(DE) [۲]، کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) [۳]، الگوریتم بهینه سازی ذرات عمومی(PSO) [۴]، الگوریتم کلونی مورچگان (AC) [۵] ،

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

پختن شبیه سازی شده(SA) [۶]، الگوریتم جستجوی هارمونی(HAS) [۷]، الگوریتم ژنتیک مرتب سازی غیر غالب شده (NSGAII) [۸]، جستجوی سیستم‌های شارژشده(CSS) [۹]، بهینه سازی مبتنی بر جغرافیا(BBO) [۱۰] و الگوریتم بهینه سازی جستجوی غذای باکتری(BFO) [۱۱].

این الگوریتم‌ها برای حل مسائل بهینه‌سازی مختلف بوسیله محققان در بسیاری از مسائل علمی مختلف اجرا شده‌اند. تابع هدف همهٔ الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای پیدا کردن بهترین جواب (بهینه سازی عمومی) برای مسائل بهینه‌سازی عمل می‌نمایند. با این حال، این الگوریتم‌های متااکتشافی باید خودشان دارای ۲ ویژگی اصلی که اکتشاف و بهره‌برداری است، باشند. اکتشاف به عنوان توانایی الگوریتم برای جستجوی همه قسمت‌های مشخص شده مسائل بهینه‌سازی در فضای جستجو معرفی می شود. بهره‌برداری به عنوان قابلیت همگرایی بهترین جواب خروجی بدست آمده نزدیک به راه حل بهینه سازی عمومی توصیف می شود[۱۲].

توزیع اقتصادی بار (ELD[۳]) از تولید در سیستم‌های برق پیشرفته یکی از مسائل خیلی مهم بهره‌برداری می‌باشد.

به تازگی، راه حل‌های مساله ELD به یک وظیفه قابل توجه در برنامه ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت تبدیل شده‌است. تابع هدف مساله ELD به عنوان مینیمم‌ساز مجموعه هزینه سوخت تولید انرژی الکتریکی برای برطرف کردن تقاضای بار مصرفی با مینیمم کردن مجموع هزینهٔ سوخت معرفی می‌شود در حالی که رضایت همه واحدهای تولیدی و قیود مساوی و نامساوی سیستم را برطرفی نماید.

یکی از الگوریتم‌های متااکتشافی بهبود یافته اخیر الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) می باشد، که مبتنی بر قانون گرانش نیوتن و قانون حرکت است. و بوسیله راشدی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ مطرح گردیده شد[۱۳].

در این مقاله، مساله توزیع بهینه روزانه کوتاه مدت سیستم‌های آبی حرارتی (DHS) با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) حل خواهد شد. GSA با عملکردی با کیفیت بالا در حل مسئله بهینه‌سازی در مقالات و کنفرانس‌های گذشته تائید شده است که از جمله آن‌ها می توان به: پخش بار اقتصادی و توزیع توان راکتیو بهینه در سیستم قدرت، و پیش بینی بار آینده اشاره کرد. از بیش‌ترین ویژگی‌های قابل توجه GSA که در واقع تنظیم کردن ثابت گرانش است، دقت در جستجو می‌باشد و از این رو برای سرعت بخشیدن به روند راه حل استفاده می‌شود. به علاوه GSA به حافظه کمتری در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها نیاز دارند، که با این حال به همان مقدار موثر می‌باشد و می‌توان به عنوان یک الگوریتم یادگیری تطبیقی در نظر گرفته شود.

۲- مساله توزیع اقتصادی نیروگاه‌های آبی-حرارتی

برنامه‌ریزی سیستم قدرت با اهداف گوناگون و در افق‌های متعدد صورت می‌گیرد و ویژگی‌های خاص انرژی الکتریکی سبب می‌گردد تا نگرش در برنامه‌ریزی با محافظه کاری بیشتری همراه باشد. در برنامه‌ریزی کوتاه مدت، با در نظر گرفتن قیود موجود و محدودیت‌های فنی-اقتصادی واحدهای تولیدی و شبکه انتقال، در مورد ورود و خروج اقتصادی واحدهای تولیدی با هدف تامین بار مشترکین با کمترین هزینه ممکن تصمیم گیری می‌کنند. از آن‌جا که ظرفیت نصب شده و قابل بهره‌برداری در اکثر ساعات از میزان مصرف بیشتر است، لزوم استفاده بهینه و اقتصادی از منابع موجود از اهمیت به سزایی برخوردار است.

۲-۱- تابع هدف

هدف مسئله توزیع روزانه تولید بهینه آبی- حرارتی، حداقل کردن مجموع هزینه‌های حرارتی با استفاده از منابع آبی در دسترس است تا جایی که امکان داشته باشد. هزینه حرارتی عمدتا به صورت تابع درجه دوم تصور می شود. تابع هدف و قیود مرتبط با مسئله به شکل زیر فرمول بندی می شوند.

$$\min F = \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N_S} f_i(P_{si}^t) = \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N_S}\left\{\begin{array}{c} a_i + b_i P_{si}^t + c_i (P_{si}^t)^2 + \\ \left| d_{Gi} \times \sin\left\{ e_{Gi} \times (PG_{i,\min} - PG_{it}) \right\} \right| \end{array}\right\} \qquad (۱$$

که F تابع هزینه سوخت مرکب است،

$f_i(P_{si}^t)$هزینه سوخت واحد i ام حرارتی در مدت زمان t،

N_s تعداد واحدهای حرارتی، Tمجموع زمان های مورد نظر،

a_i وb_iوc_i ضرائب تولید حرارتی از واحد i ام،

e_{gi} و d_{gi} ضرائب مربوط به اثر شیر بخار از واحد i ام

P_{si}^tتوان تولیدی واحد حرارتی i ام در فاصله زمانی t می باشند.

۲-۲-محدودیت تولید توان نیروگاه حرارتی

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

$$P_{sj}^{min} \le P_{sj}^{t} \le P_{sj}^{max} \quad j = 1,2 \dots N_s; t = 1,2 \dots T \qquad (۲)$$

که P_{sj}^{min}و P_{sj}^{max} مینیمم و ماکزیمم توان تولیدی واحد حرارتی j هستند.

۲-۳- قید تامین بار

یکی از اصلی ترین وظایف ISO[۴] در برنامه ریزی کوتاه مدت و لحظه‌ای ایجاد تعادل بین تولید و مصرف انرژی الکتریکی در هر ساعت است. بهره‌بردار مستقل سیستم با توجه به میزان بار پیش بینی شده آرایش تولید واحدهای در مدار را به نحوی انجام می‌دهد که مجموع تولید در هر ساعت با تقاضای بار و تلفات شبکه برابر باشد.

$$\sum_{i=1}^{N_h} P_{hi}^{t} + \sum_{j=1}^{N_s} P_{sj}^{t} = P_D^t, \quad t = 1,2 \dots T \qquad (۳)$$

که P_D^t بار معرفی سیستم در دوره زمانی t

، Nh تعداد نیروگاه‌های آبی،

N_s تعداد نیروگاه‌های حرارتی

P_{hi}^{t} توان تولیدی نیروگاه آبی i در دوره زمانی t می باشند.

۲-۳-تابع تولید نیروگاه های آبی

بنابر ماهیت غیر خطی تولید واحدهای برقابی و وابستگی توان تولیدی به میزان دبی خروجی، حجم و به تبع آن ارتفاع آب ذخیره شده پشت سد، از رابطه دو متغیره و در فضای سه بعدی به منظور معرفی قابلیت تولید این قبیل واحدها استفاده می‌شود. به نمایندگی از ویژگی های تولید نیروگاه‌های آبی، تابع درجه دومی انتخاب می‌شود به عنوان یک تقریب در فرمول سازی که تاثیرات رأس[۵] نیز شامل آن می شوند. در این مقاله از مدل تابع با ۶ ضریب ثابت استفاده می‌شود تا خروجی تولید برق نیروگاه آبی را محاسبه کند.

$$P_{hi}^{t} = C_{1i}.(V_i^t)^2 + C_{2i}.(Q_i^t)^2 + C_{3i}.V_i^t.Q_i^t + C_{4i}.V_i^t + C_{5i}.Q_i^t + C_{6i} \qquad (۴)$$

که در آن

$C_{1i}, C_{2i}, C_{3i}, C_{4i}, C_{5i}, C_{6i}$ ضرائب تولید برق نیروگاه برق آبی i ام هستند.

V_{it} : حجم آب ذخیره شده واحد آبی iام در ساعت t ام

Q_{it} : دبی آب خارج شده از واحد آبی iام در ساعت t ام

PH_{it} : انرژی تولید شده واحد آبی iام در ساعت t ام

می‌باشد. ضرایب ثابت یاد شده براساس اطلاعات مربوط به سابقه تولید واحدهای برقابی بدست می‌آیند و با گذشت زمان نیز به دلیل رسوب آب در مخزن سد و دیگر عوامل تأثیرگذار بر تولید واحد تغییر می‌کنند.

که البته محدودیت‌های تولید توان نیروگاه آبی به صورت زیر بیان می‌گردد

$$P_{hi}^{min} \le P_{hi}^{t} \le P_{hi}^{max}, \quad i = 1,2 \dots N_h; \; t = 1,2 \dots T \qquad (۵)$$

۲-۴- محدودیت مربوط به حجم مخازن

یکی از مقاصد احداث سدهای مخزنی علاوه بر تولید انرژی، کنترل جریان های سیلابی در حوضه آبریز سد و نیز ذخیره آب برای مقابله با خشکسالی است. براساس مطالعات مربوط به جریان‌های سیلابی در حوضه آبریز و نیز آمار خشک سالی در منطقه، محدودیت‌هایی برای حداقل و حداکثر حجم مخازن در طول سال تعیین می‌شود، به این ترتیب حجم هر یک از مخازن در هر بازه زمانیt، باید بین حد فوقانی $V_{it}^{\max}$ و حد تحتانی $V_{it}^{\min}$ قرار داشته باشد، به عبارت دیگر :

$$V_i^{min} \le V_i^t \le V_i^{max} \quad i = 1,2 \dots N; t = 1,2 \dots T \qquad (۶)$$

که V_i^t اندازه‌ی آب مخزن i درپایان دوره‌ی زمانی t،

V_i^{min} و V_i^{max} مینیمم و ماکزیمم اندازه آب مخزن i هستند.همچنین حجم ذخیره سازی اولیه و عبوری مخزن به صورت زیر معرفی می گردد

$$V_i^0 = V_i^{begin}, \; V_i^T = V_i^{end} \quad i = 1,2 \dots N \qquad (۷)$$

که V_i^{begin}حجم ذخیره اولیه مخزن i

V_i^{end}حجم ذخیره نهایی مخزن iدر پایان توزیع مورد نظر می‌باشد.

۲-۵- محدودیت مربوط به دبی خروجی سدها

حداقل آب خروجی از دریچه توربین نیز به دلیل مشکلات مکانیکی و ایجاد جریان‌های گردابی محدود است. به‌علاوه، مخازن چند منظوره، مصارف دیگری نظیر شرب، صنعت و کشاورزی نیز دارند که اهمیت آن‌ها معمولاً بیشتر از تولید انرژی بوده و میزان تخلیه از مخازن باید به نحوی تنظیم شود که این مصارف نیز تأمین گردند. در این مقاله برای منظور نمودن کلیه محدودیت‌های فوق، لازم است متغیر تصمیم

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

مربوط بـه میزان تخلیـه از دریچه توربین نیروگاه آبی iام در بازه t ام بین حد فوقانی $Q_{it}^{\max}$ و حد تحتانی $Q_{it}^{\min}$ قرار گیرد. به عبارت دیگر :

$$Q_i^{min} \le Q_i^t \le Q_i^{max} \quad i = 1,2 \dots N; t = 1,2 \dots T \qquad (۸)$$

که Q_i^t آب تخلیه شده از نیروگاه آبی i در فاصله زمانی t، Q_i^{min} و Q_i^{max}مینیمم و ماکزیمم تخلیه آب نیرو گاه هستند.

۲-۶-محدودیت مربوط به بقاء آب

در مطالعات برنامه ریزی معمولاً از تبخیر آب صرف نظر می‌شـود و به همین دلیل فرض می‌شود که مجموع حجم آب موجود در مخزن در ابتـدای هر بازه زمانی و میزان ورودی به مخزن در طی بـازه زمانی، برابر با حجم آب موجود در مخزن در انتهـای بـازه زمانی و میزان خروجی از مخزن در طی بازه زمانی باشد. به عبارت دیگر از V_{it-1} معرف حجم آب موجود در مخزن iام در شروع بازه tام، I_i معرف حجم آب ورودی به این مخزن در طول بازه t، Q_t بیان گر متغیر تصـمیم گیری مربوط به حجم آب خروجی از مخزن در طی بازه t و S_t بیانگر حجم سر ریز از حوضچه طی بازه t باشد، موازنه بین مقادیر فوق ، با معادله زیر نمایش داده می شود

$$V_i^t = V_i^{t-1} + I_i^t - Q_i^t - S_i^t + \sum_{m=1}^{N_u} \left[Q_m^{t-\tau_{m,i}} + S_m^{t-\tau_{m,i}} \right] \quad i = 1,2 \dots N; t = 1,2 \dots T \qquad (۹)$$

که I_i^t جریان طبیعی به مخزن i در دوره‌ی زمانی t، S_i^tآب نشت داده شده نیروگاه آبی i در فاصله زمانی t، N_u تعداد نیروگاه‌های آبی بالا دست مسیر نیروگاه آبی i، $\tau_{m,i}$ زمان تاخیر انتقال آب از مخزن m به i.

۳- الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)

الگوریتم جستجوی گرانشی یکی از جدیدترین الگوریتم جستجوی تصادفی توسعه یافته شده بوسیله گروه راشدی و همکاران می باشـد که در سـال ۲۰۰۹ بدسـت آمد[۱۳]. این الگوریتم کـه بر پایه قانون جاذبه ی نیوتن و اثر متقابل جرم می باشـد، دارای یک پتانسیل بسیار زیاد به یک روش بهینه سازی از طریق شکستن است. در GSA، عواملی در نظر گرفته می شـوند مانند اشـیاء و عملکرد آن‌ها که بوسیله جرمشان انـدازه گیری می‌شـونـد. همـه‌ی آن اشـیاء جذب یکدیگر می‌شـوند بوسـیله نیروی گرانشـی و این نیرو باعث حرکت عمومی همه اشـیاء نسـبت به اشـیاء با توده‌ای سـنگین تر می‌شـود. از این رو توده بـا اسـتفاده از یک فرم مسـتقیم ارتباطی از طریق قدرت گرانشی همبسته می‌شوند. توده‌های سنگین راه حل‌های خوب و حرکت آهسته تر دارد. و بر عکس توده سبک راه حل‌های ضعیف دارند و حرکت به طرفین آن از توده‌های سنگین بسیار سریع‌تر است.

این گـام، بهره بردای الگوریتم را تضـمین می‌کنـد. هر جرمی (عاملی) دارای ۴ خصـوصیات در GSA است. موقعیت، اینرسی جرم، جرم گرانشی فعال و جرم گرانشی غیر فعال.

سـرعت هر عامل بعد از محاسـبه شـتاب هر عامل، با اسـتفاده از قانون نیوتن به روز می‌شـود. در نتیجه مکان هر عامل با استفاده از سرعت اصلاح شده به روز می‌شود.

موقعیت جرم به راه‌حل بهینه‌سازی مساله مربوط می‌شود و همچنین گرانش و جرم‌هـای اینرسـی (جرمی که از قانون اینرسـی نیوتن تبعیـت می کنـد) تابع متناسـب را نمایش می‌دهد. الگوریتم GSA می تواند به صورت مراحل زیر خلاصه شود.

مرحله اول مقداردهی اولیه: که فرض می‌شود یک سیستم با n (بعد از فضـای جستجو) جرم‌ها، موقعیت جرم i ام به شکل زیر توصـیف می شـود. در ابتدا، موقعیت توده‌ها و جرم‌ها به طـور اتـفـاقی تنظیم می‌شـونـد. کـه بـه صـورت $X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^d, \dots x_i^n)$ است که x_i^dموقعیت جرم i ام در بعد d ام می‌باشد.

مرحله دوم ارزیابی متناسب کردن همه عوامل:

در این مرحله برای اجرای همه عوامل در هر تکرار و بهترین و بدترین تناسب را در هر تکرار به شرح زیر محاسبه می‌کنند برای یک مسئله مینیمم‌سازی

$$worst(tt) = \max_{j\in\{1,\dots,N\}} fit_j(tt) \qquad (۱۰)$$

$$best(tt) = \min_{j\in\{1,\dots,N\}} fit_j(tt) \qquad (۱۱)$$

برای یک مسئله ماکزیمم‌سازی

$$best(tt) = \max_{j\in\{1,\dots,N\}} fit_j(tt) \qquad (۱۲)$$

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

$$worst(tt) = \min_{j\in\{1,\dots,N\}} fit_j(tt) \quad (۱۳)$$

که $fit_j(tt)$ تناسب عامل jام از تکرار tt، $best(tt)$ و $worst(tt)$ بهترین (مینیمم) و بدترین (ماکزیمم) تناسب همه عوامل هستند.

مرحله سوم: محاسبه ثابت گرانشی G(tt)

در این مرحله ثابت گرانشی در تکرار tt به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$G(tt) = G_0 \exp(-\alpha \frac{tt}{T_{max}}) \quad (۱۴)$$

که G مقدار اولیه ثابت گرانشی است که به صورت اتفاقی انتخاب شده است α ثابت است، tt تکرار جاری است، T_{max} مجموع تعداد تکرارها می‌باشند.

مرحله ۴: به روز کردن گرانش و اینرسی جرم:

در این مرحله گرانشی و اینرسی جرم‌ها برای هر عامل در هر تکرار به صورت زیر به روز می‌شود.

$$M_{ai} = M_{pi} = M_{ii} = M_i, \quad i = 1,2,\dots N \quad (۱۵)$$

$$m_i(tt) = \frac{fit_i(tt) - worst(tt)}{best(tt) - worst(tt)} \quad (۱۶)$$

که $fit_i(tt)$ تناسب عامل iام در تکرار tt می باشد.

$$M_i(tt) = \frac{m_i(tt)}{\sum_{j=1}^{N} m_j(tt)} \quad (۱۷)$$

که M_{ai} جرم گرانشی فعال از عوامل iام، M_{pi} جرم گرانشی غیر فعال از عامل iام، M_{ii} جرم اینرسی عامل iام، $M_i(tt)$جرم عامل iام در تکرار tt می‌باشند.

مرحله ۵: محاسبه نیروی کل:

در این مرحله نیروی کل قطعی روی عامل $(F_i^d(tt))$ به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$F_i^d(tt) = \sum_{j=1,j\neq i}^{N} rand_j . F_{ij}^d(tt) \quad (۱۸)$$

که $rand_j$ عدد اتفاقی بین فاصله [۰و۱] است.

نیروی قطعی روی جرم iام $M_i(tt)$ از جرم jام $M_i(tt)$در تکرار خاص tt بر اساس توصیف تئوری گرانشی به شکل زیر می‌باشد:

$$F_{ij}^d(tt) = G(tt).\frac{M_{pi}(tt)\times M_{aj}(tt)}{R_{ij}(tt)+\varepsilon}\left(x_j^d(tt) - x_i^d(tt)\right) \quad (۱۹)$$

که $R_{ij}(tt)$ فاصله اقلیدسی بین عوامل iام و jام است $\left(\left|X_i(tt) - X_j(tt)\right|\right|_2)$ و ε ثابت کوچک است.

مرحله ۶: محاسبه شتاب و سرعت

در این مرحله شتاب$a_i^d(tt)$ و سرعت $v_i^d(tt)$ از عامل iام در تکرار (tt) در بعد d از طریق قانون جاذبه و قانون حرکت به شکل زیر محاسبه می‌شوند:

$$a_i^d(tt) = \frac{F_i^d(tt)}{M_{ii}(tt)} \quad (۲۰)$$

$$v_i^d(tt+1) = rand_i \times v_i^d(tt) + a_i^d(tt) \quad (۲۱)$$

که $rand_i$ عدد اتفاقی بین فاصله [۰و۱] است.

مرحله ۷: به روز کردن موقعیت عوامل:

در این مرحله موقعیت بعدی عوامل iام در بعد dام $x_i^d(tt+1)$ به شکل زیر به روز می‌شوند.

$$x_i^d(tt+1) = x_i^d(tt) + v_i^d(tt+1) \quad (۲۲)$$

مرحله ۸: تکرار:

در این مرحله، مراحل ۲ تا ۷ تکرار می شوند تا وقتی که تکرار ها به معیار برسند. در تکرار نهایی، بازده الگوریتم، مقدار موقعیت های عامل مربوطه در ابعاد مشخص را می‌دهد. این مقادیر راه‌حل‌های عمومی مسئله بهینه‌سازی هستند.

۴-شبیه‌سازی کامپیوتری

به منظور بررسی موثر بودن الگوریتم GSA در حل مساله DHS که هدف مساله مینیمم کردن هزینه تولید نیروگاه‌های حرارتی با بهره‌گیری از ماکزیمم ظرفیت تولید نیروگاه‌های برقآبی، در حالی که محدودیت‌های عملیاتی در سیستم پنج نیروگاهی(شامل چهار نیروگاه آبی و یک نیروگاه حرارتی) می-باشد ،مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

پیکره بندی این سیستم در شکل (۱) نشان داده شده است. این مدل شبکه هیدرولیکی مورد آزمایش با پیچیدگی‌های زیادی در شبکه‌های آبی عملی مواجه می‌شود. جزئیات

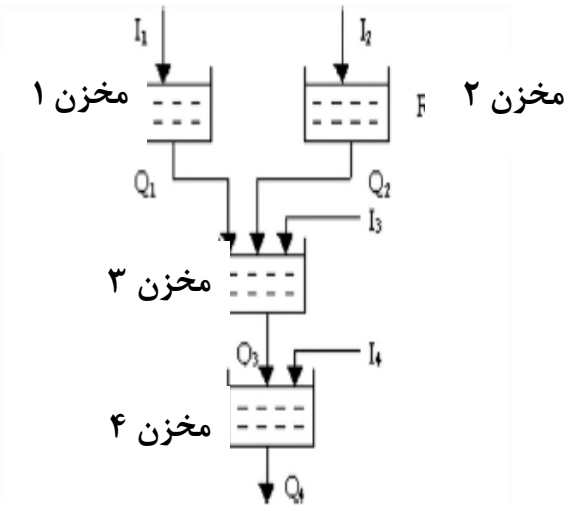
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

اطلاعات اســتفاده شــده برای شبکه آزمایشی ارائه شده در جداول (۱) تا (۶) داده شده است.

اطلاعات بار مصرفی برای ۲۴ ساعت در جدول (۱) داده شده است. در حالی که جدول (۲) ضرائب تولید برق نیروگاه آبی را می‌دهد. مرزهای حجم ذخیره مخازن، میزان تخلیه آب و شرایط مرزی حجم ذخیره مخازن در جدول (۳) داده شده اند. در جدول (۳) واحدهای ذخیره 10^4 m3 هستند، در حالی که واحدهای میزان تخلیه آب 10^4 m3/h هستند. اطلاعات مربوط به زمان تأخیر انتقال آب و تعداد نیروگاه های بالا دست در جدول (۴) داده شده است. اطلاعات مربوط به واحد حرارتی در جدول(۵) آورده شده است.

الگوریتم GSA جهت حل مساله توزیع اقتصادی روزانه در سیستم مورد مطالعه در محیط نرم افزاری MATLAB کدنویسی شده است. دوره زمان‌بندی ۲۴ ساعته با فواصل یک ساعتی در نظرگرفته شده‌است. برای پیاده سازی الگوریتم GSA برای حل مسئله DHS، تنظیمات بهینه پارامترهای مختلف موردنیاز هستند. برای این سیستم مورد مطالعه، برنامه کامپیوتری چندین بار اجرا شده است. بر این اساس پارامترهای بهینه ذیر مشخص شده‌اند تا بهترین عملکرد الگوریتم GSA ارائه شده به دست آیند:

- ۵۰ = اندازه جمعیت
- ۱۳۰ = G0 ثابت گرانشی اولیه
- ۲۰ = فاکتور α
- ۲۵۰۰ = حداکثر تکرار تولید.



شکل (۱) سیستم شبکه مورد مطالعه هیدرولیکی

جدول (۱)بار مصرفی MW)

زمان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
بار	۱۳۷۰	۱۳۹۰	۱۳۶۰	۱۲۹۰	۱۲۹۰	۱۴۱۰	۱۶۵۰	۲۰۰۰
زمان	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
بار	۲۲۴۰	۲۳۲۰	۲۲۳۰	۲۳۱۰	۲۲۳۰	۲۲۰۰	۲۱۳۰	۲۰۷۰
زمان	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
بار	۲۱۳۰	۲۱۴۰	۲۲۴۰	۲۲۸۰	۲۲۴۰	۲۱۲۰	۱۸۵۰	۱۵۹۰

جدول (۲)ضرائب تولید برق نیروگاه آبی

Plant	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
۱	-۰,۰۰۴۲	-۰,۴۲	۰,۰۳۰	۰,۹۰	۱۰,۰	-۵۰
۲	-۰,۰۰۴۰	-۰,۳۰	۰,۰۱۵	۱,۱۴	۹,۵	-۷۰
۳	-۰,۰۰۱۶	-۰,۳۰	۰,۰۱۴	۰,۵۵	۵,۵	-۴۰
٤	-۰,۰۰۳۰	-۰,۳۱	۰,۰۲۷	۱,۴۴	۱۴,۰	-۹۰

جدول (۳) ویژگی های نیروگاه آبی

Plant	V^{min} ($\times 10^4$ m^3)	V^{max} ($\times 10^4$ m^3)	$Vbegin$ ($\times 10^4$ m^3)	$Vend$ ($\times 10^4$ m^3)	Q^{min} ($\times 10^4$ m^3/h)	Q^{max} ($\times 10^4$ m^3/h)
۱	۸۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۲۰	۵	۱۵
۲	۶۰	۱۲۰	۸۰	۷۰	۶	۱۵
۳	۱۰۰	۲۴۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۰	۳۰
۴	۷۰	۱۶۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۳	۲۵

جدول(۴)اطلاعات مربوط به مخازن زنجیره ای

نیروگاه	۱	۲	۳	۴
R_u	۰	۰	۲	۱
τ_d (h)	۲	۳	۴	۰

تعداد نیروگاه بالا دست : R_u زمان تاخیر عبور آب : τ_d

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

جدول (۵) اطلاعت واحد حرارتی

واحد	$a_s(\$/h)$	b_s $(\$/MWh)$	c_s $(\$/(MW)^2h$	d_s $(\$/h)$	e_s (rad/MW)	a_s (ton/h)	β_s (ton/MWh)	γ_s (ton/MW^2h)	η_s (ton/h)	δ_s $(1/MW)$	$P_{\min}$ (MW)	$P_{\max}$ (MW)
۱	۵۰۰۰	۱۹,۲	۰,۰۰۲	۷۰۰	۰,۰۸۵	۴,۲۵۸	۵,۰۹۴	۴,۵۸۶	$۱۰^{-۶}$	۰,۰۰۸	۵۰۰	۲۵۰۰

جدول(۶) میزان جریان آب ورودی به مخازن سد ها (m^3 ×۱۰^۴)

ساعت	مخارن			
	۱	۲	۳	۴
۱	۱۰	۸	۸,۱	۲,۸
۲	۹	۸	۸,۲	۲,۴
۳	۸	۹	۴	۱,۶
۴	۷	۹	۲	۰
۵	۶	۸	۳	۰
۶	۷	۷	۴	۰
۷	۸	۶	۳	۰
۸	۹	۷	۲	۰
۹	۱۰	۸	۱	۰
۱۰	۱۱	۹	۱	۰
۱۱	۱۲	۹	۱	۰
۱۲	۱۰	۸	۲	۰
۱۳	۱۱	۸	۴	۰
۱۴	۱۲	۹	۳	۰
۱۵	۱۱	۹	۳	۰
۱۶	۱۰	۸	۲	۰
۱۷	۹	۷	۲	۰
۱۸	۸	۶	۲	۰
۱۹	۷	۷	۱	۰
۲۰	۶	۸	۱	۰
۲۱	۷	۹	۲	۰
۲۲	۸	۹	۲	۰
۲۳	۹	۸	۱	۰
۲۴	۱۰	۸	۰	۰

بر اساس پارامترهای انتخاب شده، الگوریتم GSA را ۲۵ بار از جمعیت‌های اولیه مختلف به‌صورت متوالی اجرا و بهترین نتیجه انتخاب می‌شود. مجموع هزینه نیروگاه حرارتی در فاصله زمانی به دست آمده برابر $ ۹۱۹۵۰۹ است. ساعت نهایی هر نشت مخزن، ذخیره سازی به دست آمده با GSA به ترتیب در جدول (۷) و جدول (۸) داده شده است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

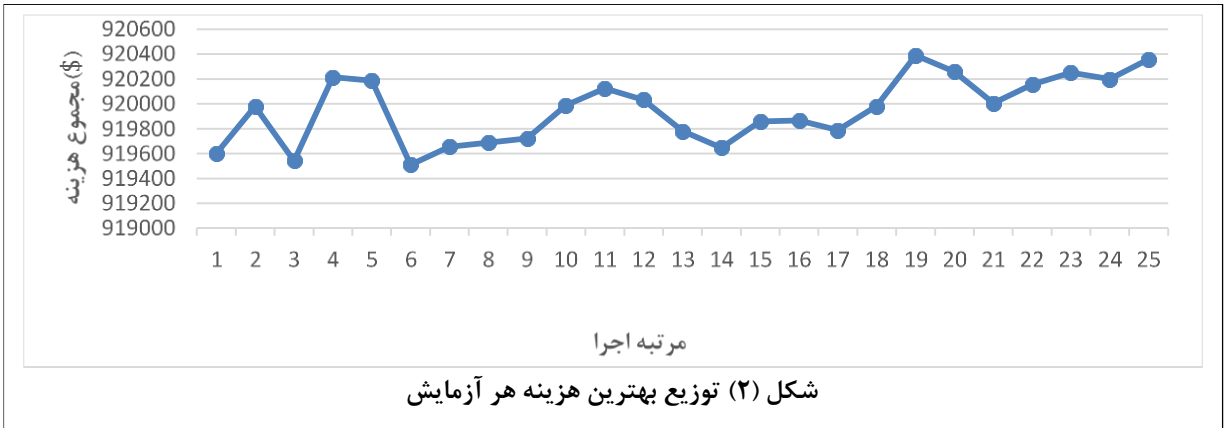
جدول (۷) تخلیه ساعتی نیروگاه آبی ($\times 10^4$ m^3/h)

زمان	نیروگاه۱	نیروگاه۲	نیروگاه۳	نیروگاه۴
۱	۸,۸۶	۶,۵۶	۳۰,۰۰	۱۳,۰۰
۲	۱۰,۰۶	۷,۰۷	۳۰,۰۰	۱۳,۰۰
۳	۸,۵۷	۶,۲۸	۳۰,۰۰	۱۳,۰۰
۴	۸,۷۲	۶,۲۵	۳۰,۰۰	۱۳,۰۰
۵	۸,۶	۶,۰۴	۱۷,۸۱	۱۳,۰۰
۶	۸,۴۲	۶,۳۳	۱۸,۱۴	۱۳,۰۰
۷	۸,۲۹	۶,۵۵	۱۶,۵۳	۱۳,۰۰
۸	۸,۶۹	۶,۷۴	۱۶,۶۶	۱۳,۰۰
۹	۸,۷۳	۶,۹۵	۱۴,۸۹	۱۳,۰۰
۱۰	۹,۰۸	۷,۱۹	۱۴,۵۵	۱۳,۰۰
۱۱	۸,۶۸	۷,۴۲	۱۵,۴۰	۱۳,۰۰
۱۲	۸,۳۲	۷,۶۷	۱۴,۷۴	۱۳,۰۸
۱۳	۸,۱۸	۷,۷۸	۱۵,۷۵	۱۴,۸۱
۱۴	۸,۲۹	۸,۸۴	۱۶,۱۴	۱۴,۵۰
۱۵	۸,۲۹	۸,۹۰	۱۷,۰۲	۱۵,۴۰
۱۶	۸,۲۳	۹,۹۵	۱۷,۳۶	۱۴,۷۴
۱۷	۸,۲۳	۸۰۹۳	۱۵,۷۴	۱۵,۸۳
۱۸	۷,۷۶	۹,۵۶	۱۶,۵۵	۱۶,۱۱
۱۹	۸,۰۱	۱۰,۱۴	۱۴,۹۳	۱۶,۹۷
۲۰	۷,۵۱	۱۰,۹۶	۱۳,۷۹	۱۷,۵۰
۲۱	۷,۷۰	۱۱,۵۷	۱۰,۰۹	۱۸,۶۵
۲۲	۷,۰۶	۱۰,۳۷	۱۰,۰۲	۲۰,۲۴
۲۳	۵,۴۸	۱۰,۶۹	۱۰,۱۶	۲۰,۱۴
۲۴	۵۰۲۲	۱۱,۰۳	۱۰,۲۴	۲۱,۸۴

بر اســاس این جدول مقدار آب تخلیه شده از هر نیروگاه در هر یک از ساعات شبانه روز آورده شده‌است.

جدول (۸) ذخیره سازی ساعتی نیروگاه آبی ($\times 10^4$ m^3)

ساعت	نیروگاه۱	نیروگاه۲	نیروگاه۳	نیروگاه۴
۱	۱۰۱,۱۴	۷۹,۲۱	۱۴۸,۱	۱۰۹,۸
۲	۱۰۰,۰۸	۸۰,۱۴	۱۲۶,۳۰	۹۹,۲۰
۳	۹۹,۵۱	۸۲,۸۶	۱۰۹,۱۶	۸۷,۸۰
۴	۹۷,۷۹	۸۵,۶۱	۱۰۰,۰۱	۷۴,۸۰
۵	۹۶,۱۹	۸۷,۵۷	۱۰۰,۸۴	۹۱,۸۰
۶	۹۳,۷۷	۸۸,۲۴	۱۰۱,۰۷	۱۰۸,۸
۷	۹۳,۴۸	۸۷,۶۹	۱۰۳,۰۲	۱۲۵,۸
۸	۹۳,۷۸	۸۷,۹۵	۱۰۲,۸۲	۱۴۲,۸
۹	۹۵,۰۶	۸۹,۰۰	۱۰۳,۵۵	۱۴۷,۵۱
۱۰	۹۶,۹۸	۹۰,۸۱	۱۰۵,۲۴	۱۵۲,۷۴
۱۱	۱۰۰,۰۳	۸۲,۳۸	۱۰۶,۳۰	۱۵۶,۶۲
۱۲	۱۰۱,۹۸	۹۲,۷۱	۱۰۹,۶۰	۱۵۹,۸۶
۱۳	۱۰۱,۷۹	۹۲,۹۳	۱۱۳,۷۲	۱۵۹,۹۴
۱۴	۱۰۸,۵۰	۹۳,۰۹	۱۱۶,۳۲	۱۵۹,۹۹
۱۵	۱۱۱,۲۱	۹۳,۱۹	۱۱۸,۶۲	۱۶۰,۰۰
۱۶	۱۱۲,۹۸	۹۱,۲۴	۱۱۸,۸۸	۱۶۰,۰۰
۱۷	۱۱۳,۷۵	۸۹,۳۱	۱۲۲,۲۶	۱۵۹,۹۲
۱۸	۱۱۳,۹۹	۸۵,۷۵	۱۲۴,۸۵	۱۵۹,۹۵
۱۹	۱۱۲,۹۸	۸۲,۶۱	۱۲۹,۰۹	۱۶۰,۰۰
۲۰	۱۱۱,۴۸	۷۹,۶۵	۱۳۲,۹۹	۱۵۹,۸۶
۲۱	۱۱۰,۷۷	۷۷,۰۸	۱۴۲,۴۸	۱۵۶,۹۵
۲۲	۱۱۱,۷۱	۷۵,۷۲	۱۵۲,۱۰	۱۵۳,۲۶
۲۳	۱۱۵,۲۱	۷۳,۰۳	۱۶۱,۶۱	۱۴۸,۰۵
۲۴	۱۲۰,۰۰	۷۰,۰۰	۱۷۰,۰۰	۱۴۰,۰۰



شکل (۲) توزیع بهترین هزینه هر آزمایش

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

به منظور اعتبارسنجی حاصل از اجرای الگوریتم GSA جهت حل مساله DHS، در مقایسه با الگوریتمDE .
برنامه کامپیوتری تهیه شده، ۲۵ بار اجرا شده و بر اساس آن ماکزیمم، میانگین و مینیمم، هزینه کلی واحد حرارتی در دو حالت با و بدون اثر موقعیت شیر بخار در جدول (۹) مقایسه شده‌است و مقادیر حاصل از روش GSA در مقایسه با DE بهتر می‌باشد.

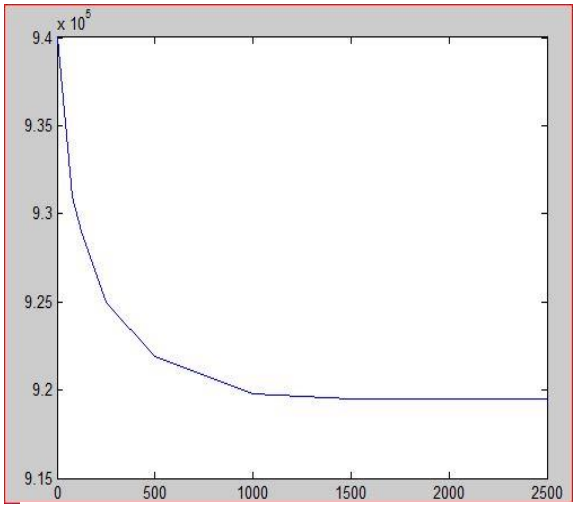
جدول (۹) مقایسه هزینه کلی واحد حرارتی در روش GSA (برحسب$/h)

روش	مینیمم	متوسط	ماکزیمم
DE بدون‌اثر شیربخار	۹۲۲۸۹۴	۹۲۳۲۲۳	۹۲۳۷۹۲
GSA بدون‌اثر شیربخار	۹۱۹۴۷۲	۹۱۹۷۹۵	۹۲۰۳۵۹
GSA با اثر شیربخار	۹۱۹۵۰۹	۹۱۹۸۶۷	۹۲۰۳۸۹

به منظور بررسی کیفیت راه حل، تنوع در هزینه نیروگاه حرارتی از ۲۵ آزمایش با استفاده از روش GSA مطرح شده را با در نظر گرفتن اثر شیر بخار بررسی می کنیم. بهترین، میانگین و بدترین مجموع هزینه نیروگاه به ترتیب ۹۱۹۵۰۹ و ۹۱۹۸۶۷و ۹۲۰۳۸۹ می باشد. هزینه کلی واحد حرارتی به ازای ۲۵ بار اجرای برنامه با در نظر گرفتن ماکزیمم تعداد تکرار در همگرایی ۲۵۰۰ در برنامه کامپیوتری با استفاده از الگوریتم GSA در شکل (۲) نشان داده شده است.
پس از مشخص شدن بهترین جواب برای کمینه کردن هزینه تولید نیروگاه حرارتی، مقادیر تولید هریک از نیروگاه های آبی و همچنین میزان تولید نیروگاه حرارتی و مقدار آلایندگی این واحد حرارتی برای هریک از ساعات شبانه‌روز در جدول (۱۰) نشان داده خواهد شد.
در این میان تنوع مجموع هزینه‌های نیروگاه حرارتی با تعداد تکرار شونده‌ها بررسی خواهد شد، که نشان‌دهنده رسیدن به بهبود در ویژگی همگرایی روش GSA مطرح شده می باشد. شکل (۳) تاثیر ماکزیمم تعداد تکرار را در همگرایی و بهترین جواب روش GSA جهت حل مساله DHS و محاسبه هزینه کلی واحد حرارتی را نشان می‌دهد.
برای روش GSA مطرح شده، یک کاهش تند و تیز در مجموع هزینه نیروگاه حرارتی در آغاز مراحل تکاملی تحت تولید ۵۰۰ وجود دارد، در حالی که آن را در طی مراحل بعدی به آرامی کاهش می‌دهد و در نهایت هزینه نیروگاه حرارتی را در راه حل به دست آمده تثبیت می کند.

جدول (۱۰) میزان تولید نیروگاه‌های آبی-حرارتی و میزان آلودگی واحد حرارتی

ساعت	Ph1(MW)	Ph2(MW)	Ph3(MW)	Ph4(MW)	Ph(MW)	ef(ton)
۱	۸۲,۴۵۹	۶۵,۸۷۹	۵۶,۳	۱۲۰,۸۸۶	۱۰۴۶	۰,۳۳
۲	۱۰۱,۱۸۱	۶۰,۷۰۷	۵۶,۳۱۴	۱۲۰,۱۰۱	۱۰۵۲	۰,۳۵
۳	۸۳,۵۳۹	۵۰,۶۲۸	۵۶,۶۲۸	۱۲۰,۰۸۳	۱۰۵۰	۰,۳۴
۴	۸۶,۰۳۳	۵۱,۶۲۵	۵۶,۶۲۵	۱۲۰,۰۲۵	۹۷۱	۰,۲۶
۵	۸۷,۱۵۸	۴۹,۶۰۴	۳۵,۱۸۷	۱۲۰,۴۱۵	۹۹۸	۰,۲۸
۶	۸۳,۷۴۲	۵۰,۶۳۳	۳۶,۱۰۱	۱۲۰,۵۸	۱۱۲۰	۰,۳۶
۷	۸۱,۶۳۱	۵۰,۶۵۵	۳۰,۸۲۹	۱۲۰,۶۶۶	۱۳۶۸	۰,۳۷
۸	۸۵,۶۳۳	۵۱,۶۷۴	۳۰,۱۶۶	۱۲۰,۴۵۸	۱۷۱۳	۰,۳۹
۹	۸۶,۸۱۰۰	۵۳,۸۹۷	۲۰,۴۲۲	۱۲۰,۴۵۵	۱۹۶۰	۰,۵۱۵
۱۰	۹۰,۸۳۴	۶۰,۷۱۹	۲۵,۴۵۵	۱۲۰,۵۴۰	۲۰۲۴	۰,۵۳
۱۱	۸۵,۷۶۱	۶۰,۷۸۴	۲۷,۵۴۰	۱۲۰,۳۶۵	۱۹۳۷	۰,۵۱
۱۲	۸۴,۶۴۹	۶۰,۱۰۹	۲۰,۴۷۴	۱۲۵,۱۴۸	۲۰۲۰	۰,۵۳
۱۳	۸۰,۸۹	۶۰,۱۴۹	۲۲,۵۷۵	۱۴۸,۷۸	۱۹۱۸	۰,۵۱
۱۴	۸۴,۶۹	۶۵,۸۴۵	۲۶,۶۱۴	۱۴۵,۲۹	۱۸۷۹	۰,۴۷
۱۵	۸۲,۲۹۴	۶۵,۸۹۰	۲۵,۷۰۲	۱۷۰,۱۲۵	۱۷۸۶	۰,۴۳
۱۶	۸۲,۵۴۲	۷۰,۹۹۵	۲۵,۹۰۲	۱۵۰,۳۲	۱۷۴۲	۰,۴۱
۱۷	۸۲,۱۷۲	۶۹,۸۹۳	۲۲,۵۷۸	۱۷۰,۳۲۰	۱۷۸۶	۰,۴۳
۱۸	۶۸,۷۴۶	۷۰,۹۵۶	۲۶,۶۵۵	۱۹۰,۹۲۰	۱۷۸۵	۰,۴۳
۱۹	۸۰,۸۰۱	۷۵,۱۰۱	۲۰,۴۹۳	۱۹۰,۸۴۴	۱۸۷۴	۰,۴۷
۲۰	۶۵,۷۵۱	۷۸,۱۰۹	۱۸,۳۰۷	۲۰۰,۴۱۵	۱۹۱۸	۰,۵۱
۲۱	۶۲,۱۰۰	۸۰,۱۱۵	۱۱,۳۶۵	۲۳۰۲۵۴	۱۸۵۶	۰,۴۷
۲۲	۶۰,۰۲۴	۷۹,۱۸۶	۱۰,۰۰۲	۲۹۰,۷۰۶	۱۶۸۰	۰,۳۹
۲۳	۷۵,۰۸۴	۷۶,۵۱۴	۱۱,۰۱۶	۲۸۸,۵۴	۱۳۹۹	۰,۳۷
۲۴	۵۶,۲۵۴	۸۰,۲۱۲	۱۲,۱۸۴	۲۹۶,۵۲	۱۱۴۵	۰,۳۷



شکل (۳) تنوع بهترین مجموع هزینه با تعداد تولید

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

۶- نتیجه‌گیری

در توزیع اقتصادی روزانه سیستم‌های آبی حرارتی، به طور کلی هدف ما کم کردن هزینه سوخت نیروگاه‌های حرارتی بواسطه افزایش تولید نیروگاه‌های آبی می‌باشد. ولی با توجه به اینکه هدف اصلی از احداث سدها مصارف آبی آن می‌باشد، حضور واحدهای حرارتی در سیستم‌های برقی الزامی می‌باشد. پیچیدگی مصرفی به وسیله آبشاری بودن مخازن شبکه هیدرولیکی، ارتباط برنامه زمان‌بندی، روابط غیرخطی در متغیرهای مسئله و زمان تأخیر انتقال آب، سبب می‌شود تا این مسئله را مشکل سازد و به جهت این امر نیازمند روش های بهینگی برای حل شدن می‌باشد. در این مقاله از الگوریتم جستجوی گرانشی جهت حل توزیع بهینه روزانه سیستم های آبی ـ حرارتی استفاده شد که به خوبی توانایی حل مساله مذکور را دارا بود.

مراجع

[1] Goldberg DE. Genetic algorithms in search optimization and machine learning. Reading: Addison-Wesley; 1989.

[2] Storn R, Price K. Differential evolution: a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. J Global Optim 1997;11:341–59.

[3] Karaboga D, Basturk B. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. J Global Optim 2007;39(3):459–71.

[4] Kenedy J, Eberhart RC. Particle swarm optimization. IEEE Int Conf Neural Netw 1995;4:1942–8.

[5] Dorigo M, Maniezzo V, Colorni A. The ant system: optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Trans Syst Man Cybern Part B 1996;26(1):29–41.

[6] Kitkpatrick S, Gelatto CD, Vecchi MP. Optimization by simulated annealing. Science 1983;220:671–80.

[7] Geem ZW, Kim JH, Loganathan GV. A new heuristic optimization algorithm: harmony search. Simulation 2001;76(2):60–8.

[8] Deb K, Pratap A, Agarwal S, Meyarivan T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA II. IEEE Trans Evol Comput 2002;6(2):182–97.

[9] Kaveh A, Talatahari S. A novel heuristic optimization method: charged system search. Acta Mech 2010;213:267–89.

[10] Simon D. Biogeography-Based Optimization. IEEE Trans Evol Comput 2008;12(6):712–3.

[11] Passino KM. Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control. IEEE Control Syst Mag 2002:52–67.

[12] Mirjalili S, Hashim SZM. A new hybrid PSOGSA algorithm for function optimization. In: International conference on computer and information application (ICCIA 2010); 2010. p. 374–7.

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

زیر نویس ها

[1] dispatching of hydrothermal system
[2] Gravitational Search Algorithm
[3] economic load dispatch
[4] Independent System Operator
[5] head

رزومه



امین عبایی فرسال (۱۳۶۷) در دزفول متولد شد. تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت در سال (۱۳۸۹)، از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، اخذ نمود و در حال حاضر دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می باشد. فعالیت پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت و ادوات فکتس می باشد.



حسن براتی در دزفول متولد شده است (۱۳۴۸). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک از دانشگاه صنعتی اصفهان(۱۳۷۱)، کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت از دانشگاه تبریز(۱۳۷۵) و دکتری مهندسی برق-قدرت از دانشگاه آزاد واحد علوم وتحقیقات تهران(۱۳۸۷) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS، کیفیت توان، و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است و در حال حاضر استادیار گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشد.

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.2.2.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013