بهینه‌سازی سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت با استفاده از الگوریتم ترکیبی کلونی مورچه و زنبور عسل

ابراهیم فرخ بخت*[۱] ، وحید هیبت اله پور[۲]

*۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد برق، موسسه آموزش عالی کارون، اهواز، ایران،E.Farokhbakht@gmail.com
۲- مربی، موسسه آموزش عالی کارون، اهواز، ایران، Vahid_hbr@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۸

چکیده: در چند سال اخیر با توجه به ظهور تجهیزات جدید در سیستم های قدرت، چالش‌هایی در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری آنها پدیدار شده است. یکی از این موضوعات توسعه واحدهای تولید همزمان حرارت و برق می‌باشد. این واحدها قابلیت تولید همزمان حرارت و برق را با توجه به محدودیت‌های خود دارا هستند. لذا لازم است که تمهیداتی برای آنها اندیشیده شود. در این مقاله پخش‌بار اقتصادی یک شبکه قدرت متشکل از واحدهای حرارتی، واحدهای الکتریکی و واحدهای تولید همزمان حرارت و برق مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور برای پیدا کردن جواب بهینه از یک الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی استفاده شده است که از دو الگوریتم کلونی مورچه و زنبور عسل بدست آمده است. روش پیشنهادی به کمک نرم افزار MATLAB شبیه‌سازی شده است و بر روی دو شبکه نمونه اجرا شده است. در شبکه‌های مورد مطالعه هر سه نوع واحد تولیدی در نظر گرفته شده است. نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی با نتایج بدست آمده از روش‌های دیگر مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش بهینه‌سازی پیشنهادی قابلیت بیشتری در پیدا کردن جواب‌های بهینه داشته است و منجر به هزینه کل کمتری شده است.

واژه‌های کلیدی: پخش‌بار اقتصادی، سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت، کلونی مورچه و زنبور عسل.

۱- مقدمه

سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) به عنوان تکنولوژی-های کارآمدتر برای تولید حرارت و برق در نظر گرفته شده‌اند. در این سیستم، حرارت و توان مورد نیاز شبکه به صورت همزمان با بازده بالاتر تولید می‌شود. روش‌های دیگری نیز مانند تولید ترموالکتریکی و سیستم‌های موتور تغییر فاز ماده نیز از حرارت اضافی در صنایع تولید الکتریسیته می‌کنند. تعیین خروجی بهینه حرارت و برق هر واحد CHP یک مسئله مهم در بهره‌برداری سیستم‌های یکپارچه CHP است که به عنوان پخش‌بار اقتصادی (CHPED) شناخته شده است. هدف CHPED آن است که خروجی‌های توان و حرارت واحدها را به منظور ارضا کردن تقاضای توان و حرارت تعیین کند. این عمل بایستی با کمترین هزینه سوخت ممکن و در نظر گرفتن قیود بهره‌برداری انجام گیرد. مسئله CHPED در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. وابستگی دو طرفه حرارت و برق در اینگونه سیستم‌ها، مسئله CHPED را به یک مسئله بهینه‌سازی پیچیده تبدیل کرده است که نیاز به روش‌های بهینه‌سازی قوی دارد. این وابستگی دوگانه فضای جستجو مسئله را غیرمحدب می‌کند. منبع دیگر غیرمحدبی بودن مسئله CHPED ناشی از مدل‌سازی اثر نقطه افزایشی دریچه است. با در نظر گرفتن اینکه مسئله CHPED یک مسئله غیرمحدب و غیرخطی است، الگوریتم ریاضی یا فراابتکاری وجود ندارد که تضمین کند که در هر حالت به جواب بهینه مطلق همگرا خواهد شد. تلاش‌های زیادی انجام گرفته است تا الگوریتم بهتری برای حل این گونه مسائل ارائه شود که می‌تواند منجر به کاهش هزینه بهره‌برداری سیستم‌های یکپارچه CHP شود.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

در این مقاله یک روش بهینه‌سازی فراابتکاری جدید که ترکیبی از دو الگوریتم فراابتکاری می‌باشد، برای حل مسئله CHPED استفاده شده است. این الگوریتم از ترکیب دو الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان (ACO) و کلونی زنبور عسل (BCO) می‌باشد[۱]. در این مقاله توان خروجی هر واحد و حرارت تولیدی آنها به عنوان متغییرهای مسئله در نظر گرفته شده است که الگوریتم بهینه‌سازی مقدار آنها را تعیین کرده است. تابع هدف مسئله هم که هزینه کل بهره‌برداری شبکه می‌باشد که شامل هزینه تولید حرارت و توان توسط واحدهای CHP، هزینه تولید توان توسط واحدهای دیگر و هزینه تولید حرارت توسط واحدهای حرارتی تنها می‌باشد. قیود عملیاتی در نظر گرفته شده در مسئله نیز شامل قیود مساوی و نامساوی است که در دسته قیود مساوی، برابر بودن توان تولیدی و مصرفی و حرارت تولیدی و مصرفی قرار دارند. در دسته قیود نامساوی، حداقل و حداکثر توان و حرارت تولیدی توسط هر یک از واحدها لحاظ شده است.

سیستم‌های قدرت الکتریکی یکی از مهمترین منابع تولید انرژی محسوب می‌شود. امروزه یکی از مهمترین مسائل در بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، توزیع بار بین واحدهای تولید انرژی می‌باشد، به نحوی که کمترین هزینه را برای نیروگاه‌ها در برداشته باشد. استراتژی‌های گوناگونی برای حداقل کردن هزینه واحدهای تولید انرژی الکتریکی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی پیشنهاد شده است. بنابراین امروزه تلاش می‌شود که با روش‌های مختلف این هزینه ها کاهش یابد. تعدادی از این روش‌ها بر مبنای روش‌های بهینه‌سازی ریاضی می‌باشند، نظیر برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی درجه دوم[۲]. روش‌های برنامه‌ریزی خطی عموماً سریع هستند و از تقریب خطی و تکه‌ای هزینه سوخت استفاده می‌کنند. با این تقریب دقت مسأله کم می‌شود. برای غلبه بر مشکل بالا از برنامه‌ریزی غیرخطی استفاده می‌شود. اما برنامه‌ریزی غیرخطی نیز مشکل همگرایی داشته و الگوریتم پیچیده‌ای دارد. حل برخی از محدودیت‌های غیرخطی با برنامه‌ریزی غیرخطی نیز خیلی مشکل است[۳]. همچنین با افزایش تعداد واحدها، زمان و حافظه مورد نیاز برای حل مسئله بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند علاوه بر مواجه نبودن با محدودیت‌های ذکر شده، زمان و ابعاد حل مسئله تقریباً به صورت خطی با تعداد واحدها افزایش می‌یابد که با وجود کامپیوترهای امروزی، انتخابی صحیح برای حل مسائل عملی توزیع اقتصادی بار به نظر می‌رسند. به همین دلیل استفاده از روش‌های هوشمندی نظیر بهینه‌سازی اجتماع ذرات [۳] و الگوریتم ژنتیک [۴] در حل مسئله توزیع اقتصادی بار بسیار رایج می‌باشد. علاوه بر این‌ها الگوریتم تفاضل تکاملی برای توزیع اقتصادی بار نیز اجرا شده است[۵]. الگوریتم تکاملی یک الگوریتم جستجوی تصادفی است و ساختار ساده‌ای دارد اما این الگوریتم ممکن است خیلی سریع به نقاط محلی همگرا شود. امروزه مقالات مختلفی به بررسی موضوع CHPED پرداخته‌اند. بهترین جواب مسئله CHPED با استفاده از الگوریتم جستجوی هماهنگ در [۶-۷] ارائه شده است. تابع هدف درجه دو برای واحدهای تولیدکننده توان در [۶-۷] در نظر گرفته شده است و اثرات نقطه افزایشی دریچه در نظر گرفته نشده است. در [۸] مسئله CHPED چندهدفه با در نظر گرفتن توان واحدهای بادی به کمک الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات (PSO) انجام گرفته است. در این مقاله تابع هدف درجه دوم برای کمینه کردن همزمان هزینه و آلودگی لحاظ شده است. در[۹] یک نوع الگوریتم PSO انتخابگر برای بهبود کارآمدی الگوریتم PSO در حل مسئله CHPED ارائه شده است. دیگر روش‌های محاسباتی ابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک [۱۰]، برنامه-ریزی ابتکاری [۱۱]، جستجوی هماهنگ [۱۲]،PSO [۱۳-۱۴] و الگوریتم مبتنی بر آموزش [۱۵] در مقالات مختلفی برای حل مسئله CHPED ارائه شده اند. در [۱۶] الگوریتم ژنتیک کدشده حقیقی با جهش بهبودیافته برای حل مسئله CHPED ارائه شده است. جهش بهبودیافته بر روی الگوریتم ژنتیک ابتدایی اعمال شده است تا سرعت همگرایی و عملکرد آن را بهبود ببخشد. هدف از مقاله [۱۷] آن است که روش جدیدی برای پخش‌بار اقتصادی در یک شرکت تولیدی (GENCO) ارائه کند. هدف از این روش بیشینه کردن سود و کمینه کردن میزان آلودگی‌های زیست محیطی بر اساس یکپارچه‌سازی سیستم‌های CHP و واحدهای حرارتی معمول می‌باشد. در این مطالعه از روش تجزیه بندرز برای حل مسئله استفاده شده است. مسئله CHPED یک مسئله غیرمحدب است که در این مقاله به کمک روش بندرز حل شده و نتایج آن با نتایج بدست امده از روش بهینه‌سازی جستجوی گرانشی و رقابت استعماری مقایسه شده است تا صحت نتایج بدست امده مورد بررسی قرار بگیرد. در [۱۸] یک مفهوم جامع از بهره‌برداری واحدهای CHP در یک محیط تجدیدساختار یافته ارائه شده است. برای این منظور، ساختار فرایند تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن پیشنهادات ارائه شده، بسته شدن بازار و برنامه‌ریزی بهره‌برداری واحد CHP ارائه شده است. یک مدل برنامه‌ریزی خطی آمیخته با اعداد صحیح تصادفی چند مرحله‌ای در این مقاله ارائه شده است که به صورت همزمان بهره‌برداری واحد CHP همراه با ذخیره‌ساز گرمایی و پیشنهادی در بازار برق را بهینه می‌سازد. در [۱۹] مسئله CHPED به کمک الگوریتم بهینه‌سازی جستجو گروهی حل شده است. در این مقاله اثر نقطه افزایشی دریچه و نواحی بهره‌برداری ممنوعه واحدهای حرارتی معمول در نظر گرفته شده است. روش پیشنهادی در این مقاله بر روی چهار سیستم و شبکه نمونه اجرا شده است و نتایج بدست امده از آنها با نتایج دیگر روش‌ها مقایسه شده است. نتایج نشان داده است که روش بهینه‌سازی پیشنهادی توانایی مناسبی در پیدا کردن جواب-های بهینه از خود نشان داده است. در [۲۰] ، یک مرور کامل و جامع بر استفاده از روش‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری برای حل مسئله CHPED انجام شده است. علاوه بر این، روش‌های بهینه‌سازی ابتکاری و فراابتکاری مشهورتر در این مقاله مورد مطالعه قرار گرفته و برای حل

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

مسئله CHPED با در نظر گرفتن توابع هدف و قیود مربوطه به کار گرفته شده‌اند.

در این مقاله موضوع بهینه‌سازی شبکه‌های قدرت با حضور واحدهای CHP و واحدهای حرارتی و برقی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق آن است که بتوان واحدهای CHP و حرارتی را نیز در مسئله پخش‌بار اقتصادی مدلسازی کرد. برای این منظور هر دو هزینه حرارت و برق مصرف شده در نظر گرفته شده است و قیود مربوط به حرارت و برق تولیدی واحدها CHP و ارتباط بین ان‌ها مدل‌سازی شده است. ادامه مقاله بدین صورت می‌باشد که در بخش دوم به بیان مسئله پخش‌بار اقتصادی پرداخته شده است. دربخش سوم الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی کلونی مورچگان و زنبور عسل به عنوان روش مورد مطالعه بیان و روابط مربوط به آن آورده شده است. بخش چهارم به ارائه نتایج شبیه‌سازی و تجزیه و تفسیر آنها اختصاص داده شده است. ارائه نتیجه‌گیری نیز در بخش پنجم انجام گرفته است.

۲- تئوری و فرمول‌بندی مسئله

توزیع اقتصادی بار در سیستم قدرت به معنای پیدا کردن ترکیبی بهینه از توان‌های تولیدی که هزینه تولید را کاهش داده، می‌باشد به طوری که قیود خاص این مسئله را ارضاء کند. مسئله پخش‌بار اقتصادی در عمل، دارای توابع هزینه غیرصافی است که همراه با قیود مساوی و نامساوی بسیاری می‌باشد که باید این شروط برقرار شود. در این مقاله، به بررسی پخش‌بار اقتصادی با درنظر گرفتن توابع هزینه غیرصاف پرداخته می‌شود. در سیستم‌های قدرت، توابع واقعی یک مسئله پخش‌بار اقتصادی به دلیل تاثیرات نقاط شیر(ولو) و یا استفاده از چند سوخت در فرایند تولید بخار، دارای نقاط مشتق‌ناپذیری هستند. بنابراین، توابع واقعی باید به صورت دسته‌ای از توابع هزینه غیرصاف نوشته شوند. در تابع هزینه غیرصاف بر اثر اثرات نقاط شیر (ولو)، تابع هزینه به صورت جمع توابع سینوسی و توابع درجه دوم در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌ای دیگر برای توابع هزینه ناصاف مسئله استفاده از چند سوخت است که در آنجا تابع هزینه به صورت تابع درجه دوم تکه‌ای در نظر گرفته می‌شود. در هر دو مورد، چندین نقطه کمینه در مسئله پخش بار اقتصادی سیستم قدرت وجود دارد. در ادامه به بررسی این نوع توابع هزینه پرداخته می‌شود.

در پایان نیز قیود حاکم بر پخش‌بار اقتصادی در سیستم قدرت و مسئله تلفات در این موضوع، مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد.

۲-۱- تابع هدف

تابع هدف مسئله CHPED کمینه کردن هزینه تولید حرارت و برق می‌باشد در حالی‌که تقاضای مورد نیاز بارها برای حرارت و برق برآورده شود و دیگر قیود مربوط به واحدها ارضا شوند. تابع هدف مسئله به صورت زیر تعریف می‌شود [۲۱]:

$$\min \sum_{i=1}^{N_p} C_i\left(P_i^p\right)+\sum_{j=1}^{N_c} C_j\left(P_j^c,H_j^c\right)+\sum_{k=1}^{N_h} C_k\left(H_k^h\right) \qquad (۱)$$

که N_p، N_c و N_h تعداد واحدهای برقی، واحدهای CHP و واحدهای حرارتی می‌باشد. متغییرهای H و P نیز به ترتیب میزان حرارت و توان الکتریکی خروجی واحد را نشان می‌دهد.

متغییرهای $C_i\left(P_i^p\right)$ ، $C_j\left(P_j^c,H_j^c\right)$ و $C_k\left(H_k^h\right)$ به ترتیب هزینه سوخت واحد i ام، تابع هزینه واحد همزمان j ام و هزینه واحد حرارتی k ام را نشان می‌دهد.

تابع هزینه درجه دوم واحدهای توان می‌تواند به صورت رابطه (۲) بیان گردد:

$$C_i\left(P_i^p\right)=\alpha_i\left(P_i^p\right)^2+\beta_i\left(P_i^p\right)+\gamma_i \qquad (۲)$$

که α_i ، β_i و γ_i به ترتیب ضرایب تابع هزینه واحد برقی i ام می‌باشد. در واحدهای تولیدی عملی، اثر شیرهای بخار منجر به تولید ریپل در هزینه تولید می‌شود. به منظور مدل‌سازی این اثر، یک عبارت سینوسی به تابع هدف درجه دوم اضافه می‌شود. در نظر گرفتن اثر شیرها مسئله بهینه‌سازی را غیرمحدب و مشتق ناپذیر می‌کند. تابع هزینه واحد با در نظر گرفتن اثر شیرها به صورت رابطه (۳) خواهد بود:

$$C_i\left(P_i^p\right)=\alpha_i\left(P_i^p\right)^2+\beta_i\left(P_i^p\right)+\gamma_i+\left|\lambda_i \sin\left(\rho_i\left(P_i^{P_{\min}}-P_i^p\right)\right)\right| \qquad (۳)$$

که λ_i و ρ_i ضرایب هزینه برای مدل‌سازی اثر شیرها می‌باشند.

هزینه تولید واحدهای CHP و حرارتی به صورت روابط (۴) و (۵) تعریف شده است:

$$C_j\left(P_j^c,H_j^c\right)=a_j\left(P_j^c\right)^2+b_jP_j^c+c_j+d_j\left(H_j^c\right)^2+e_jH_j^c+f_jP_j^cH_j^c \qquad (۴)$$

$$C_k\left(H_k^h\right)=a_k\left(H_k^h\right)^2+b_kH_k^h+c_k \qquad (۵)$$

که a_j,b_j,c_j,d_j,e_j و f_j ضرایب هزینه واحد همزمان j ام می‌باشند. پارامترهای a_k، b_k و c_k نیز ضرایب هزینه واحد حرارتی k ام می‌باشند.

۲-۲- قیود مسئله

مسئله CHPED باید با در نظر گرفتن قیودی که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود، حل شود.

۲-۲-۱- قیود مساوی

قید تعادل توان الکتریکی و حرارتی مصرفی و تولیدی به صورت روابط (۶) و (۷) بیان می‌گردند.

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

$$\sum_{i=1}^{N_p} P_i^p + \sum_{j=1}^{N_c} P_j^c = P_{demand} \quad (۶)$$

$$\sum_{j=1}^{N_c} H_j^c + \sum_{k=1}^{N_h} H_k^h = H_{demand} \quad (۷)$$

که P_{demand} و H_{demand} به ترتیب توان الکتریکی و حرارتی مصرفی سیستم می‌باشند.

۲-۲- قیود نامساوی

قیود ظرفیت واحدها به صورت روابط (۸) تا (۱۰) بیان می‌شود.

$$P_i^{p_{\min}} \le P_i^p \le P_i^{p_{\max}} \qquad i = 1,\ldots,N_p \quad (۸)$$

$$P_j^{c_{\min}}\left(H_j^c\right) \le P_j^c \le P_j^{c_{\max}}\left(H_j^c\right) \qquad j = 1,\ldots,N_c \quad (۹)$$

$$H_j^{c_{\min}}\left(P_j^c\right) \le H_j^c \le H_j^{c_{\max}}\left(P_j^c\right) \qquad j = 1,\ldots,N_c \quad (۱۰)$$

$$H_k^{h_{\min}} \le H_k^h \le H_k^{h_{\max}} \qquad k = 1,\ldots,N_h \quad (۱۱)$$

که $P_i^{p_{\min}}$ و $P_i^{p_{\max}}$ به ترتیب حداقل و حداکثر توان خروجی واحد تولیدی i ام بر حسب مگاوات می‌باشد. پارامترهای $P_j^{c_{\min}}\left(H_j^c\right)$، $P_j^{c_{\max}}\left(H_j^c\right)$، $H_j^{c_{\min}}\left(P_j^c\right)$ و $H_j^{c_{\max}}\left(P_j^c\right)$ توابعی هستند که محدوده واحدهای CHP را با در نظر گرفتن حرارت و توان تولیدی توسط واحد همزمان j ام را نشان می‌دهد. همچنین $H_k^{h_{\min}}$ و $H_k^{h_{\max}}$ حداقل و حداکثر حرارت خروجی واحد حرارتی k ام را نشان می‌دهند.

۳-روش حل مسئله

در روش ACO، در طول پیشرفت الگوریتم، عملکرد الگوریتم نزولی خواهد بود و در ABC همگرایی تاخیردار وجود خواهد داشت، چرا که تعداد تشدیدها توسط زنبور عسل زیاد خواهد شد. روش ترکیبی ACO-ABC به گونه ای پیشنهاد شده است که تشدیدهای رخ داده توسط زنبورها بین هر دو بخش الگوریتم تقسیم شوند. الگوریتم ACO تنها ایجاد تنوع را انجام داده و بنابراین تشدید نخواهد داشت. این الگوریتم جدید ترکیبی از مزایای هر دو الگوریتم ACO و ABC می باشد. روش ACO جواب های ممکن موجود را در فضای جستجو پیدا کرده و مجموعه اولیه جواب ها را تولید می کند. این مجموعه ها برای انجام عملیات بهره برداری در اختیار زنبورها قرار داده می شود. بنابراین، در روش ترکیبی پیشنهادی جستجوی جواب های اولیه توسط زنبورها وجود نخواهد داشت. انها یک نوع بهره برداری سطح اولیه را انجام می دهند. بر اساس اطلاعات زنبورها، فرایند بهره برداری در سطح دوم برای بهینه سازی بهتر انجام خواهد گرفت. جواب های بد فیلتر خواهند شد و تنها جواب های بهینه برای تولید نسل بعدی Aco استفاده خواهند شد. روش Aco تنها بهترین جواب های را در نظر گرفته و یک جستجوی کلی برای جواب های از دست رفته انجام می دهد. با این ترکیب، هر دو الگوریتم تلاش خواهند کرد تا یکدیگر را تکمیل کنند و تشدید بهتری برای Aco رخ خواهد داد و از همگرایی با تاخیر ABC جلوگیری به عمل خواهد آمد.

۳-۱- الگوریتم ترکیبی AC-ABC

جزئیات روش پیشنهادی و معادلات مربوطه در این بخش ارائه شده است. در ابتدا جمعیت مورچه‌ها (K)، زنبورهای کاگر و ناظر (SN) برابر با تعداد ویژگی‌ها تنظیم می‌شوند(M). مقدار فرومون‌ها به تمام ویژگی‌ها تخصیص داده می‌شود. برای مورچه‌ها برای شروع جستجو، به هر مورچه یک زیرمجموعه ویژگی شامل ترکیب تصادفی ویژگی‌ها تخصیص داده می‌شود. هر مورچه یک ویژگی را بر اساس احتمال رابطه (۱۲) انتخاب می کند:

$$p_i = \tau_i.\Delta\tau_i \quad (۱۲)$$

که τ_i مقدار فرومون ویژگی i ام و $\Delta\tau_i$ سهم مورچه‌ها می‌باشد که این ویژگی را انتخاب کرده‌اند. هر زمان که یک مورچه یک ویژگی را انتخاب می‌کند، مقدار فرمون ویژگی بر اساس رابطه (۱۳) به روز می-شود:

$$\tau_i = (1-\phi).\tau_i + \phi.\tau_0 \quad (۱۳)$$

که ϕ برابر با پارامتر اهمیت مربوطه بوده و مقداری بین ۰ تا ۱ خواهد داشت. بعد از انکه تمام مورچه‌ها یک رشته عملیات را انجام دادند، زیرمجموعه‌های ویژگی انتخاب شده توسط مورچه‌ها به زنبورهای کارگر به عنوان موقعیت منابع غذای اولیه، انتقال داده می‌شود. این زیرمجموعه‌های ویژگی دریافت شده از مورچه‌ها، منابع غذا را کلونی زنبور نشان می‌دهد و توسط رابطه (۱۴) نشان داده می‌شود:

$$F(S_j), S_j \in R^N \quad (۱۴)$$

که منبع غذای S_j زیرمجموعه ویژگی j ام را نشان می‌دهد. $F(S_j): j = 1,2,\ldots,SN$ مجموعه تمام زیرمجموعه‌های ویژگی انتخاب شده توسط تمام مورچه‌ها را نشان می‌دهد که به کلونی زنبور عسل منتقل شده است، N ابعاد جمعیت زنبورهای عسل را نشان می-دهد و R^N فضای کل ویژگی مسئله را نشان می‌دهد. دقت قابل پیش-بینی ممکن که می‌تواند توسط زیرمجموعه ویژگی بدست آید، نشان دهنده مقدار شهد آن می‌باشد. سپس با استفاده از اطلاعات شهد، زنبورهای شاغل مقادیر تابع هدف را برای هر منبع غذا به کمک رابطه (۱۵) محاسبه می‌کند.

$$fit_j = \frac{1}{1+f_j} \quad (۱۵)$$

که fj مقدار تابع هدف زیرمجموعه ویژگی Sj می‌باشد. مقدار fj بر اساس ارتباط ناشناخته زیرمجموعه ویژگی به دسته‌ها تعیین می‌شود.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

یعنی توانایی زیرمجموعه ویژگی برای تشخیص بین دسته‌ها می‌باشد. بعد از آنکه مقدار توابع هدف زیرمجموعه‌ها مشخص شدند، زنبورهای ناظر، اطلاعات را از زنبورهای کارگر گرفته و یک زیرمجموعه را برای بهره‌برداری انتخاب می‌کنند. یک زنبور ناظر اشاره به یک زیرمجموعه خاص دارد که یک زیرمجموعه را در همسایگی خود مبتنی بر احتمال انتخاب می‌کند.

$$p_j = \frac{fit_j}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \qquad (۱۶)$$

که fitj برابر با مقدار تابع هدف زیرمجموعه همسایه Sj که زنبور ناظر انتخاب کرده است. زمانی که یک زیرمجموعه انتخاب می‌شود، ناظر یک موقعیت جدید vj را به کمک رابطه ۱۷ تولید می‌کند.

$$v_j(S_j) = x_j(S_j) + \phi\left(x_j(S_j) - x_l(S_l)\right) \qquad (۱۷)$$

که $x_j(S_j)$ دقت پیش‌گویانه زیرمجموعه (S_j) است، که زنبور ناظر در حال حاضر در حال بهره‌برداری از آن می‌باشد. $x_l(S_l)$ برابر با دقت پیش‌گویانه زیرمجموعه S_l است که ناظر برای استخراج بیشتر در همسایگی خود انتخاب کرده است و $v_j(S_j)$ جواب جدید تولید شده توسط ناظر در موقعیت کنونی آن است، زمانیکه سعی در تولید ترکیب‌های زیرمجموعه جدید دارد. اگر جواب جدید v_j بزرگتر از جواب قدیمی x_j در زیرمجموعه باشد، آنگاه جواب جدید جایگزین جواب قدیمی خواهد شد، یعنی اینکه زیرمجموعه S_j با یک زیرمجموعه جدید جایگزین شده است که ترکیب ویژگی‌های حاضر در S_j و S_l است، در غیر این صورت جواب قدیمی x_j همچنان باقی خواهد ماند. پارامتر ϕ یک عدد در بازه ۰ تا ۱ است که به صورت تصادفی تولید شده است و به منظور کنترل تولید زیرمجموعه‌های همسایه S_j توسط زنبور ناظر در نظر گرفته شده است. همچنین، پارامتر ϕ نشان دهنده مقایسه بین دو زیرمجموعه S_j و S_l توسط یک زنبور است. در معادله (۱۷)، هرچه که اختلاف بین $x_j(S_j)$ و $x_l(S_l)$ کمتر شود، آشفتگی $x_j(S_j)$ نیزکمتر خواهد شد.

تولید زیرمجموعه‌های جدید توسط زنبورهای ناظر، با توجه به رابطه (۱۷)، برای یک تعداد مشخص از قبل تعیین شده ادامه می‌یابد. بهترین زیرمجموعه انتخاب شده و زیرمجموعه‌های جدید تولید شده به کلونی مورچه بازگردانده می‌شوند. بر اساس بهترین زیرمجموعه برگردانده شده از کلونی زنبورها، فرومون کلی مبتنی بر رابطه (۱۸) به روز می‌شود.

$$\tau_i = (1-\rho).\tau_i + \left(\rho.\frac{1}{K_{best}}\right)^{\beta} \qquad (۱۸)$$

که ρ نرخ فرومون تخصیص داده شده به هر مورچه است. پارامتر K_{best} مورچه‌ای را نشان می‌دهد که زیرمجموعه ویژگی آن بالاترین دقت را در آن تکرار داشته است که به عنوان بهترین مورچه شناخته می‌شود. در ادامه، با مقادیر فرومون جدید، مورچه‌ها بهره‌برداری خود را بر اساس احتمال محاسبه شده توسط رابطه (۱۲) انجام می‌دهند. زیرمجموعه‌های جدید تولید شده به عنوان منابع غذای جدید برای کلونی زنبور عسل در نسل بعدی در نظر گرفته می‌شوند. این مراحل برای یک تعداد تکرار مشخص انجام می‌شود تا بهترین زیرمجموعه منجر به بالاترین دقت، به عنوان جواب نهایی بدست آید.

۳-۲-روش پیشنهادی جهت حل مسئله CHPED

در این بخش نحوه پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی برای حل مسئله CHPED ارائه شده است. در ادامه گام‌های مختلف این الگوریتم آورده شده است.

- گام اول: مقداردهی اولیه ACO و ABC

در این مرحله مقداردهی اولیه متغیرها و پارامترها انجام می شود. متغیرهای مسئله همان توان تولیدی واحدهای حرارتی، واحدهای برقی و واحدهای CHP هستند. مقداردهی اولیه آنها به صورت تصادفی ابتدا تعیین می شود. همچنین مقدار فرومون ها به هر ویژگی تخصیص داده می شود. همچنین جمعیت زنبورهای شاغل و ناظر برابر با تعداد مورچه ها تنظیم می شود.

- گام دوم: تخصیص فرومون ها

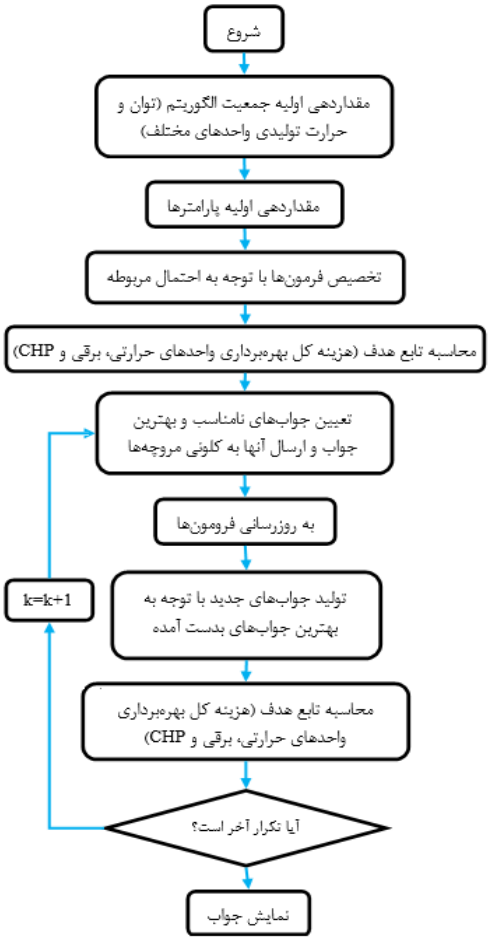
برای هر ویژگی، احتمال انتخاب متغیر i ام توسط مورچه (pi) محاسبه می شود.مقدار فرومون متغیر انتخاب شده به روز می شود.اینکار برای تمام مورچه ها انجام می شود.

- گام سوم: عملکرد زنبورهای شاغل
  - تخصیص زیرمجموعه متغیرهای انتخاب شده توسط هر مورچه به هر زنبور شاغل به عنوان موقعیت های منبع غذا
  - محاسبه تابع هدف. تابع هدف در نظر گرفته شده در این مقاله، همان هزینه کل بهره برداری شبکه می باشد. یعنی با توجه به مقدار توان و حرارت تولیدی واحدهای مختلف و تابع هزینه هر یک از واحدها، تابع هدف تعریف شده محاسبه خواهد شد.
  - محاسبه احتمال (pj) برای تعیین تعداد زنبورهای ناظر
- گام چهارم: عملکرد زنبورهای ناظر
  - استفاده از مکانیزم انتخاب
  - تعیین جواب های نامناسب
  - ذخیره بهترین جواب
  - ارسال بهترین جواب به کلونی مورچه
- گام پنجم: به روزرسانی
  - مقدار فرومون ها با استفاده از بهترین جواب بدست آمده به روز خواهد شد.
- گام ششم: تولید جواب های جدید

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

- در این مرحله مورچه ها جواب های جدیدی از جواب های مناسب قبلی گرفته شده از گام قبلی تولید خواهند کرد.
- گام هفتم: ذخیره بهترین جواب بدست آمده
- در این مرحله با توجه به مقدار توابع هدف بدست آمده، بهترین جواب (جواب بهینه تا این مرحله) ذخیره خواهد شد.
- گام هشتم: بررسی شرط خاتمه
- در صورتیکه شرط خاتمه برآورده شده باشد، الگوریتم تمام خواهد شد. در غیر این صورت به گام سوم خواهد رفت.

در فلوچارت شکل (۱) نحوه عملکرد روش پیشنهادی نشان داده شده است.



شکل (۱): فلوچارت الگوریتم روش پیشنهادی

۴-نتایج شبیه سازی و کامپیوتری

در این بخش به بررسی روش پیشنهادی توضیح داده شده در بخش قبل خواهیم پرداخت. برای این منظور دو شبکه نمونه مورد بررسی و شبیه‌سازی قرار گرفته‌اند. شبکه اول شامل ۵ واحد تولیدی، که عبارتند از ۱ واحد تولید توان معمولی، ۳ واحد تولید توان CHP و یک واحد حرارتی با سه سطح بار مختلف است، می‌باشند. پارامترهای تابع هدف واحدهای CHP نیز در جدول (۱) آورده شده است. شبکه دوم ۱۳ واحد معمولی، ۶ واحد CHP و ۵ واحد حرارتی با در نظر گرفتن اثر دریچه شیر دارد که اطلاعات این واحدها در جدول ۲ آورده شده است. تمامی محاسبات با استفاده از نرم افزار MATLAB صورت گرفته است.

۴-۱- نتایج شبکه ۵ واحده

در جدول (۳) نتایج بدست آمده برای شبکه ۵ واحده آورده شده است. علاوه بر نتایج روش پیشنهادی در این مقاله نتایج مربوط به روش‌های دیگر نیز آورده شده است.

۴-۲- نتایج شبکه ۲۴ واحده

در جدول (۴) نتایج بدست آمده P و H برای شبکه ۲۴ واحده آورده شده است. و در جدول شماره (۵) هزینه روش پیشنهادی و روش‌های دیگر آورده شده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله موضوع برنامه‌ریزی بهینه واحدهای الکتریکی، حرارتی و CHP مورد مطالعه قرار گرفت. توزیع اقتصادی بار بین واحدهای مختلف جهت تأمین برق و حرارت مورد نیاز بارها با هدف کمینه کردن هزینه کل بهره‌برداری با در نظر گرفتن قیود مربوطه مورد بررسی قرار گرفت. برای پیدا کردن جواب بهینه مسئله از الگوریتم ترکیبی کلونی مورچگان و زنبور عسل استفاده شد. روش پیشنهادی که به کمک نرم-افزار MATLAB کدنویسی شد، بر روی دو شبکه نمونه ۵ و ۲۴ واحده اجرا گردید و نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌ها با نتایج روش-های دیگر مقایسه گردید.

در ادامه به صورت خلاصه نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌های انجام شده آورده شده است:

- الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی پیشنهادی منجر به تولید جواب‌های بهتری در مقایسه با روش‌های دیگر بهینه‌سازی شده است.
- با در نظر گرفتن اثر تغییر سوخت و شیر نیروگاه‌ها و غیرخطی شدن مسئله، الگوریتم پیشنهادی توانست به خوبی به جواب بهینه مناسبی دست یابد.

مراجع

[1] Shunmugapriya P, S. Kanmani. "A hybrid algorithm using ant and bee colony optimization for feature selection and classification (AC-ABC Hybrid)." Swarm and Evolutionary Computation, V0l. 36, pp. 27-36, May 2017.

[2] R, "Security constrained economic dispatch with participation factors based on worst case bus load variations", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. 96, No.2, pp. 347–356, 2006.

[3] Liu, Yang, Wei Wang, and Noradin Ghadimi. "Electricity load forecasting by an improved forecast engine for building level consumers." Energy,Vol. 39, pp. 18-30, May 2017.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

جدول(۱): پارامترهای واحد های CHP برای سیستم ۵ واحده

واحدهای CHP	a	b	c	d	e	f	مختصات نواحی مجاز
۲	۰/۰۴۳۵	۳۶	۱۲۵۰	۰/۰۲۷	۰/۶	۰/۰۱۱	[44,0], [44,15.9], [40,75], [110.2,135.6], [125.8,32.4], [125.8, 0]
۳	۰/۱۰۳۵	۳۴/۵	۲۶۵۰	۰/۰۲۵	۲/۲۰۳	۰/۰۵۱	[20,0], [10,40], [45,55], [60,0]
۴	۰/۰۷۲	۲۰	۱۵۶۵	۰/۰۲	۲/۳۴	۰/۰۴	[35,0], [35,20], [90,45], [90,25], [105,0]

جدول(۲): پارمترهای سیستم ۲۴ واحده

واحدهای معمولی							
واحد	α	β	γ	λ	ρ	$P^{P_{\min}}(MW)$	$P^{P_{\max}}(MW)$
۱	۰/۰۰۰۲۸	۸/۱	۵۵۰	۳۰۰	۰/۰۳۵	۰	۶۸۰
۲	۰/۰۰۰۵۶	۸/۱	۳۰۹	۲۰۰	۰/۰۴۲	۰	۳۶۰
۳	۰/۰۰۰۵۶	۸/۱	۳۰۹	۲۰۰	۰/۰۴۲	۰	۳۶۰
۴	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳	۶۰	۱۸۰
۵	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳	۶۰	۱۸۰
۶	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳	۶۰	۱۸۰
۷	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳	۶۰	۱۸۰
۸	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳	۶۰	۱۸۰
۹	۰/۰۰۳۲۴	۷/۷۴	۲۴۰	۱۵۰	۰/۰۶۳	۶۰	۱۸۰
۱۰	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴	۴۰	۱۲۰
۱۱	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴	۴۰	۱۲۰
۱۲	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴	۵۵	۱۲۰
۱۳	۰/۰۰۲۸۴	۸/۶	۱۲۶	۱۰۰	۰/۰۸۴	۵۵	۱۲۰
واحدهای CHP	a	b	c	D	E	F	مناطق مجاز
۱۴	۰/۰۳۴۵	۱۴/۵	۲۶۵۰	۰/۰۳۰	۴/۲	۰/۰۳۱	[98.8, 0], [81, 104.8], [215, 180], [247, 0]
۱۵	۰/۰۳۴۵	۳۶	۱۲۵۰	۰/۰۲۷	۰/۶	۰/۰۱۱	[44, 0], [44, 15.9], [40, 75], [110.2, 135.6], [125.8, 32.4], [125.8, 0]
۱۶	۰/۰۳۴۵	۱۴/۵	۲۶۵۰	۰/۰۳۰	۴/۲	۰/۰۳۱	[98.8, 0], [81, 104.8], [215, 180], [247, 0]
۱۷	۰/۰۳۴۵	۳۶	۱۲۵۰	۰/۰۲۷	۰/۶	۰/۰۱۱	[44, 0], [44, 15.9], [40, 75], [110.2, 135.6], [125.8, 32.4], [125.8, 0]
۱۸	۰/۱۰۳۵	۳۴/۵	۲۶۵۰	۰/۰۲۵	۲/۲۰۳	۰/۰۵۱	[20, 0], [10, 40], [45, 55], [60, 0]
۱۹	۰/۰۷۲	۲۰	۱۵۶۵	۰/۰۲۰	۲/۳۴۰	۰/۰۴۰	[35, 0], [35, 20], [90, 45], [90, 25], [105, 0]
واحدهای حرارتی	a	b	c	$H^{h_{\min}}(MWth)$		$H^{h_{\max}}(MWth)$	
۲۰	۰/۰۳۸	۲/۰۱۰۹	۹۵۰	۰		۲۶۹۵/۲	
۲۱	۰/۰۳۸	۲/۰۱۰۹	۹۵۰	۰		۶۰	
۲۲	۰/۰۳۸	۲/۰۱۰۹	۹۵۰	۰		۶۰	
۲۳	۰/۰۵۲	۳/۰۶۵۱	۴۸۰	۰		۱۲۰	
۲۴	۰/۰۵۲	۳/۰۶۵۱	۴۸۰	۰		۱۲۰	

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

جدول (۳): نتایج سیستم ۵ واحده

روش	P1	P2	P3	P4	H2	H3	H4	H5	هزینه ($)
GA [۲۱]	۱۳۵	۷۰/۸۱	۱۰/۸۴	۸۳/۲۸	۸۰/۵۴	۳۹/۸۱	۰	۲۹/۶۴	۱۳۷۷۹
CPSO [۲۱]	۱۳۵	۴۰/۷۳۰۹	۱۹/۲۷۲۸	۱۰۵/۰	۶۴/۴۰۰۳	۲۶/۴۱۱۹	۰	۵۹/۱۹۵۵	۱۳۶۹۲
TVAC-PSO [۲۱]	۱۳۵	۴۱/۴۰۱۹	۱۸/۵۹۸۱	۱۰۵/۰۰	۷۳/۳۵۶۲	۳۷/۴۲۹۵	۰	۳۹/۲۱۴۳	۱۳۶۷۲
COA [۲۱]	۱۳۵	۴۰/۷۶۸۷	۱۹/۲۳۱۳	۱۰۵/۰۰	۷۳/۵۹۵۶	۳۶/۷۷۶۰	۰	۳۹/۶۲۸۴	۱۳۶۷۲
پیشنهادی	۱۳۵	۴۰	۲۰	۱۰۴/۸۸	۷۱/۰۹	۴۰/۳۶	۵/۶۸	۳۲/۸۵	۱۳۶۶۳

جدول (۴): نتایج بدست آمده P&H در سیستم ۲۴ واحده

روش پیشنهادی							
P_1	۱۷۹/۴۸۳	P_9	۱۰۹/۷۱۶۹	P_{17}	۸۱/۲۳۱۳	H_{19}	۵۴/۶۳۵۶
P_2	۲۹۸/۸۰۲۵	P_{10}	۱۱۴/۸۹۵۶	P_{18}	۴۰/۸۴۳۹	H_{20}	۴۴/۷۸۴۳
P_3	۲۹۸/۹۸۸۴	P_{11}	۱۱۳/۹۴۱۸	P_{19}	۱۰/۴۰۴۵	H_{21}	۲۲۴/۲۹۱۷
P_4	۱۵۹/۰۴۱۹	P_{12}	۹۲/۵۹۰۶	H_{14}	۳۵/۵۳۴۷	H_{22}	۵۹/۹۳۵۴
P_5	۱۵۹/۷۰۱۳	P_{13}	۵۵/۶۳۱۷	H_{15}	۱۶۸/۵۱۷۲	H_{23}	۵۹/۶۷۱۲
P_5	۱۶۰/۰۵	P_{14}	۸۱/۰۲۶۲	H_{16}	۱۳۴/۶۱۸۶	H_{24}	۱۱۳/۱۴۷۵
P_7	۱۵۸/۱۲۹۴	P_{15}	۴۰/۰۳۰۰	H_{17}	۱۴۵/۳۲۱۳		
P_8	۱۵۹/۶۴۱	P_{16}	۱۰۹/۷۱۶۹	H_{18}	۱۳۴/۷۱۸۱		

جدول (۵): مقایسه هزینه در سیستم ۲۴ واحده

روش	هزینه کل ($)
CPSO [۲۱]	۵۹۷۳۶.۲۶۳۶
TVAC-PSO [۲۱]	۵۸۱۲۲.۷۴۶۰
TLBO[۲۱]	۵۸۰۰۶.۹۹۹۲
OTLBO [۲۱]	۵۷۸۵۶.۲۶۷۶
COA [۲۱]	۵۷۹۳۸.۳۲۷۴۱
پیشنهادی	۵۳۳۷۹

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

[4] Hosam K. Youssef and Khaled M. El-Naggar., "Genetic based algorithm for security constrained power system economic dispatch", Electric Power Systems Research, Vol. 53, No. 1, pp. 47-51, 2000.

[5] Parsian, Ali, Mehdi Ramezani, and Noradin Ghadimi. "A hybrid neural network-gray wolf optimization algorithm for melanoma detection." Biomedical Research, Vol. 2, pp. 8-18, 2017.

[6] Vasebi A, Fesanghary M, Bathaee, S, Combined heat and power economic dispatch by harmony search algorithm. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 2, pp. 713–719, 2007.

[7] Khorram, E, Jaberipour,M, Harmony search algorithm for solving combined heat and power economic dispatch problems. Energy Conversion and Management, Vol. 2,pp. 1550–1554, 2011.

[8] Piperagkas G, Anastasiadis A, & Hatziargyriou, N, Stochastic PSO-based heat and power dispatch under environmental constraints incorporating CHP and wind power units. Electric Power Systems Research, Vol. 81, pp. 209–218, 2011.

[9] Song, Y, Chou C, & Stonham, T, Combined heat and power economic dispatch by improved ant colony search algorithm. Electric Power Systems Research, Vol. 52, pp. 115–121, 1999.

[10] Subbaraj P, Rengaraj R, & Salivahanan, S, Enhancement of combined heat and power economic dispatch using self adaptive real-coded genetic algorithm. Applied Energy, Vol. 86, pp. 915–921, 2009.

[11] Wong K. P, Algie C, Evolutionary programming approach for combined heat and power dispatch. Electric Power Systems Research, Vol. 61, pp. 227–232, 2002.

[12] Huang S H, Lin, P C, A harmony-genetic based heuristic approach toward economic dispatching combined heat and power. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 53, pp. 482–487, 2013.

[13] Mohammadi Ivatloo B, Moradi D, M, Rabiee A, Combined heat and power economic dispatch problem solution using particle swarm optimization with time varying acceleration coefficients. Electric Power Systems Research, Vol. 95, pp. 9–18, 2013.

[14] Wang, L, Singh C, Stochastic combined heat and power dispatch based on multi-objective particle swarm optimization. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 30, pp. 226–234, 2008.

[15] Roy P. K, Paul C, Sultana S, Oppositional teaching learning based optimization approach for combined heat and power dispatch, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 57, pp. 392–403, 2014.

[16] Salgado, F., & Pedrero, P, Short-term operation planning on cogeneration systems: a survey. Electric Power Systems Research, Vol. 78(5), pp. 835–848, 2008.

[17] Haghrah A, M Nazari Heris, B. Mohammadi Ivatloo, "Solving combined heat and power economic dispatch problem using real coded genetic algorithm with improved Mühlenbein mutation", Applied Thermal Engineering, Vol. 99, pp. 465-475, 2016.

[18] Kumbartzky, Nadine, et al. "Optimal operation of a CHP plant participating in the German electricity balancing and day-ahead spot market." European Journal of Operational Research, Vol. 261, pp. 390-404, 2017.

[19] Basu M, "Group search optimization for combined heat and power economic dispatch." International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 78 , pp. 138-147. 2016.

[21] Nazari Heris M, B Mohammadi Ivatloo, G B Gharehpetian, "A comprehensive review of heuristic optimization algorithms for optimal combined heat and power dispatch from economic and environmental perspectives", Renewable and Sustainable Energy Reviews, , Vol. 99, pp. 465-475, 2017.

[22] Mehdinejad Mehdi, Behnam Mohammadi, Reza Dadashzadeh-Bonab. "Energy production cost minimization in a combined heat and power generation systems using cuckoo optimization algorithm." Energy Efficiency, Vol. 10, pp. 81-96, 2017.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

Optimization of Combined Heat and Power Systems using a Hybrid Algorithm of Ant and Bee Colony Optimization

Ebrahim Farrokh Bakht[1], Vahid Heibatollahpour[2]

1- MSc, Karoon institute of higher education, Ahwaz, Iran, E.Farokhbakht@gmail.com
2- Instructor, Karoon institute of higher education, Ahwaz, Iran, vahid_hbr@yahoo.com

Abstract: In the last few years, due to the development of the new equipment in power systems, challenges have appeared in their planning and operation. One of these issues is the development of combined heat and power (CHP) units. These units have the capability to generate heat and electricity simultaneously according to their limitations. Hence, it is necessary for them to think about the arrangements. In this dissertation, the economic dispatch of a power grid is studied with regard to heat-only units, conventional thermal units, and CHP units. For this purpose, a hybrid optimization algorithm has been used to find the optimal solution, which is derived from the ant colony and artificial bee colony algorithms. The proposed method has been simulated with MATLAB software and implemented on two sample networks. In the studied networks, all three types of units are considered. The results of the proposed method are compared with the results obtained from other methods. The results show that the proposed optimization method has more potential to find optimal solutions and leads to a lower overall cost.

Keywords: Combined Heat and Power (CHP) systems, Ant Colony and artificial bee colony, economic Dispatch.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.4.8]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018