ارائه روش جدید جهت بهینه کردن هزینه تولید میزان بار ژنراتور و حل مسئله تعهد واحد با استفاده از الگوریتم ژنتیک

حامد یاوری[۱]، محسن نورمندی پور[۲] و سید رامین موسوی[۳]

[۱] شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان، H_yavari61@yahoo.com

[۲] شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان ، m.noormandipoor@gmail.com

[۳] شرکت کیان حدید سیرجان، raminmoosavi20@yahoo.com

چکیده: این مقاله یک روش جدید جهت حل مسئله تعهد واحد و کاهش هزینه تولید میزان بار ژنراتور برای تولید واحدهای تولیدی، برای هر ساعت در یک روز، پیشنهاد می‌کند. مسئله تعهد واحد با در نظر داشتن هزینه تولید و هزینه گذرا، با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل و بهینه شده است. راه‌حل مسئله باید هم قیود ژنراتور و هم قیود سیستم را رعایت کند. در این مقاله الگوریتم پیشنهادی تشریح شده و به سیستم تست ۳۹ باس ***IEEE*** اعمال می‌شود. درنهایت نتایج به‌دست‌آمده با نتایج حاصل از دیگر تکنیک ها مقایسه می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: *تعهد واحد، هزینه گذرا، الگوریتم ژنتیک*

۱- مقدمه

تعهد واحد (UC) یک مسئله بهینه سازی عدد صحیح مختلط غیرخطی است که کل تقاضا در سیستم تست را به همه واحدهای تولیدی با حداقل هزینه عملیاتی تخصیص می‌دهد. هزینه‌های عملیاتی عبارت‌اند از: هزینه تولید و هزینه انتقال رعایت قیدها، بار کل، تلفات سیستم و الزامات رزرو در هر دوره. مسئله US باید حالت روشن/خاموش هر واحد تولیدی را در هر ساعت از دوره برنامه‌ریزی تعیین کرده و ظرفیت تقا ضا و رزرو را در میان واحد متعهد به‌طور بهینه تخصیص دهد. UC مهم‌ترین کار در بهره‌برداری از سیستم قدرت است. حل مسئله UC برای سیستم‌های قدرت پیچیده تر بوده و پیچیدگی مسائل UC با افزایش تعداد واحدها به‌طور نمایی افزایش می‌یابد.

تکنیک‌های حل متعددی برای حل مسئله UC در کمترین هزینه پیشنهاد شده‌اند. بااین‌حال، بین کیفیت حل و راندمان محاسباتی آن‌ها تفاوت وجود دارد. این تکنیک ها به دو رویکرد قطعی و جستجوی تصادفی تقسیم می‌شوند. رویکردهای قطعی عبارت‌اند از: برنامه‌نویسی دینامیک (DP)[۱]، برنامه‌نویسی دینامیک ا صلاح شده (MDP)[۲]، آزاد سازی لاگرانژی (LR) [۳]، آزادسازی لاگرانژی بهبودیافته (ILR)[۴]، تکامل تفاضلی آزادسازی لاگرانژی (LRDE)[۵]. این روش‌ها در حل سیستم‌های قدرت با مقیاس متوسط ساده، دقیق و سریع هستند. این روش‌ها دارای مشکلات همگرایی، کیفیت حل پایین و پیچیدگی هستند. الگوریتم‌های جستجوی تصادفی یا ابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک [۷]، جستجوی ممنوع [۸]، بهینه‌سازی ازدحام ذرات ترکیبی مؤثر[۹]،PSOگسسته[۱۰] ، PSO هیبرید [۱۱]، PSO تطبیقی فازی [۱۲]، برنامه‌نویسی تکاملی [۱۳]، PSO عدد صحیح مخلوط[۱۶]، PSO چندهدفه[۱۷]، قادرند در بازه زمانی کوتاه‌تری نسبت به تکنیک‌های بهینه‌سازی سنتی عمل بهینه‌سازی را انجام دهند. با استفاده از دو نوع از الگوریتم‌ها بالا، چندین الگوریتم ترکیبی پیشنهاد شده‌اند. این روش‌ها قادرند با هر دو قید مخلوط خطی و غیرخطی کار کنند و حل‌های بهینه بسیار کارآمدی ارائه دهند. بااین‌وجود، همه این الگوریتم دارای نقطه‌ضعف دقت پایین هستند. با افزایش اندازه مسئله و تعداد واحدهای تولیدی، زمان محاسباتی و کیفیت حل‌های به‌دست‌آمده تضعیف می‌شوند.

در این مقاله، با تولید همه حالت‌های ممکنِ هر واحد برای هر

ذره در هر بازه زمانی، یک تکنیک جدید پیشنهاد شده است. این حالت‌های ذره‌ها را می‌توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه کرد. به‌منظور تائید کارایی الگوریتم پیشنهادی، این الگوریتم را به سیستم تست ۳۹ –باس IEEE (سیستم نیوانگلند) که شامل ۱۰ واحد تولیدی است اعمال نمودیم.

۲- فرمولاسیون مسئله

هدف اصلی در مسئله UC کمینه کردن هزینه عملیاتی کل است؛ هزینه عملیاتی مجموع هزینه تولید، هزینه راه‌اندازی و هزینه خاموشی است. این تابع را می‌توان با در نظر داشتن همه قیود ژنراتور و سیستم بهینه ساخت.

۲-۱- هزینه تولید

مؤلفه اصلی تابع هدف مسئله UC، کمینه کردن هزینه کل با در نظر داشتن مجموعه‌ای از محدودیت‌ها است. هزینه تولید، PCi برای واحد i در هر زمان دلخواه تابعی است درجه دوم از توان خروجی ژنراتور، Pi:

$$P_i^2 b_i + a_i = PC_i \qquad (۱)$$

ai، bi و ci ضرایب هزینه برای واحد i هستند. Pi توان تولیدی واحد متعهد i برحسب MW است.

۲-۲- هزینه راه‌اندازی

مؤلفه دوم در تابع هدف هزینه راه‌اندازی است که وابسته به بازه زمانی خاموشی (OFF time)، TOFF می‌باشد. هزینه راه‌اندازی را می‌توان از دو روش محاسبه کرد، هزینه راه‌اندازی نمایی هزینه راه‌اندازی سرد/گرم اگر زمان راه‌اندازی سرد کمتر از بازه زمانی خاموشی TOFF باشد، هزینه راه‌اندازی به‌صورت هزینه آغاز گرم در نظر گرفته می‌شود، در غیر این صورت به صوت هزینه سرد در نظر گرفته می‌شود. هزینه راه‌اندازی SCi در هر زمان دلخواه t از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$SC_i = \begin{cases} \sigma_i + \sigma_i\left(1 - e^{(-T_i^{off}/\tau_i)}\right) \\ \sigma_i \end{cases} \qquad (۲)$$

$$\sigma_i = \begin{cases} \text{cold start cost, } CSC_i & \text{when } T_i^{off} \geq CT_i \\ \text{hot start cost, } HSC_i & \text{when } T_i^{off} < CT_i \end{cases} \qquad (۳)$$

$$T_i^{off} = \begin{cases} |INS_i| + D_i^{off} \\ D_i^{off} \end{cases} \qquad (۴)$$

HSCi هزینه راه اندازی گرم، CSCi هزینه راه اندازی سرد و ثابت زمانی خنک‌سازی است. CTi زمان آغاز سرد است، INSi حالت اولیه واحد i و Dioff بازه زمانی خاموشی قبل از متعهد شدن واحد i است.

۲-۳- هزینه خاموشی

هزینه خاموشی را می‌توان به‌صورت یک هزینه ثابت نشان داد، که شامل هزینه پرسنل و هزینه نگهداری بوده و بسیار کمتر از هزینه راه اندازی می‌باشد. لذا در این مقاله از هزینه خاموشی صرفه نظر شده است.

۲-۴- تابع هدف

نهایت، تابع هدف مسئله UC، کمینه کردن هزینه تولید، هزینه انتقال و هزینه خاموشی است. هزینه خاموشی برای سیستم تست موردنظر در این مقاله قابل‌چشم‌پوشی است. تابع بهینه‌سازی کلی بدین‌صورت است:

$$F = \sum_{j=1}^{t}\left[\left[\sum_{i=1}^{N} PC_i\right]u_{ij} + \left[\sum_{i=1}^{N} SC_i\right]u_{ij}\left(1 - u_{ij-1}\right)\right] \qquad (۵)$$

به صورتی که uij یک متغیر باینری است که حالت روشن/خاموش واحد i در زمان j را نشان می‌دهد. اگر واحد i در زمان t متعهد بود uij=1، در غیر این صورت uij=0. Pdj

تقاضای کل در زمان j و K ضریب جریمه هستند. هدف کلی کمینه کردن هزینه با حفظ قیدهای سیستم و ژنراتورها است.

۲-۵- قیدهای مسئله

مسئله UC را باید هم‌زمان با رعایت برخی محدودیت‌ها بهینه کرد، که وابسته به سیستم موردمطالعه هستند. قیدها را به دو دسته قیدها سیستم و قیدهای ژنراتور دسته‌بندی می‌کنیم. قیدهای ژنراتور شامل حدود تولید، حداقل زمان روشن/خاموش و قیدهای راه اندازی می‌باشد. این قیدها وابسته به بازه‌های زمانی ON/OFF می‌باشند.

۲-۶- تلفات توان

تلفات توان را می‌توان با استفاده از ضرایب اتلاف سیستم تست به دست آورد. ضرایب اتلاف بر اساس داده‌های خط و باس محاسبه می‌شوند. تلفات برای هر حالت ذره محاسبه شده و به تقاضای بار کل اضافه می‌شوند.

۳- الگوریتم ژنتیک

تکنیک جستجو در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه‌سازی مدل، ریاضی و مسائل جستجو است. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم های تکاملی است که از تکنیک‌های زیست‌شناسی فرگشتی مانند وراثت، جهش زیست‌شناسی و اصول انتخابی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌شود. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب گزینه خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای رگرسیون هستند. در مدل سازی الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به‌عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسئله‌ای که باید حل شود دارای ورودی‌هایی می‌باشد که طی یک فرایند الگوبرداری شده از تکامل ژنتیکی به راه‌حل‌ها تبدیل می‌شود سپس راه‌حل‌ها به‌عنوان کاندیداها توسط تابع ارزیاب (Fitness Function) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و چنانچه شرط خروج مسئله فراهم شده باشد الگوریتم خاتمه می‌یابد. به‌طورکلی یک الگوریتم مبتنی بر تکرار است که اغلب بخش‌های آن به‌صورت فرایندهای تصادفی انتخاب می‌شوند که این الگوریتم‌ها از بخش‌های تابع برازش، نمایش، انتخاب و تغییر تشکیل می‌شوند. هرگاه یکی از سبک‌های موجود در ستون سبک‌ها و قالب‌بندی‌ها را با ماوس انتخاب کنید، سبک و قالب‌بندی قسمتی که مکان‌نما روی آن قرار دارد مطابق با سبک انتخاب شده می‌شود[۱۹].

۳-۱- فرمولاسیون الگوریتم ژنتیک

در این الگوریتم، مسئله US با تولید حالت‌های منطقی برای هر قسمت حل می‌شود. قسمت‌ها با on/off که بیانگر حالت ژنراتور در هر ساعت از بازه زمان‌بندی است نشان داده می شوند. برای هر قسمت حداکثر n^2 حالت منطقی با اعداد صفر و یک وجود دارد. عدد ۱ بیانگر حالت روشن، و عدد صفر بیانگر حالت خاموش واحد هستند.

بگذارید پنج واحد را در نظر بگیریم. هر قسمت دارای حداکثر ۲۵ حالت است. تعداد حالت‌های منطقی ممکن است بر اساس حداقل زمان روشن بودن (MUTi) و حداقل زمان خاموشی (MDTi) تغییر کند. اگر برای واحد ۱، MUT سه ساعت باشد و این واحد تعهد برای کار در ساعت هفتم داده باشد، این واحد تا ساعت دهم باید بار را تغذیه کند، که در آن شرایط قسمت از ساعت هفتم تا دهم تنها دارای ۲۴ حالت خواهد بود. لذا اینجا n بیانگر واحدهای تولیدی متغیر است. اگر ۴۰ ذره در نظر بگیریم، حداکثر اندازه جمعیت ۲۵*۴۰ باحالت‌های مختلف در هر بازه خواهد بود.

۳-۲- روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی *UC*

در این الگوریتم، هر مجموعه از قسمت‌ها به‌طور تصادفی در فضای تصمیم تولید می‌شوند. هر قسمت دارای مقداری سرعت برای حرکت به سمت مینیمم محلی است. مینیمم محلی در حافظه ذخیره می‌شود، و دوباره قسمت‌ها موقعیت خود را تغییر می‌دهند و با سرعت‌های مختلف به سمت مینیم عمومی حرکت می‌کنند تا نهایتاً در حداکثر تعداد تکرار به مینیمم عمومی دست یابند.

۳-۳- فرآیند بهینه‌سازی را می‌توان در گام‌های زیر توصیف کرد:

گام ۱: تولید حالت‌های منطقی

در ابتدا داده‌های ورودی از سیستم تست گرفته می‌شود. حالت اولیه و حداقل زمان‌های روشن/خاموش با هم مقایسه می‌شوند.

حالت اولیه "-ve" نشـان می‌دهد که واحد روشـن اسـت. اگر باشد، واحد i ممکن است برای بازه زمانی اول روشن یا خاموش باشـد، در غیر این صـورت آن واحد باید خاموش باشـد. به‌طور مشـابه، اگر باشـد، واحد i ممکن اسـت برای بازه زمانی اول روشن یا خاموش باشد، در غیر این صورت آن واحد باید روشن باشد. طبق فرآیند بالا حالت متغیر ژنراتورهای به دست می‌آید.

گام ۲: تولید ذرات اولیه

پس از تولید حالت‌های منطقی برای هر قسـمت، حالت‌های قسـمت‌ها در بین حدود مشـخص حداکثر و حداقل سـرعت و موقعیت ایجادشـده و مقداردهی اولیه می‌شـوند. یک مقدار فیتنس با استفاده از معادله (۵) برای همه حالت‌های قسمت‌ها محاسبه می‌گردد. قیدهای مسئله باید برای هر بازه بررسی‌شده و ضریب جریمه (k) به تابع بهینه سازی به‌منظور متعادل سازی بار اضـافه می‌گردد. بهترین مقدار فیتنس برای همه حالت‌های قسمت‌ها مورد جستجو قرارگرفته و بهترین مقدار محلی نامیده می‌شود و در تکرار اول حکم بهترین مقدار عمومی را دارد.

گام ۳: فرآیند آغاز تکرار

با در نظر گرفتن بهترین مقدار محلی به‌عنوان بهترین مقدار عمومی برای تکرار اول، سرعت به‌روز شده و سپس موقعیت هر قسـمت با اسـتفاده از معادلات (۲) و (۳) به‌روز خواهد شـد. سرعت‌ها و موقعیت‌های جدید هر ذره با قیود سرعت و موقعیت تطبیق داده می شوند. اگر موقعیت/ سرعت قسمت X کمتر از قید حداقل مقدار موقعیت/سـرعت قسـمت بود، مقدار سرعت/موقعیت با همان حد پایین به‌روز می شود. با استفاده از معادلات (۲) و (۳) حالت هر قسمت با موقعیت‌ها و سرعت‌های جدید به‌روز می‌شـود. دوباره با اسـتفاده از رابطه (۵) مقدار فیتنس برای هر قسمت محاسبه می‌گردد. بهینه عمومی مورد جستجو قرارگرفته و دوباره سرعت و موقعیت به‌روز می شوند. این فرآیند تا رسیدن به تکرار بیشینه تکرار می‌شود.

گام ۴: یافتن هزینه کل

پس از یافتن بهترین مقدار هزینه در ساعت اول، گام ۱ با اضافه کردن حالت همه واحدها در سـاعت اول به حالت اولیه تکرار می شود، سپس با استفاده از حالت به‌روز شده هر واحد همه گام‌ها اجرا می‌شوند. همین فرآیند برای همه زمان‌ها تکرار شده و هزینه کل به دست می‌آید.

۴- سیستم تست

سـیسـتم ۳۹-باس IEEE حاوی ۳ ژنراتور و بارهای مختلف در هر ساعت از روز می‌باشد. برای این سیستم، هزینه راه اندازی با اسـتفاده از روش هزینه راه اندازی نمایی محاسـبه می‌شـود. بازه‌های زمانی روشـن و خاموش برای هر واحد در جدول ۱ نشان داده‌شده است. هزینه تولید از رابطه (۱) محاسبه می‌شود و محاسبه هزینه راه اندازی به‌صورت نمایی مقدار پیچیده است زیرا وابسته به مدت‌زمان خاموشی هر واحد می‌باشد.

محاسـبه بازه زمانی خاموشـی نسـبت به حالت اسـتاندارد پیچیده‌تر بوده و بدین ترتیب محاسـبه می‌گردد. در ابتدا حالت اولیه هر واحد بررسی می شود، اگر در مد خاموش بود، این بازه خاموش اولیه به مدت‌زمان‌هایی که واحد در پیش از زمان تعهد خاموش است اضافه می‌گردد.

جدول۱: مدت‌زمان روشن / خاموش ۱۲ ساعته

T	واحد برنامه	مدت‌زمان روشن			مدت‌زمان خاموش		
		U1	U 2	U 3	U1	U 2	U3
۱	۱۱۰۰۰۰۰۰۰	۸	۸		۵	۵	٦
۲	۱۱۰۰۰۰۰۰۰	۸	۸		۵	۵	٦
۳	۱۱۰۰۰۰۰۰۰	۹	۹		٦	٦	۷
٤	۱۱۰۰۰۰۰۰۰	۱۰	۱۰		۷	۷	۸
۵	۱۱۰۰۰۱۰۰۰	۱۱	۱۱		۸	۸	۹
٦	۱۱۰۱۰۱۰۰۰	۱۲	۱۲		۹	۹	۱۰
۷	۱۱۱۱۰۰۰۰۰	۱۳	۱۳		۱۰	۱۰	۱۱
۸	۱۱۱۱۰۰۰۱۰	۱٤	۱٤	۱	۱۱		۱۲
۹	۱۱۱۱۰۱۰۱۰	۱۵	۱۵	۲			۱۳

			۳	۱۶	۱۶	۱۱۱۱۱۱۰۰۰۰	۱۰
			٤	۱۷	۱۷	۱۱۱۱۱۱۰۱۰۰	۱۱
			٥	۱۸	۱۸	۱۱۱۱۱۱۰۱۱۰	۱۲

۵- نتایج شبیه‌سازی

محاسبه هزینه راه اندازی به‌صورت نمایی تا حدی از روش محاسبه هزینه راه اندازی گرم/سرد پیچیده‌تر است، زیرا وابسته به بازه زمانی خاموش بودن هر واحد می‌باشد.

در این مقاله، زمان‌های TOFF و زمان‌های TON در جدول ۱ نشان داده‌شده‌اند. در ابتدا، واحد ۱ و واحد ۲ در حالت روشن بوده و باقی واحدها در حالت خاموش می‌باشند. برای زمان TOFF در ساعت اول، واحدهای ۱ و ۲ به‌عنوان واحدهای متعهد در نظر گرفته شده و بار ۷۰۰ MW را به‌صورت اقتصادی تغذیه می‌کنند. این دو واحد به مدت ۵ ساعت پیش از بازه زمانی اول روشن هستند، هیچ واحد جدیدی در ساعت اول متعهد نشده و لذا هزینه راه اندازی صفر است. برای سه ساعت اول هیچ واحد جدیدی اضافه نمی‌شود و هزینه راه اندازی برابر با صفر خواهد بود. در ساعت چهارم، برای بار ۹۵۰ MW، واحد ۳ به سیستم اضافه‌شده و شروع به تغذیه می‌کند. واحد ۳ از شش ساعت گذشته خاموش بوده و پس از سه ساعت اضافه‌شده است. کل بازه خاموشی واحد ۳، ۷ ساعت می‌باشد. هزینه راه اندازی نمایی واحد ۳ که از رابطه (۲) محاسبه‌شده برابر است با 331.5362$. واحد ۳ بار را به مدت سه ساعت تغذیه کرده و به مدت دو ساعت خاموش خواهد بود. دوباره همین واحد در ساعت نهم برای بار ۱۳۰۰ MW با زمان TOFF دو ساعت و هزینه راه اندازی 277.4605$ متعهد می‌شود. برای محاسبه هزینه راه اندازی از همین فرآیند برای هر ساعت و هر واحد استفاده می‌شود. نتایج در جدول ۲ ارائه‌شده‌اند.

جدول ۲: هزینه شروع برای تست سیستم

T	واحدهای عمومی		
	۱	۲	۳
۱	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۲	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۳	۰	۰	۰/۰۰۰۰
٤	۰	۰	۰/۰۰۰۰
٥	۰	۰	۰/۰۰۰۰
٦	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۷	۰	۰	۱۰۹۷/۷٥۲۳
۸	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۹	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۱۰	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۱۱	۰	۰	۰/۰۰۰۰
۱۲	۰	۰	۰/۰۰۰۰

نتایج برای سیستم ۳۹ باس IEEE در جدول ۳ ارائه‌شده‌اند. نتایج شامل هزینه تولید، هزینه راه اندازی، تولید هر واحد و برنامه‌ریزی تعهد در هر ساعت می‌باشند. مطابق با نتایج ارائه‌شده در جدول ۳، این رویکرد در مقایسه با دیگر روش‌ها بهترین هزینه بهره‌برداری را ارائه می‌کند. با افزایش تعداد واحدهای تولیدکننده، زمان محاسباتی به‌طور نمایی افزایش می‌یابد. لذا این روش در استفاده دز سیستم‌های قدرت با اندازه متوسط بهترین گزینه است.

جدول۳: مقایسه روش‌های مختلف با روش پیشنهادی

روش	هزینه کل($)
HPSO[11]	٥٧٤١٥٣
MIPSO[16]	٥٧٢١٩٢
MOPSO[17]	٥٦٨٦٣٥
SA[14]	٥٦٥٨٢٨
GA[7]	٥٦٥٨٢٥
DPSO[10]	٥٦٥٨٠٤

MDP[2]	٥٦٥١١٧
EHPSO[9]	٥٦٤٧٧٢
EP[13]	٥٦٤٥٥١
LRDE[5]	٥٦٤١٨٠
ILR[3]	٥٦٣٩٣٨
FAPSO[12]	٥٦٣٣٧١
APSO[18]	٥٦١٨٨٦
روش پیشنهادی (الگوریتم ژنتیک)	٥٥٨٧٢١/٤٢٧٧

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله UC پیشنهاد شد. مسئله UC یک مسئله چالش‌برانگیز بوده و نیازمند الگوریتم‌هایی است که قادر باشند به‌طور کارآمدی بهترین نتایج را ازنظر هزینه تولید و هزینه راه اندازی ارائه دهند. نتایج به‌دست‌آمده در مقایسه با دیگر روش‌ها ازنظر ویژگی‌های بهینگی برتری دارد. بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، یک الگوریتم بهینه‌سازی جدید است که برای تشکیل ذرات باحالت‌های مختلف کاربرد دارد. در مقایسه با دیگر روش‌های بهینه‌سازی تصادفی، ژنتیک دارای قابلیت جستجوی بهتری برای مسائلی مانند UC در سیستم‌های قدرت واقعی می‌باشد. در تحقیقی که اخیراً انجام شد، برخی اصلاحات برای ژنتیک پیشنهاد شدند تا همگرایی بهبود یابد و گوناگونی افزایش یابد؛ همانند همین مقاله. درنتیجه، این الگوریتم قادر بوده است به‌خوبی فضای جستجو را کاوش کرده و حل‌هایی باکیفیت و دقت بالا تولید نمایند. در این مقاله روشی ارائه شد تا برای بهبود الگوریتم‌های تکاملی مقاوم جدید به‌منظور حل مسئله تعهد واحد مورداستفاده قرار گیرد. نتایج شبیه‌سازی نشان دادند که این روش بهینه‌سازی در مقایسه با دیگر روش‌ها بسیار دقیق‌تر است.

مراجع

[1] Lowery, P.G.; “Generation unit commitment by dynamic programming”, IEEE Trans. PowerApp. Syst. vol. PAS-102, pp 1218-1225, 1983.

[2] Dr. s muralidhartan, V. Madhan kumar, A. Balavignesh, “Thermal Unit Commitment using FLAC guided modified Dynamic Programming approach”, 2011 International Conference on Recent advancements in Electrical , Electronics and Control Engineering.

[3] Zhuang, F. and Galiana, F. D. “Toward a more rigorous and practical unit commitment by Lagrangian relaxation”, IEEE Trans. Power Syst., vol. 3, no. 2, pp. 763–770, May 1988.

[4] FaridBenhamid, E,N. Abdallah and A.H Rashed “ thermal unit commitment solution using an improved lagrangian relaxation” RE&PQJ, Vol. 1. March 2007.

[5] M. Ramu , L Ravi srinivas, S Tara Kalyani, “Unit Commitment by Lagrangian Relaxation incorporating Differential Evolution”, Journal of Electrical Engineering

[6] Cohen, A. I. and Yoshimura, M. “A branch-and-bound algorithm for unit commitment”, IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS- 102, no. 2, pp. 444–451, 1983.

[7] Kazarlis, S.A.; Bakirtzis, A.G.; Petridis, V.; “A genetic algorithm solution to the unit commitment problem” IEEE Transactions on Power Systems, Volume 11, Issue 1, Feb. 1996 Page(s):83 – 92

[8] Mantawy, A.H.; Abdel-Magid, Y.L.; Selim, S.Z.; “Unit commitment by tabu search”, IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution, Volume 145, Issue 1, Jan. 1998Page(s):56 – 64

[9] Ting, T.O.; Rao, M.V.C.; Loo, C.K.; “A novel approach for unit commitment problem via an effective hybrid particle swarm optimization”, IEEE Transactions on Power Systems, Volume 21, Issue 1, Feb. 2006 Page(s):411 - 418.

[10] Zwe-Lee Gaing, “Discrete particle swarm optimization algorithm for unit commitment”, IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2003, Volume 1, 13-17 July 2003

[11] Ting, T.O; Rao, M.V.C.; Loo, C.K.; and Ngu, S.S.; “Solving Unit Commitment Problem Using Hybrid. Particle Swarm Optimization”, Journal of Heuristics, 9: 507–520, 2003.

[12] Saber, A.Y.; Senjyu, T.; Yona, A.; Funabashi, T.; "Unit commitment computation by fuzzy adaptive particle swarm optimization", IET Generation, Transmission & Distribution, Volume 1, Issue 3, May 2007 Page(s):456 – 465.

[13] Juste, K.A.; Kita, H.; Tanaka, E.; Hasegawa, J.; "An evolutionary programming solution to the unit commitment problem", IEEE Transactions on Power Systems, Volume 14, Issue 4, Nov. 1999 Page(s):1452 – 1459

[14] Simopoulos, D.N.; Kavatza, S.D.; Vournas, C.D.; "Unit commitment by an enhanced simulated annealing algorithm", IEEETransactions on Power Systems, Volume 21, Issue 1, Feb. 2006 Page(s):68 - 76

[15] Sisworahardjo, N.S.; El-Keib, A.A.; "Unit commitment using the ant colony search algorithm", Large Engineering Systems Conference on Power Engineering 2002, LESCOPE 02 Page(s):2 .

[16] Lingfeng Wang, Chanan Singh; "Unit commitment considering generator outages through a mixed-integer particle swarm optimization algorithm", Region 5 Conference, 2006 IEEE.

[17] hefai DHIFAOUI, Tawfik GUESMI and Hsan HADJ ABDALLAH, "Application of Multi-Objective PSO Algorithm for Economic Dispatch (ED) through Unit Commitment Problems (UCP)", 15th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering - STA'2014, Hammamet, Tunisia, December 21-23, 2014.

[18] V.S. Pappala, and I. Erlich, "A New Approach for Solving the Unit Commitment Problem by Adaptive Particle Swarm Optimization", 2008 IEEE Transactions.