

## استفاده از الگوریتم های هیورستیک و نظریه گراف به منظور بازآرایی شبکه های توزیع برق

مهدی اسدیان، ملیحه مغفوری و حسین نظام آبادی پور

بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان

Mehdiassadian@gmail.com , mmaghfoori@mail.uk.ac.ir , nezam@mail.uk.ac.ir

چکیده - امروزه مهمترین دغدغه مهندسين در شبکه های توزیع کاهش تلفات توان، تامین انرژی قابل اطمینان و مستمر با حداقل هزینه برای مصرف کننده ها می باشد. بازآرایی ساده ترین و کم هزینه ترین روش برای تامین هدف فوق می باشد. تحلیل شبکه به منظور قطع یا وصل بودن هر سوئیچ می بایست بدون خطا و متناسب با محدودیت های شبکه انجام گیرد و به منظور کاهش هزینه های سخت افزاری لازم است تعداد سوئیچ هایی که تغییر وضعیت می دهند، حداقل باشد، با توجه به گسترش شبکه های توزیع و پیچیده تر شدن ارتباطات در این شبکه ها استفاده از تکنیک های هوشمند اجتناب ناپذیر است. در این مقاله از نظریه گراف در کنار الگوریتم های ژنتیک و اجتماع پرندگان به منظور یافتن سوئیچ هایی که با تغییر وضعیت آنها، باز آرایشی انجام می گیرد استفاده شده است.

کلید واژه - الگوریتم حرکت هجومی پرندگان و ماهی ها، الگوریتم ژنتیک، بازآرایی شبکه های توزیع، نظریه گراف ، کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ

### ۱- مقدمه

حفظ شعاعی بودن سیستم، تلفات حداقل شود. لازم به ذکر است که بازآرایی شبکه های توزیع ممکن است برای نیل به اهداف متفاوتی صورت پذیرد. تجدید آرایش به منظور کاهش تلفات شبکه، ایجاد توازن بارگذاری روی شبکه و در صورت بروز خطا، برای سرویس دهی به کلیه مشترکین و به حداقل رساندن نواحی بدون برق صورت می پذیرد. در این مقاله تجدید آرایش در راستای کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ، صورت می گیرد.

در مقالات و تحقیقات انجام شده در این زمینه روش های متعددی برای تجدید آرایش با اهداف متفاوت ارائه گردیده است. اولین کار انجام شده در بازآرایی به منظور کاهش تلفات در سال ۱۹۸۸ و سپس در سال ۱۹۸۹ به منظور کاهش تلفات و توان بارگذاری صورت گرفت [۱]-[۲]. از آنجایی که یک سیستم توزیع دارای صدها سوئیچ می باشد، در نظر گرفتن تمام آرایش های موجود و امکان بررسی تمامی آنها توسط روشهای کلاسیک میسر نیست، لذا رفته رفته تکنیک روش های شهودی و هوشمند مورد توجه قرار گرفت. تاکنون الگوریتم وراثتی (genetic algorithm(GA))

شبکه توزیع رابط بین مصرف کننده و سیستم انتقال و ولتاژ فشار قوی می باشد. سطح ولتاژ در شبکه های توزیع پایین است و در نتیجه اندازه جریان زیاد بوده، به همین دلیل تلفات اهمی در شبکه های توزیع به مراتب مهمتر از شبکه های انتقال می باشد. در شبکه های توزیع برای برق رسانی مستمر و قابل اطمینان به مصرف کننده ها به هنگام قطع شدن قسمتی از شبکه و همچنین تغییر فیدر تغذیه کننده، به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ، انشعابات حلقوی در شبکه در نظر گرفته می شود، ولیکن در هنگام برق رسانی می بایست آرایش شبکه بگونه ای باشد که در آن هیچگونه حلقه ای وجود نداشته باشد. روش های مختلفی برای کاهش تلفات در سیستم های توزیع وجود دارد. از متداول ترین روش ها می توان به خازن گذاری، تغییر محل تغذیه سیستم و پیدا کردن مکان بهینه منبع و بازآرایی اشاره نمود. بازآرایی شبکه ساده ترین و کم هزینه ترین روش برای کاهش تلفات می باشد. در این روش مسیر عبور توان از منبع به بار طوری تغییر می کند که ضمن

(۳-۸) تئوری فازی و برنامه ریزی تکاملی [۹] برای تعیین آرایش بهینه مورد استفاده واقع شده است.

همچنین الگوریتم حرکت هجومی پرندگان و ماهی ها (Particle Swarm Optimization (PSO)) در شکل باینری برای ایجاد توازن بارگذاری مورد استفاده قرار گرفته است [۱۰]. بازآرایی سیستم توزیع توسط الگوریتم های GA و PSO با استفاده از نظریه گراف توسط نویسندگان مورد مطالعه قرار گرفته است. در [۱۱] نشان داده شده است که الگوریتم های GA و PSO به یک جواب همگرا نخواهند شد. به همین دلیل در این مقاله توانائی فرم تکامل یافته PSO بنام Guaranteed Convergence PSO (یا بطور اختصار GCPSO) جهت کاهش تلفات مورد ارزیابی قرار گرفته است، ضمناً به منظور تحلیل شعاعی بودن شبکه و انتقال توان به کلیه بارها به صورت اتوماتیک، از تئوری گراف ها استفاده می گردد.

## ۲- مروری بر الگوریتم ژنتیک

الگوریتم های ژنتیک یک گونه از الگوریتم های تکاملی بوده و رفتارشان از ساز و کارهای تکاملی در طبیعت الگو برداری شده است. الگوریتم های ژنتیکی در ابتدا به طور تصادفی جامعه ای از کروموزم های پدید می آورند و سپس برازندگی تمام کروموزم ها (افراد جامعه) محاسبه و تعیین می شود. به وسیله عملگرهای همبری و جهش و دیگر عملگرها و با توجه به برازندگی افراد (کروموزم ها) جامعه ای جدید با برازندگی بالاتر به وجود می آید. پس در عمل، محاسبات مدل ژنتیک، روی آرایه های بیتی یا کارکتهایی که کروموزم را مشخص می کند، انجام می گیرد. در هر بار تکرار حلقه از جامعه قبلی صرفه نظر می شود و به جای آن جامعه جدید قرار می گیرد.

## ۳- مروری بر الگوریتم حرکت هجومی ذره ها

PSO یک تکنیک بهینه سازی مبتنی بر قوانین احتمال است که از رفتار اجتماعی پرندگان یا ماهی ها در پیدا کردن غذا، الهام گرفته شده است [۱۲]. این الگوریتم با یک گروه از جوابهای تصادفی (ذره ها) شروع به کار می کند، سپس برای یافتن جواب بهینه در فضای مسئله با به روز کردن مکان  $x_{id}$  و سرعت  $v_{id}$  هر ذره، به کمک دو مقدار  $P\_best$  و  $g\_best$  مطابق روابط (۱) و (۲) به جستجو می پردازد.

$$v_{id}(t+1) = w.v_{id}(t) + c_1.rand(p\_best_{id} - x_{id}) + c_2.Rand(g\_best_d - x_{id}) \quad (1)$$

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \quad (2)$$

در رابطه (۱)،  $w$  وزن اینرسی در بازه  $[0,1]$ ،  $c_1$  و  $c_2$  ضرایب یادگیری یا شتاب در بازه  $[1,2]$  (که معمولاً  $c_1 = c_2$  در نظر گرفته می شود) و  $rand$ ،  $Rand$  اعدادی تصادفی در بازه  $[0,1]$  می باشند. استفاده از PSO در برخی از مسائل نشان میدهد که این الگوریتم دچار همگرایی زودرس می شود. برای درک رفتار همگرایی PSO، در نظر بگیرید در صورتیکه  $x_i = p\_best$  در اینصورت عبارت دوم معادله سرعت صفر می شود و ذره به سمت  $g\_best$  کشیده می شود و زمانیکه ذره به  $g\_best$  برسد عبارت سوم معادله سرعت نیز صفر می شود. در اینصورت تنها عبارت اول یعنی ترم اینرسی معادله سرعت را کنترل خواهد کرد که با توجه به اینکه  $w < 1$  سرعت در هر تکرار کاهش یافته و به مقداری نزدیک به صفر می رسد تا سرانجام حرکت ذره متوقف خواهد شد.

بنابراین اگر  $x_i = p\_best = g\_best$  رخ دهد همه ذره ها دچار فروپاشی شده و سرعت به صفر می رسد و جمعیت همگرا خواهد شد. که در صورتیکه  $g\_best$  یک بهینه فرا محلی نباشد، متأسفانه این همگرایی زودتر از موعد خواهد بود و به عبارتی جمعیت دچار همگرایی زودرس شده است. به منظور رفع مشکل همگرایی زودرس الگوریتم PSO دن برگ رابطه ای جدید به منظور به روز کردن موقعیت و سرعت بهترین ذره مطابق رابطه (۳) معرفی نمود [۱۳].

$$v_{id}(t+1) = w.v_{id}(t) - x_{id} + g\_best_{id} + p(t)(1 - 2.r_j(t)) \quad (3)$$

در این رابطه  $r_j$  یک عدد تصادفی در بازه  $[-1,1]$  بوده و مقدار  $p(t)$  نیز در هر لحظه به صورت زیر تعریف می گردد:

$$p(t+1) = \begin{cases} 2p(t) & \text{if } \# \text{successes} > S_c \\ 0.5p(t) & \text{if } \# \text{failures} > F_c \\ p(t) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$S_c$  و  $F_c$  پارامترهای آستانه ای قابل تنظیم می باشند و مقدار آنها متناسب با تابع هدف معرفی می گردند ولیکن به طور معمول مقدار  $S_c = 15$  و  $F_c = 5$  تعریف می گردد. چنانچه موفقیت بهترین ذره بهبود یابد شمارنده موفقیت (Successes) یک واحد افزایش می یابد و شمارنده شکست (Failures) صفر می گردد و چنانچه موفقیت بهترین ذره

$$F_2 = \min \left( A.P_{T, Loss} + B. \sum_{i=1}^N |V_i - 1| + C \right) \quad (10)$$

در تابع  $F_1$  هدف فقط کاهش تلفات حقیقی شبکه بدون در نظر گرفتن بهبود پروفیل ولتاژی باشد، در تابع  $F_2$  هر دو هدف فوق به صورت همزمان به عنوان هدف انتخاب می گردد. در روابط فوق  $P_{T, Loss}$  کل تلفات توان اهمی بوده و  $V_i$  ولتاژ هر یک از باس ها بوده و ضرایب A و B ضرایب همگرایی سیستم می باشند.

نظر به اینکه بهره برداری شبکه های توزیع با حداقل هزینه و با توجه به قیود زیر صورت می گیرد:

(۱) حفظ شعاعی بودن سیستم.

(۲) سرویس دهی به کلیه بارها.

(۳) قرار گرفتن مقدار ولتاژ هر شین در محدوده قابل قبول.

(۴) قرار گرفتن مقدار جریان هر شاخه در محدوده قابل قبول.

به همین منظور پارامتر C را در هر یک از توابع هدف در نظر گرفته ایم و به صورت زیر معرفی می گردد:

$$C = D.number(mesh) + E.number(Isolated) \quad (11)$$

در این عبارت مقادیر D و E ضرایب جریمه برای انتخاب های ناصحیح می باشند. با قرار دادن این پارامتر در تابع هدف جواب های غیر محتمل و غیر ممکن از فضای جستجو حذف شده و الگوریتم با سرعت بهتری به جواب بهینه همگرا می گردد.

مراحل بازآرایی یک سیستم قدرت با استفاده از روش هیوریستیک و نظریه گراف در شکل ۱ نشان داده شده است.

برای پخش بار شبکه توزیع از مجموعه معادلاتی که در مرجع [۱۱] ارائه شده است بهره می بریم و تلفات سیستم را محاسبه می نماییم.

#### ۶- شبکه های توزیع مورد مطالعه

در این مقاله ابتدا شبکه ای با ۳۲ عدد Sectionalizing switch و ۵ عدد Tie Switch و ولتاژ ۱۲,۶۶kv مورد مطالعه قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به این شبکه در مرجع [۱۱] بیان شده است. سپس سیستمی با ۱۱۵ عدد Sectionalizing switch و ۱۴ عدد Tie Switch و ولتاژ ۲۰kv که بخشی از سیستم توزیع شهرستان اصفهان می باشد مورد مطالعه قرار می دهیم. شبکه های مورد مطالعه در شکل های ۲ و ۳ نمایش داده شده است.

بدون تغییر باقی بماند شمارنده شکست یک واحد افزایش یافته و شمارنده موفقیت صفر می گردد و به این ترتیب مشکل همگرایی زودرس این الگوریتم و درگیر شدن در اکستریم های محلی، حل می گردد.

#### ۴- مروری بر نظریه گراف ها

هرگراف G به صورت یک ترکیب دوتایی  $G(V, E)$  معرفی می گردد [۱۴] که در آن بردار V، مجموعه رئوس یا گره های هر گراف می باشد و بردار E، مجموعه زوج های نامرتب تشکیل شده از رئوس متمایز گراف بوده و به هر یک از آنها یال گفته می شود. با استفاده از رابطه زیر درجه هر راس را می توان محاسبه نمود:

$$\deg(v) = \sum E_i \quad (5)$$

گراف همبند گرافی است که بین هر دو راس دلخواه از آن حداقل یک مسیر وجود داشته و هیچ حلقه ای در گراف موجود نباشد. گرافی که همبند بوده و هیچ دوری نداشته باشد گراف درختی نامیده می شود. درگراف درختی که تعداد رئوس آن V و تعداد یال ها E باشد، همواره رابطه زیر برقرار می باشد

$$V = E - 1 \quad (6)$$

گرافی که دارای n راس و m یال می باشد را می توان توسط ماتریس وابستگی به صورت زیر  $M_{n \times m}$  معرفی نمود:

$$M_{n \times m} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad (7)$$

چنانچه راس و یالی به هم وصل باشند مولفه آن را برابر یک و در غیر اینصورت مولفه آن را برابر صفر قرار می دهیم.

اولر فرمولی ارائه کرده است که در آن، ارتباط بین تعداد رئوس V، تعداد یال های E و تعداد نواحی R هرگراف همبند را به صورت زیر مشخص می کند:

$$V - E + R = 2 \quad (8)$$

به کمک رابطه اوایلر و رابطه (۶) به بررسی درخت بودن (شعاعی بودن و ایزوله نشدن بارها) گراف می پردازیم.

#### ۵- بیان ریاضی مساله

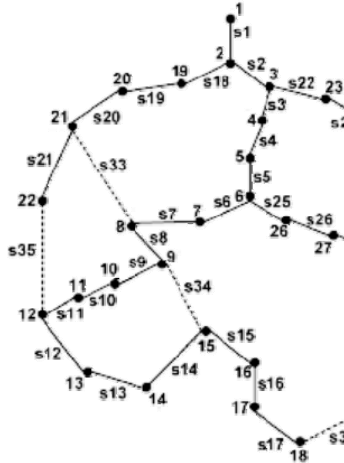
از آنجائی که در این مقاله تجدید آرایش برای نیل به دو هدف بکار گرفته شده است: کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ. مدل ریاضی مسئله به صورت زیر بیان می گردد:

$$F_1 = \min f = \min(P_{T, Loss} + C) \quad (9)$$

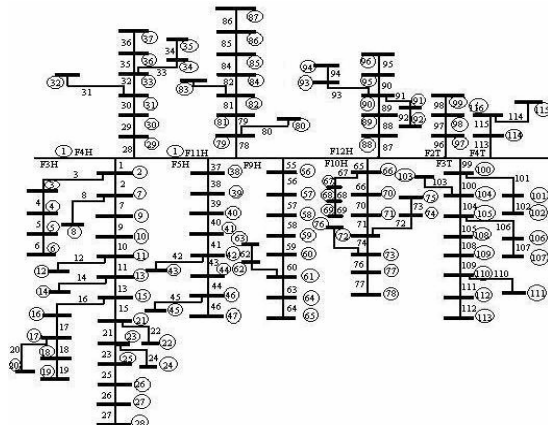
$$Cycle = (E + 1) - V \quad (12)$$

پس برای آنکه در سیستم هیچگونه دور(مش) وجود نداشته باشد به صورت یک گراف درختی باشد، لازم است به تعداد مش ها، سوئیچ به حالت باز تغییر وضعیت دهند.

$$Cycle = 5 = (37 + 1) - 33 \quad (13)$$

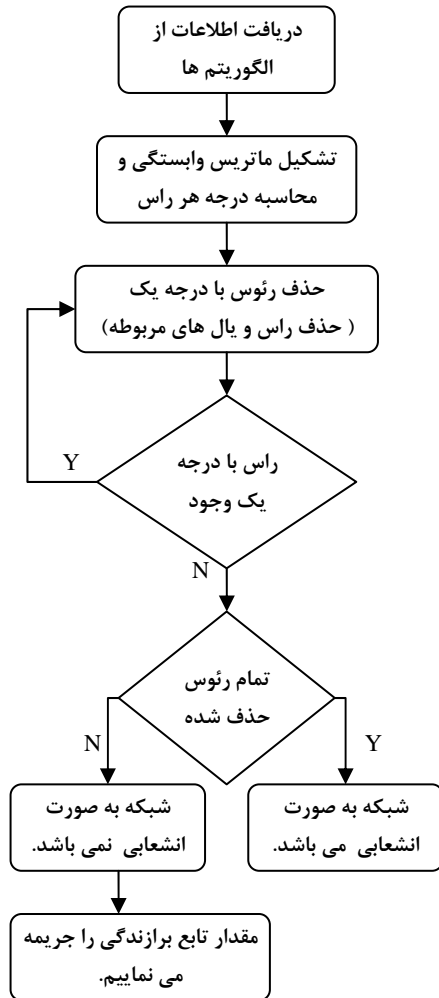


شکل ۲: اولین شبکه توزیع مورد مطالعه



شکل ۳: دومین شبکه توزیع مورد مطالعه

از طرفی این پنج سوئیچ که به حالت باز تغییر وضعیت داده اند لازم است که شرایط بند ۵ را نیز ارضا نمایند. برای بررسی این امر مطابق شکل ۱ عمل می نماییم، تمامی رئوس که درجه آنها برابر با یک می باشد را حذف می کنیم. (حذف یک راس شامل حذف یالهای متصل با آن نیز می باشد) این کار را مجدداً تکرار می کنیم و آنقدر پیش می رویم که دیگر راسی با درجه یک وجود نداشته باشد حال اگر همه رئوس حذف شده باشند ما با حذف این پنج یال به یک درخت رسیده ایم و در غیر اینصورت سیستم همچنان دارای دور(مش) می باشد و یا به یک یا چند بار



شکل ۱: یافتن انتخاب صحیح با استفاده از تئوری گراف و الگوریتم هیورستیک

## ۷- پیاده سازی الگوریتم ها و نتایج عددی آنها

برای اجرای الگوریتم های فوق بر روی شبکه مورد مطالعه در ابتدا می بایست کلیه سوئیچ ها بسته باشند حتی اگر در شبکه ایجاد دور نمایند. سپس با طرح مناسب به منظور حفظ شعاعی بودن شبکه و انتقال قدرت به کلیه بارها و همچنین انجام عمل بازآرایی شبکه به منظور یافتن کلید هایی که در اثر قطع کردن آنها، شبکه با حداقل تلفات مواجه می شود می پردازیم.

در ابتدا می بایست ماتریس وابستگی را برای سیستم پیاده سازی نماییم. این ماتریس برای سیستم اول دارای ۳۳ سطر(گره) و ۳۷ ستون(یال) می باشد. نظر به اینکه لازمه شبکه های توزیع شعاعی بودن (گراف درختی) می باشد، لذا با اصلاح رابطه (۶) به رابطه زیر می رسیم که در آن تعداد دور(مش یا Cycle) در سیستم می باشد.

توان منتقل نمی شود.

در هر مرحله از الگوریتم های GA , PSO و GCPSO که نسل جدید تولید می گردد الگوریتم فوق اجرا گردیده و چنانچه با انتخاب سوئیچ هایی که باید باز شوند در سیستم همچنان حلقه (دور) وجود داشته باشد و یا به یک یا چند بار توان منتقل نگردد، تابع برازندگی را جریمه نموده و در نتیجه این جواب های نامناسب از مجموعه جوابهای محتمل حذف می گردند و الگوریتم ها سریع تر به جواب بهینه همگرا می گردند.

در الگوریتم GA تعداد  $n=50$  کروموزم را انتخاب می نماییم با توجه به اینکه تعداد حلقه ها ۵ عدد می باشد پس در هر کروموزم می بایست ۵ ژن تعریف نموده و طول هر ژن را ۱۰ بیت قرار می دهیم. مقدار ضریب همبری  $P_c=0.9$  و ضریب جهش را نیز  $P_m$  به صورت خطی و کاهشی متناسب با تعداد تکرار الگوریتم بین دو مقدار ۰,۰۵ الی ۰,۰۰۵ قرار می دهیم. هر کروموزم با استفاده از فرمول های (۹ و ۱۰) ارزش دهی می شود و با الگوریتم شکل ۱ و رابطه (۱۲) صلاحیت سوئیچ ها بررسی می شود و مقدار نهایی تابع شایستگی مشخص می گردد، بعد از ۱۰۰ بار تکرار و ۲۰ اجرای مستقل، الگوریتم به سوئیچ های ۷-۹-۱۴-۳۲-۳۷ همگرا می شود.

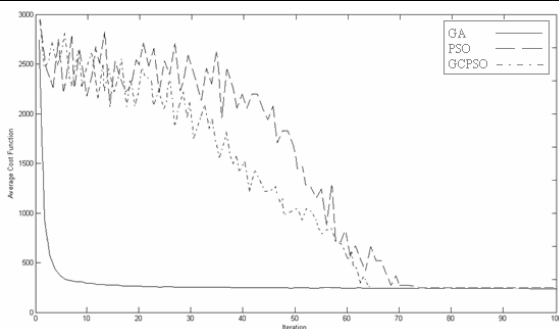
در مورد دومین الگوریتم یعنی PSO در ابتدا تعداد  $n$  ذره را انتخاب می کنیم و همانند الگوریتم GA،  $n$  برابر با ۵۰ در نظر گرفته می شود. با توجه به اینکه شبکه دارای ۵ دور می باشد بنابراین  $d=5$  و تعداد تکرار الگوریتم برابر با ۱۰۰ می باشد (شرط پایان الگوریتم). مقدار هریک از پارامتر های معادله (۱) را به صورت زیر تعیین می کنیم  $c1=c2=1.4$  و  $w$  به صورت خطی و نزولی از مقدار ۰,۹ به ۰,۱ تغییر می نماید. هر ذره از جمعیت مانند الگوریتم ژنتیک با استفاده از فرمول (۹ و ۱۰) ارزش دهی شده و با الگوریتم شکل ۱ و رابطه (۱۲) صلاحیت سوئیچ ها بررسی می شود و مقادیر  $P\_best$  و  $g\_best$  تعیین می گردد و متناسب با آنها سرعت حرکت ( $v$ ) مشخص می شود. الگوریتم PSO برای ۲۰ مرتبه با جمعیت آغازین تصادفی تکرار گردید که در این روند ذره ها سوئیچ های ۶-۹-۱۴-۳۲-۳۷ را به عنوان بهترین پاسخ نشان می دهند. همانطور که مشخص است این الگوریتم در یک مینیمم محلی درگیر شده و به جواب بهینه کلی همگرا نگردیده است.

حال چنانچه با الگوریتم GCPSO شبکه فوق را مورد مطالعه قرار دهیم یعنی تمامی پارامترها همان مقادیر الگوریتم PSO را داشته باشد فقط فرمول به روز رسانی بهترین ذره تغییر نماید به سوئیچ های ۷-۹-۱۴-۳۲-۳۷ می رسمیم. بنابراین با اصلاحی که بر الگوریتم PSO انجام شد الگوریتم جدید به همان جواب های GA همگرا گردید.

نتیجه اجرای این الگوریتم ها برای اولین شبکه مورد مطالعه در جدول ۱ موجود می باشد. در این جدول ردیف اول مربوط به تابع هدف به منظور کاهش تلفات حقیقی بوده ( $F_1$ )، سطر دوم بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات حقیقی ( $F_2$ ) به طور توأم می باشد و با توجه به این جدول انتخاب پنج سوئیچ فوق الذکر نه تنها باعث کاهش تلفات می شود بلکه باعث بهبود پروفیل ولتاژ نیز می گردد. نتایج حاصل از اجرای هر یک از سه الگوریتم فوق در شکل های ۷-۴ ترسیم شده است.

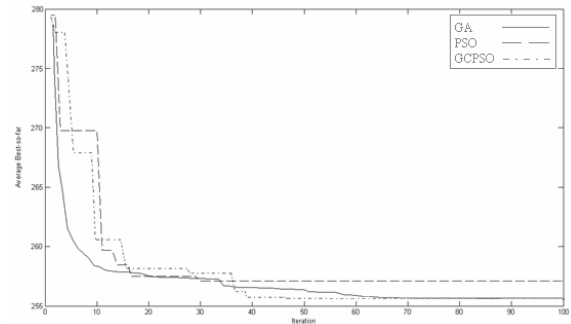
جدول ۱: نتایج قبل و بعد از بازآرایی روی شبکه اول

		کلید های انتخاب شده	تلفات توان (kw)	حداقل پروفیل ولتاژ (Pu)
قبل از بازآرایی		۳۳-۳۴-۳۵ ۳۶-۳۷	۲۰۴,۵	۰,۹۱۲۹
GA& GC PSO	$F_1$	۷-۹-۱۴ ۳۲-۳۷	۱۴۰,۴	۰,۹۳۹۷
	$F_2$	۷-۹-۱۴ ۲۸-۳۲	۱۴۰,۷	۰,۹۴۱۲
PSO	$F_1$	۶-۹-۱۴ ۳۲-۳۷	۱۴۱,۷	۰,۹۳۷۴
	$F_2$	۳۳-۳۴-۳۵ ۳۶-۳۷	۲۰۴,۵	۰,۹۱۲۹

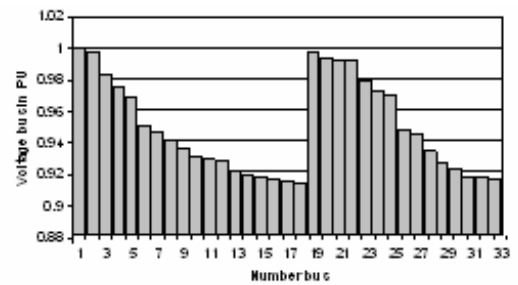


شکل ۴: میانگین تابع هزینه برای شبکه اول

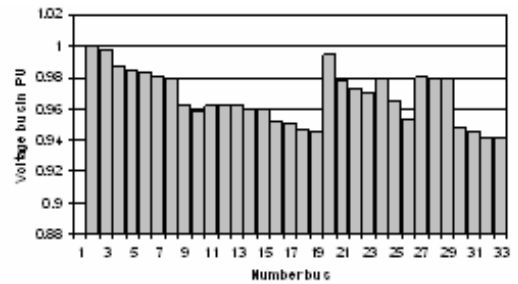
			ولتاژ (Pu)	(kw)
قبیل از باز آرا بی		۱۱۶-۱۱۷-۱۱۸	۰,۹۵۵۷	۱۳۶,۱
		۱۱۹-۱۲۰-۱۲۱		
		۱۲۲-۱۲۳-۱۲۴		
		۱۲۵-۱۲۶-۱۲۷		
		۱۲۸-۱۲۹		
GA & GC PSO	$F_1$	۶-۱۳-۲۲-۴۷	۰,۹۷۶۴	۱۰۸,۳
		۶۴-۸۳-۸۶-۹۰		
	۹۴-۱۰۸-۱۱۹			
	۱۲۲-۱۲۵-۱۲۹			
$F_2$	۶-۱۵-۴۶-۴۸	۰,۹۷۹۷	۱۱۰,۲	
	۶۴-۸۳-۸۵			
	۱۱۴-۱۱۹-۱۲۴			
	۱۲۵-۱۲۶-۱۲۸			
		۱۲۹		
PSO	$F_1$	۶-۱۵-۲۲-۴۷	۰,۹۶۹۰	۱۱۱,۵
		۶۴-۸۲-۸۵-۹۴		
	۹۵-۱۰۸-۱۱۹			
	۱۲۲-۱۲۵-۱۲۹			
$F_2$	۶-۱۵-۲۱-۴۸	۰,۹۷۸۱	۱۱۲,۴	
	۶۴-۸۳-۸۵-۹۰			
	۱۱۹-۱۲۴-۱۲۶			
	۱۲۸-۱۲۹			



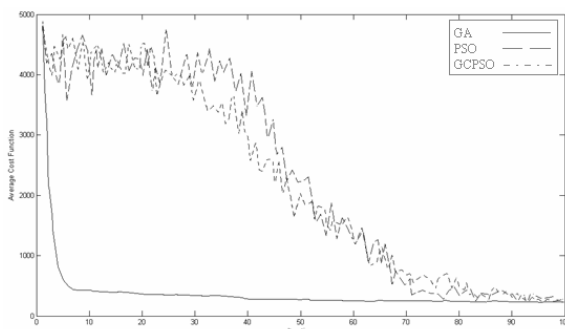
شکل ۵: میانگین بهترین مقدار تابع هزینه برای شبکه اول



شکل ۶: پروفیل ولتاژ قبل از بازاریابی برای شبکه اول



شکل ۷: پروفیل ولتاژ بعد از بازاریابی با GCPSO و GA



شکل ۸: میانگین تابع هزینه برای شبکه دوم

برای سیستم دوم با توجه به توضیحاتی که برای سیستم اول داده شده تعداد دور در سیستم ۱۴ می باشد پس به ۱۴ ژن یا متغیر نیاز داریم. در الگوریتم GA تعداد  $n = 120$  کروموزوم را انتخاب می نمایم و سایر المان های این الگوریتم مانند قبل تعریف می گردد. در الگوریتم PSO و GCPSO نیز تنها مقدار بعد سیستم و تعداد ذره ها تغییر می نماید و به ترتیب هر یک ۱۴ و ۱۲۰ مقدار دهی می شود. نتایج حاصل از اجرای این الگوریتم ها در جدول ۲ و شکل های ۸-۹ ارائه شده و پروفیل ولتاژ نیز در قبل و بعد از بازاریابی نیز در شکل های ۱۰-۱۱ ترسیم شده است که گویای بهبود پروفیل ولتاژ می باشد.

جدول ۲: نتایج قبل و بعد از بازاریابی روی شبکه دوم

حداقل پروفیل	تلفات توان	کلید های انتخاب شده

reduction," IEEE Trans. Power Del., vol. 3, no. 3, pp. 1217-1223, Jul. 1988.

[2] M. E. Baran and F. F. Wu, "Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing," IEEE Trans. Power Del., vol. 4, no. 2, pp. 1401-1407, Apr. 1989.

[3] Venkatesh, B.; Ranjan, R.; Gooi, H. B. "Optimal reconfiguration of radial distribution systems to maximize loadability", IEEE Trans. Power Systems, Vol 19, no pp.:260-266. 1 Feb.2004.

[4] K. Nara, A. Shiose, M. Kitagawa, and T. Ishihara, "Implementation of genetic algorithm for distribution systems loss minimum reconfiguration," IEEE Trans. Power Syst., vol. 7, no. 3, pp. 1044-1051, Aug. 1992.

[5] J. Wang; A. Luo; M. Qi, M. Li, "The improved clonal genetic algorithm & its application in reconfiguration of distribution networks ", IEEE PES , Power Syst , vol.3 , pp.1423 - 1428; Oct. 2004

[6] Y. Bin; W. Xiu-li; B. Zhao-hong; W. Xi-fan, "Distribution network reconfiguration for reliability worth enhancement", Power Syst, Volume 4, 13-17 , pp.2547 - 2550 , Oct. 2002

[7] Y. Fukuyama, H. Endo, Y. Nakanishi " A hybrid system for service restoration using expert system and genetic algorithm", Intelligent Systems Applications to Power, pp.394 - 398 , Feb. 1996

[8] Y. Yu; J. Wu; "Loads combination method based core schema genetic shortest-path algorithm for distribution network reconfiguration", Power Syst, Vol. 3, pp.1729 - 1733, Oct. 2002

[9] Y. Song, G. Wang, A. Johns, and P. Wang, "Distribution network reconfiguration for loss reduction using fuzzy controlled evolutionary programming," Proc. Inst. Elect. Eng., Gen., Transm., Distrib., vol. 144, no. 4, pp. 345-350, Jul. 1997.

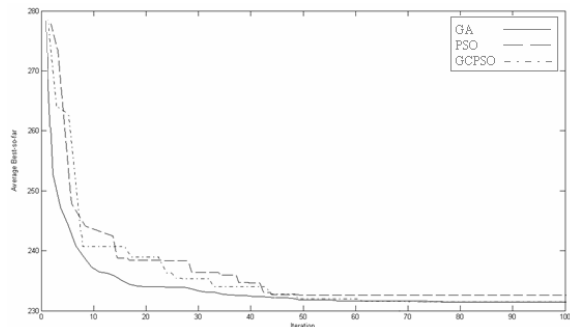
[10] X. Jin, J. Zhao, Y. Sun, K. Li and B. Zhang, "Distribution network reconfiguration for load balancing using binary particle swarm optimization" International conf. power, pp. 507-510, November 2004.

[11] M. Assadian, M. M. Maghfoori and H. Nezamabadi-pour, "Optimal Reconfiguration of Distribution System by PSO and GA using graph theory " WSEAS conf., Istanbul, May 2007.

[12] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," IEEE Int. Conf. Neural Networks, vol. IV , pp. 1942-1948., 1995

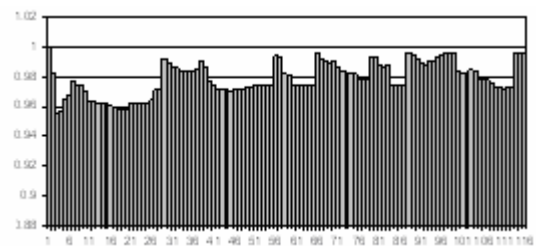
[13] F. Van den Bergh & A. Engelbrecht; "A new locally convergent particle swarm optimizer", Proce. IEEE Conference on Systems and Cybernetics. (Hammamet. Tunisia), 2002.

[14] R. Diestel, Graph theory, Springer-Verlag Heidelberg, New York, 2005.

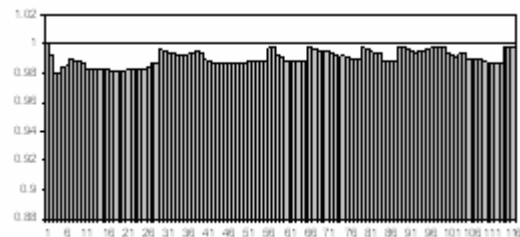


شکل ۹: میانگین بهترین مقدار تابع هزینه برای شبکه دوم

همانطور که از مقایسه شکل ۹ و ۱۰ مشخص می باشد پروفیل ولتاژ نیز بهبود یافته است.



شکل ۱۰: پروفیل ولتاژ قبل از بازآرایی برای شبکه دوم



شکل ۱۱: پروفیل ولتاژ بعد از بازآرایی با GA و GCPSO

## ۸- نتیجه گیری

در این مقاله دو شبکه توزیع به کمک سه الگوریتم هیورستیک با استفاده از تئوری گراف مورد بازآرایی قرار گرفت. نتایج نشان میدهد که الگوریتم PSO در یک مینیمم محلی درگیر شده می شود اما الگوریتم های GA و GCPSO به جواب های یکسانی همگرا شده و نتایج بهتری نسبت به الگوریتم PSO ارائه مینمایند. هرچند عملکرد GA نیز نسبت به GCPSO بهتر می باشد. همچنین استفاده از تئوری گراف ها در جریمه کردن جواب های نادرست در همگرایی سریع تر الگوریتم ها بسیار موثر است.

## مراجع

[1] S. Civanlar, J. J. Grainger, H. Yin, and S. S. H. Lee, "Distribution feeder reconfiguration for loss

