سیزدهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
۱۱و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۸۷- گیلان

بازآرایی شبکه های توزیع به منظور متعادل کردن بار با استفاده از الگوریتم وراثتی باینری و حقیقی و نظریه گراف

محمد سلیمانی ساردو، ملیحه مغفوری و حسین نظام آبادی پور

بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان

. nezam@mail.uk.ac.ir, mmaghfoori@mail.uk.ac.ir Mohammad.solaimoni@gmail.com,

چکیده – طراحی شبکه های توزیع جهت افزایش قابلیت اطمینان و سرویس دهی مطمئن تر به صورت حلقوی انجام می گیرد و این در حالیست که بهره برداری از این شبکه ها بدلیل مشکلات بهره برداری شبکه های حلقوی، اغلب بصورت شعاعی صورت می گیرد. کلیدها و سکشن لایزرهای متعددی که در شبکه وجود دارند نقش بسزایی در مدیریت ساختار شبکه برای نیل به شکل بهینه، که همان کاهش تلفات است ایفاد می کنند. 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 و تعدد پارامترها، استفاده از تکنیک های هوشمند اجتناب ناپذیر است. در این مقاله از نظریه گراف در کنار الگوریتم وراثتی (ژنتیک) حقیقی و باینری به منظور یافتن سوئیچ هایی که با تغییر وضعیت آنها، باز آرایی جهت کاهش تلفات و بالانس بار انجام می گیرد استفاده شده است.

کلید واژه: الگوریتم وراثتی باینری، الگوریتم وراثتی حقیقی، بازآرایی شبکه های توزیع، نظریه گراف، کاهش تلفات، بالانس بار و بهبود پروفیل ولتاژ.

۱- مقدمه

تلفات انرژی در شبکه های قدرت هر ساله مقادیر قابل توجهی انرژی الکتریکی را هدر داده و از این طریق مبالغ هنگفتی به شرکتهای برق تحمیل می کند. در این میان سهم عمده تلفات شبکه های قدرت (بیش از ۸۰ درصد) مرتبط با تلفات در شبکه های توزیع انرژی است. در کشور ایران بیش از ۱۵ درصد انرژی خالص تولید نیروگاهها صرفاً در شبکه های توزیع تلف می شود. از مهمترین دلایل تلفات در سیستم توزیع پایین بودن سطح ولتاژ و در نتیجه زیاد بودن اندازه جریان ، عبور توان راکتیو در طول فیدرها، ساختار شعاعی شبکه، عدم بالانس جریان فیدرها، آلودگی هارمونیکی، فرسودگی تجهیزات سیستم و انشعابات غیر مجاز است. روشهای مختلفی جهت کاهش تلفات در سیستم های توزیع وجود دارد. از جمله آنها می توان به : خازن گذاری ، مدیریت مصرف جهت پیک سایی ، تعویض هادیهای شبکه، تغییرسطح ولتاژ، مدیریت بار ترانسفورماتورها و بازآرایی شبکه اشاره نمود. در این میان بازآرایی ساده ترین و کم هزینه ترین روش جهت کاهش تلفات می باشد. از طرفی با توجه به تمایل روزافزون اتوماسیون شبکه های توزیع، امکان کنترل و تغییر آرایش این شبکه ها روز به روز سهل تر می شود.

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 درنظر گرفته

می شود، ولیکن در هنگام برق رسانی می بایست آرایش شبکه بگونه ای باشد کـه در آن هیچگونـه حلقـه ای وجـود نداشـته باشد. بازآرایی شبکه های توزیع برای نیل به اهـداف متفـاوتی صورت می پذیرد. تجدید آرایـش بـه منظـور کـاهش تلفـات شبکه ، ایجاد توازن بارگـذاری روی شـبکه و در صـورت بـروز خطا، برای سرویس دهـی بـه کلیـه مشـترکین و بـه حـداقل رساندن نواحی بدون بـرق صـورت مـی پـذیرد. در مقـالات و تحقیقات انجام شده در این زمینه روش های متعـددی بـرای تجدید آرایش با اهداف متفاوت ارائه گردیـده اسـت . در ابتـدا بازآرایی به منظور کاهش تلفات و توان بارگذاری با اسـتفاده از روشهای کلاسیک صورت گرفت [۱]-[۲]. از آنجاییکه شـبکه توزیع شامل صدها سـوئیچ مـی باشـد، در نظـر گـرفتن تمـام آرایش های موجود و امکان بررسی تمامی آنها توسط روشهای کلاسیک میسر نیسـت، لـذا رفتـه رفتـه تکنیـک روش هـای شهودی و هوشمند مورد توجه قرار گرفت. شـبیه سـازی ذوب فلزات [۳]، الگوریتم ژنتیک [۴]-[۷] ، تئوری فازی و برنامـه ریزی تکاملی [۸] ، هـوش مصـنوعی [۹] ، الگـوریتم اجتمـاع پرندگان در شکل باینری [۱۰]-[۱۱] ، الگوریتم کلونی مورچه [۱۲]، برای تعیین آرایش بهینه مورد استفاده واقع شده است. در برخی مقالات از روش های دیگری نیز استفاده شده اسـت که می توان به تئوری گراف در کنار الگوریتم های هیورستیک اشاره نمود. در[۱۰], [۱۵] از قضیه اویلر در گـراف و محاسـبه درجه رئوس با استفاده از مـاتریس وابسـتگی (تلاقـی)، جهـت بازآرایی شبکه های توزیع به منظـور کـاهش تلفـات اسـتفاده شده است و نشان داده شده که استفاده از تئوریهای گـراف در کنار روشهای شهودی موجب حذف پاسخهای اضافی در زمـان کمتری شـده و سـرعت همگرایـی بـه پاسـخ بهینـه را بهبـود بخشیده است. این مقاله تجدیـد آرایـش در راسـتای کـاهش تلفات ، حفظ توازن بار و بهبود پروفیل ولتـاژ را بـا اسـتفاده از الگوریتم های وراثتی باینری و حقیقی مورد بررسی قـرار مـی دهد. به دلیل اینکه گراف زمان کمتری جهت بررسـی قیـود و محدودیتهای توابع هدف به خود اختصاص می دهـد بنـابراین تئوری گرافها و استفاده از ماتریس مجـاورت در کنـار ردیـابی سلسله باسهای متصل به باسـهای مرجـع در مـاتریس مـذکور مدنظر قرار گرفته است. و مهمترین تفاوت میان ایـن مقالـه و [۱۱] استفاده از الگوریتم وراثتی بـاینری و حقیقـی در کنـار تئوریهای دیگری از گراف می باشد.

۲- مروری بر الگوریتم وراثتی

رایجترین دسته بنـدی الگـوریتم هـای تکامـل(EA) ، در ۳۰ سال اخیر الگوریتم های وراثتی (GA)، برنامه ریـزی تکـاملی (EP) ، استراتژی تکاملی (ES) و برنامه ریزی وراثتـی (GP) می باشد. رفتار الگوریتم های وراثتی از ساز و کارهای تکـاملی در طبیعت الگو برداری شده است. الگـوریتم هـای وراثتـی در ابتدا به طور تصادفی جامعه ای از کروموزم ها پدید می آورنـد و سپس برازندگی تمام کروموزم ها (افراد جامعـه) محاسـبه و تعیین می شود. به وسیله عملگرهای همبری و جهش و دیگـر عملگرها و با توجه به برازندگی افراد (کروموزم ها) جامعـه ای جدید با برازندگی بـالاتر بـه وجـود مـی آیـد. پـس در عمـل، محاسـبات مـدل ژنتیـک، روی کاراکترهـایی کـه کرومـوزم را مشخص می کند (ژنها)، انجام می گیرد. در هر بار تکرار حلقه، از جامعه قبلی صرفه نظر می شود و به جای آن جامعه جدیـد قرارمـی گیـرد. الگـوریتم وراثتـی بـاینری و الگـوریتم وراثتـی حقیقی (پیوسته)، از معروفترین انواع الگوریتم های وراثتی می باشند.

روشهای مختلفی برای نشان دادن اطلاعات در یک الگـوریتم وراثتی مورد استفاده قرار می گیرد. توانایی عملگرهای جهـش و همبری بستگی به نمایش اطلاعات دارد.برای مسایل دو نـوع رمز گذاری باینری و حقیقی وجود دارد.

نمایش باینری مانند نمایش اعداد صحیح در حافظه کـامپیوتر است. جهش مانند کلیـد کـردن تصـادفی یـک بیـت بـا یـک احتمال از پیش تعیین شده است و همبری به مثابه بریدن دو رشته باینری از یک محل و عوض کردن قسمتهای ماننـد هـم می باشـد. مهمتـرین مزیـت نمـایش بـاینری ایـن اسـت کـه احتمال رسیدن به هر مقداری توسط رشته باینری بـه وسـیله یک عملگر صفر نیست. و اصـلی تـرین اشـکال در محـدودیت مقدارهای ممکن یک رشـته بـه تعـداد بیتهاسـت. و اگـر رمـز گذاری دقیقی لازم باشد باید از رشـته هـای بزرگـی اسـتفاده شود.

نمایش مقدار حقیقی به این معنی است که متغیرها در حافظه به صورت اعشاری نگهداری می شوند. جهش معمـولا" اضـافه کردن متغیر توزیع شده با مقدار متوسط صفر است. و همبری معدل گیری بین دو متغیر است . به دلیل این نـوع همبـری و جهش، نمایش با مقدار حقیقی از نمایش باینری دارای کارایی کمتری است. مهمترین مزیت نمایش حقیقی در افزایش دقت با استفاده از اعداد اعشاری و نداشتن مشکل در بـزرگ شـدن داده ها می باشد.

۳- مروری بر نظریه گراف

گراف G یک سه تایی مرتب $(V(G), E(G), \Psi_G)$ متشکل از مجموعه ناتهی $V(G)$ رأسها، مجموعه $E(G)$ یالها مجزا از $V(G)$ و تابع وقوع Ψ_G است که با هر یال G ،یک جفت نامرتب (نه لزوماً مجزا) از رأسهای G را همراه می کند. اگر e یک یال و u و v رأسهایی باشند به قسمی که $\Psi_G(e) = uv$، آنگاه می گویند e، u را به v وصل می کند، رأسهای u و v را دو انتهای e می نامند [۱۳] . تعداد رأسها را مرتبه گراف (p) و تعداد یالها را اندازه گراف (q) گویند.

با فرض اینکه m عددی طبیعی باشد یک مسیر از دو رأس متمایز u و v عبارتست از دنباله ایی متشکل از $m+1$ رأس دو به دو متفاوت G، که از u آغاز و به v ختم می شود. m را طول این مسیر گویند.

اگر رأس u مسیری منتهی به خودش داشته باشد گویند گراف دارای دور است. بنابراین گرافی که بین هر دو راس دلخواه از آن حداقل یک مسیر وجود داشته باشد گراف همبند و گرافی که همبند بوده و هیچ دوری نداشته باشد گراف درختی (درخت) نامیده می شود. درگراف همبند تعداد دورها (L)، از رابطه زیر بدست می آید:

$$L = q - p + 1 \qquad (۱)$$

پس در گراف درختی داریم :

$$q = p - 1 \qquad (۲)$$

گرافی که دارای p رأس و q یال می باشد را می توان با ماتریس مجاورت $A_{p\times p}$ به صورت زیر معرفی کرد:

$$a_{i\times j} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \qquad i, j \in p \qquad (۳)$$

این ماتریس ارتباط راسهای گراف با یکدیگر را نشان می دهد. اگر بین رأس i و j یالی بدون واسطه سایر رأسها موجود باشد، (رأسهای مجاور)، درایه را عدد یک وگرنه عدد صفر قرار می دهیم. بدیهی است که مولفه های قطر اصلی صفر می باشند . ماتریس مجاورت، ماتریسی متقارن می باشد بنابراین نصف تعداد عناصر غیر صفر (یک) ، اندازه گراف (تعداد یالها) است.

به کمک مفاهیم (۳)- (۱) می توان به بررسی درخت بودن گراف (شعاعی بودن و ایزوله نشدن بارها در شبکه توزیع) پرداخت:

در ابتدا ماتریس مجاورت گراف متناظر با شبکه توزیع ،(A)، را تشکیل می دهیم. با مشخص بودن باس ابتدایی هر فیدر و لحاظ تعداد فیدر های سیستم (k) ، ماتریس (AK1) با ابعاد $k\times p$ را که سطرهای آن بیانگر باسهای متصل به هر باس ابتدای فیدر می باشد بدست می آوریم. پس از حذف درایه های تکراری، ماتریس سطری (AK2) بدست آمده، و از مقایسه تعداد عناصر غیر صفر آن با تعداد باسهای سیستم امکان دو حالت وجود دارد:

۱- برابر نبودن تعداد باسهای سیستم با تعداد عناصر غیر صفر ماتریس (AK2) : این حالت نشاندهنده غیرهمبند بودن گراف است و این اختلاف معرف تعداد باسهای مجزا و ایزوله شدن بار(غیر از باسهای ابتدایی هر فیدر) می باشد .

۲- برابر بودن تعداد باسهای سیستم با تعداد عناصر غیر صفر ماتریس (AK2): در این حالت پس از حذف ستون اول ماتریس (AK1)، (باسهای ابتدای هر فیدر)، تعداد سطرهای با کلیه عناصر صفر، نمایانگر ایزوله شدن تعداد باسهای ابتدایی هر فیدر است. در صورت عدم سطر صفر، همبند بودن گراف تضمین شده و تعداد حلقه های گراف از روابط زیر به دست آورد:

$$L = q - p + 1 + k' \qquad (۴)$$

$$k' = k - 1 \qquad (۵)$$

بنابراین :

$$L = q - p + k \qquad (۶)$$

بدیهی است با صفر شدن L، درخت بودن گراف (شعاعی بودن سیستم)، حاصل می شود.

۴ – بیان ریاضی مساله

در این مقاله تجدید آرایش برای نیل به سه هدف بکار گرفته

شده است: کاهش تلفات، بالانس بار، بهبود پروفیل ولتاژ. به همین منظور دو تابع F1 و F2 بصورت (۷) و (۸) تعریف می شوند. در تابع F1 هدف کاهش تلفات حقیقی شبکه و به طور همزمان بهبود پروفیل ولتاژ می باشد. در حالیکه در تابع F2 هدف کاهش اضافه بار و بهبود پروفیل ولتاژ است. مدل ریاضی مسئله به صورت زیر بیان می شود:

$$F1=\min\left\{A\sum_{b=1}^{nl}R_b\left|I_b\right|^2 k_b+B.\max\left|V_i-V_l\right|+C\right\} \quad (۷)$$

$$F2=\min\left\{A\sum_{b=1}^{nl}L_b\left|\frac{|I_b|}{I_b^R}\right|^2+B.\max\left|V_i-V_l\right|+C\right\} \quad (۸)$$

که در روابط فوق: I_b جریان شاخه bام، nl تعداد کل شاخه های شبکه، R_b مقاومت شاخه bام، k_b شاخص قطع یا وصل بودن شاخه ، V_i ولتاژ باس iام، V_l ولتاژ باس تغذیه، L_b طول شاخه bام، I_b^R جریان نامی شاخه bام، A و B ضرایب وزنی سیستم می باشند.

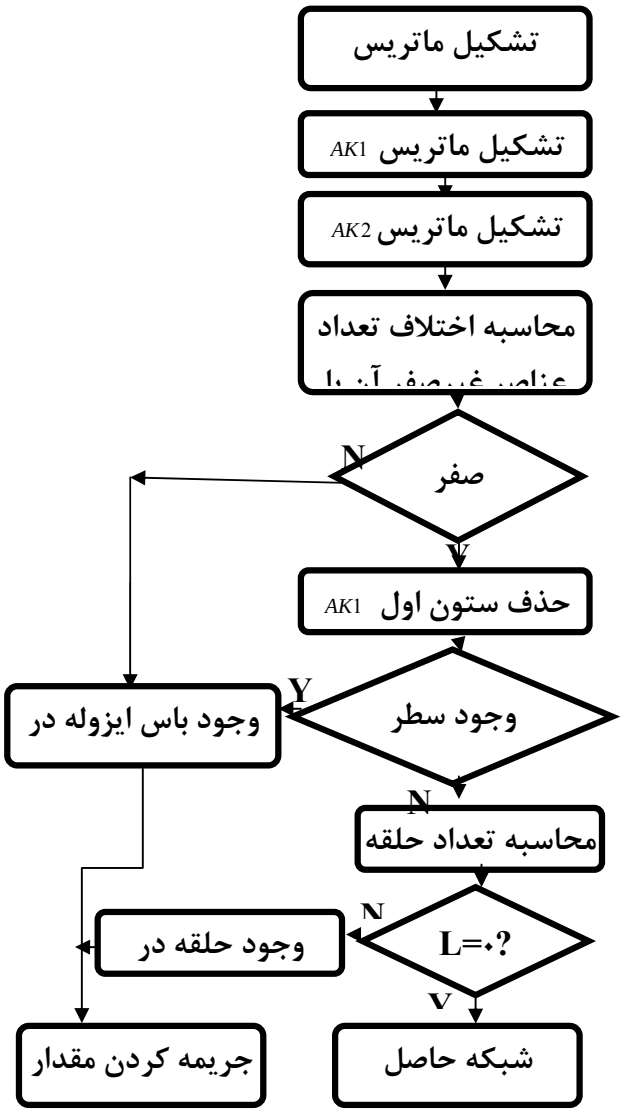
نظر به اینکه بهره برداری شبکه های توزیع با حداقل هزینه و با توجه به قیودی از جمله: حفظ شعاعی بودن سیستم، سرویس دهی به کلیه بارها، قرار گرفتن مقدار ولتاژ هر باس و مقدارجریان هرشاخه در محدوده قابل قبول صورت می گیرد لذا پاسخهایی که قیود مذکور را نقض کنند بایستی از مجموعه جوابها حذف شوند به همین منظور پارامتر C در هریک از توابع هدف در نظر گرفته شده است و به صورت زیر معرفی می گردد:

$$C = D.\text{Number(mesh)} + E.\text{Number(isolated)} \quad (۹)$$

در معادله (۹)، 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 شود. بازآرائی یک سیستم قدرت با استفاده از روش وراثتی و نظریه گراف مطابق شکل ۱ صورت می پذیرد.

۵- شبکه های توزیع مورد مطالعه

در این مقاله دو شبکه توزیع استاندارد ۱۶ و ۳۳ باسه در ولتاژ ۱۲.۶۶kv، توان ۱۰۰MVA و جریان نامی ۲۰۰A جهت هر فیدر، مورد مطالعه قرار گرفته اند. برای شبکه ۱۶ باسه دو تابع هدف F1 و F2 و در شبکه ۳۳ باسه تابع F2 مورد بررسی قرار گرفته شده است.

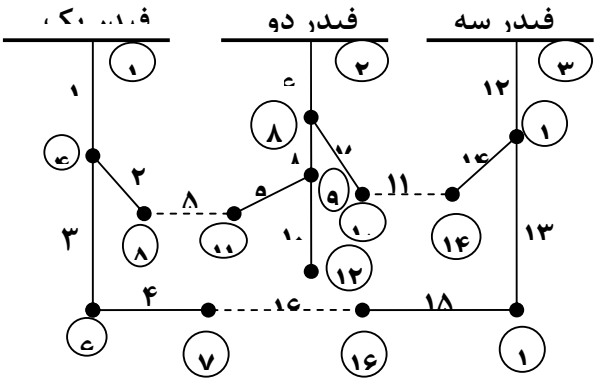


شکل ۱ : یافتن انتخاب صحیح با استفاده از تئوری گراف و الگوریتم وراثتی

۱-۵- اولین شبکه توزیع و پیاده سازی الگوریتم

در این قسمت، شبکه ۱۶ باسه استاندارد (شکل ۲) مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به باز بودن کلیدهای ۵-۱۱-۱۶ تلفات حقیقی و شاخص بار به ترتیب ۵۱۱.۴ و ۱۴۶.۹۹ می باشد. اطلاعات مربوط به این شبکه در مرجع [۱۴] بیان شده است .

برای اجرای الگوریتم های فوق بر روی شبکه مورد مطالعه در ابتدا می بایست کلیه سوئیچ ها بسته باشند حتی اگر در شبکه ایجاد حلقه نمایند.



شکل۲: اولین شبکه توزیع ۱۶ باسه مورد مطالعه

سیستم شکل (۲) ، دارای ۱۶ باس، ۱۶ شاخه و ۳ فیدر است با بسته بودن کلیه کلیدهای شبکه، طبق رابطه (۶)، ۳ حلقه (مش) ایجاد می شود($L = ۳$). برای آنکه در سیستم هیچگونه مش وجود نداشته باشد و به صورت یک گراف درختی باشد ،لازم است به تعداد مش ها، کلید هایی با بر آورده کردن قیود مسئله به حالت باز تغییر وضعیت دهند. برای پیدا کردن بهترین پاسخ توسط الگوریتم های **GA** باینری و حقیقی مطابق شکل ۱ عمل می نماییم. در هر مرحله از الگوریتم های **GA** پس از تولید نسل جدید ماتریس مجاورت محاسبه می گردد. و بر اساس باس ابتدای هر فیدر همه باسهای متصل به آن جستجو و مرتب شده و از مقایسه با تعداد باسهای سیستم تعداد شینهای ایزوله که هیچ توانی به آنها منتقل نمی شود مشخص می شوند. در صورت نداشتن باس مجزا، تعداد حلقه ها را از رابطه (۶) پیدا می کنیم. و در صورت نداشتن حلقه، شعاعی بودن شبکه نتیجه می شود. چنانچه با انتخاب کلید هایی که باید باز شوند در سیستم همچنان حلقه وجود داشته باشد و یا به یک یا چند بار توان منتقل نگردد ،تابع برازندگی را مطابق رابطه (۹) جریمه نموده ودرنتیجه این جواب های نامناسب از مجموعه جوابهای محتمل حذف می گردند و الگوریتم ها سریع تر به جواب بهینه همگرا می شوند.

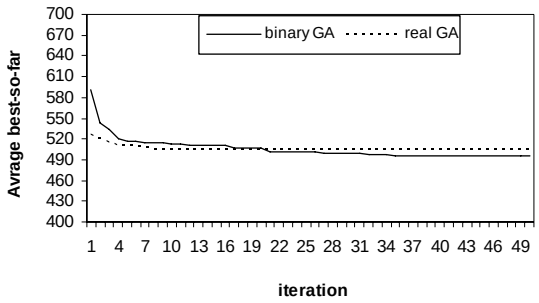
در الگوریتم های وراثتی اجرا شده تعداد کروموزم ها، $n = ۵۰$ انتخاب می شود. چون تعداد حلقه ها ۳ عدد می باشد پس در هر کروموزم ۳ ژن تعریف نموده و هر کروموزم به صورت [کلید۳ کلید۲ کلید۱] لحاظ می شود. مقدار ضریب همبری $p_c = ۰.۹$ و ضریب جهش $p_m = ۰.۰۵$ در نظر گرفته شده است. طول هر ژن در الگوریتم وراثتی باینری ۲۰ بیت انتخاب می گردد. هر کروموزم با استفاده از فرمول های (۷و۸) ارزش دهی شده و با الگوریتم شکل ۱ و رابطه (۶) صلاحیت کلیدها بررسی می شود و مقدار نهایی تابع شایستگی مشخص می گردد. بعد از ۵۰ بار تکرار و ۱۰ اجرای مستقل، با در نظر گرفتن تابع شایستگی F1 یا F2 ، الگوریتم به سوئیچ های ۱۶-۹- ۷ همگرا می شود. که در این شرایط تلفات ۴۶۶.۱ و شاخص بار ۱۳۷.۵۱ می باشد. از نقاط بهینه محلی می توان به سوییچهای ۹-۷-۴ با تلفات ۴۸۰.۵ و شاخص بالانس بار ۱۳۷.۹۴ اشاره نمود که بطور نمونه ۳۰ درصد از پاسخهای F1 در الگوریتم وراثتی حقیقی و ۱۰درصد پاسخهای همین تابع در الگوریتم وراثتی باینری به ان همگرا می شوند. بنابراین ۹۰ درصد پاسخها در الگوریتم وراثتی باینری به نقطه بهینه نهایی همگرا می شوند.

نتیجه اجرای این الگوریتم ها برای شبکه مورد مطالعه شکل (۲) در جدول ۱ آمده است. با توجه به این جدول انتخاب سه سوئیچ فوق الذکر نه تنها باعث کاهش تلفات شده بلکه باعث حفظ توازن بار نیز می گردد. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم های وراثتی باینری و حقیقی بر روی اولین شبکه مورد مطالعه شکل (۲) و وضعیت پروفیل ولتاژ آن قبل و بعد از بازآرایی در شکل های (۵)- (۳) ترسیم شده است.

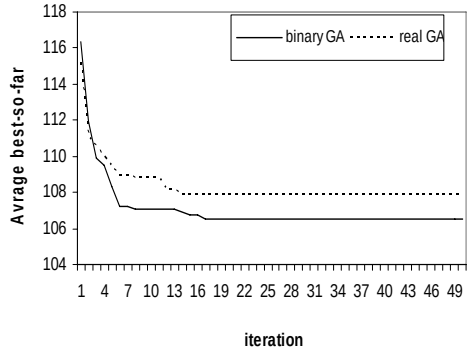
جدول۱: نتایج قبل و بعد از بازآرایی روی شبکه اول

وضعیت شبکه	تابع شایستگی	کلید های منتخب	مقدار تابع	حداقل پروفیل ولتاژ (p.u)
قبل از	-	۵	۵۱۱.٤ تلفات	۰.۹۶۹۲

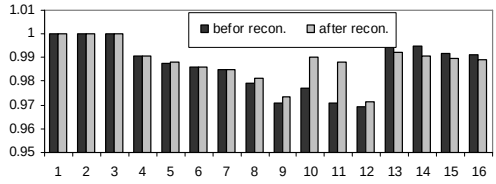
بازآرایی		۱۱ ۱۶	۱۴۷ شاخص بار	۷ در باس ۱۲
بازآرایی با الگوریتم وراثتی باینری	F1	۷ ۹ ۱۶	۴۶۶.۱	۰.۹۷۱۵ ۸ در باس ۱۲
	F2	۷ ۹ ۱۶	۱۳۷.۵	۰.۹۷۱۵ ۸ در باس ۱۲
بازآرایی با الگوریتم وراثتی حقیقی	F1	۷ ۹ **۱۶**	۴۶۶.۱	۰.۹۷۱۵ ۸ در باس ۱۲
	F2	۷ ۹ **۱۶**	۱۳۷.۵	۰.۹۷۱۵ ۸ در باس ۱۲



شکل۳: میانگین بهترین مقدار تابع F1



شکل۴: میانگین بهترین مقدار تابع F2

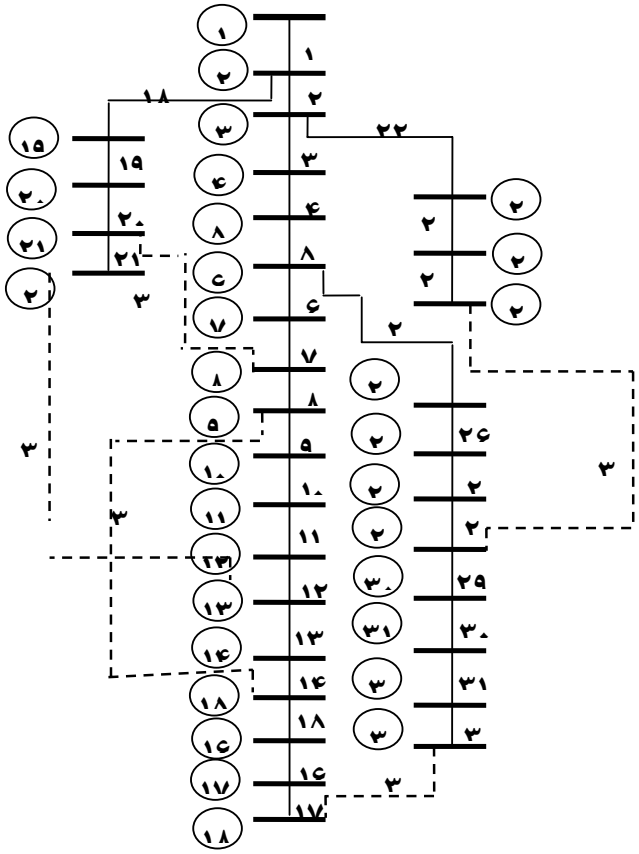


شکل۵: مقایسه پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی

بازآرایی توانسته است تلفات حقیقی سیستم و اضافه بار فیدرها را با توجه به شکل ۳ و۴ به ترتیب به میزان ۸.۸۶ و ۶.۴۵ درصد بهبود بخشد. با در نظر گرفتن شکل ۵ ولتاژ باس ۱۲ که کمترین ولتاژ را در بین باسهای سیستم داراست بهبود پیدا کرده است و چنین وضعیتی در باسهای ۱۱-۱۰-۹ -۸ نیز مشاهده می شود.

۲-۵- دومین شبکه توزیع مورد مطالعه

دومین شبکه مورد مطالعه، شبکه توزیع استاندارد ۳۳ باسه (شکل ۶) می باشد. در این شبکه تابع F2 مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. قبل از بازآرایی با باز بودن کلیدهای ۳۷-۳۶-۳۵-۳۴-۳۳، تلفات۲۱۰.۸، شاخص بار ۱۲.۳۹۶۱ و حداقل پروفیل ولتاژ ۰.۹۰۳۸ پریونیت در باس ۱۸ می باشد. اطلاعات مربوط به این شبکه در مرجع [۴] بیان شده است.

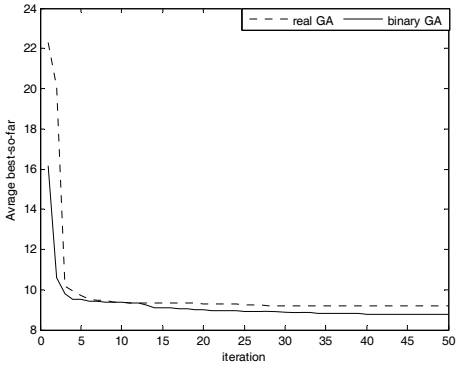


شکل۶:دومین شبکه توزیع ۳۳ باسه مورد مطالعه

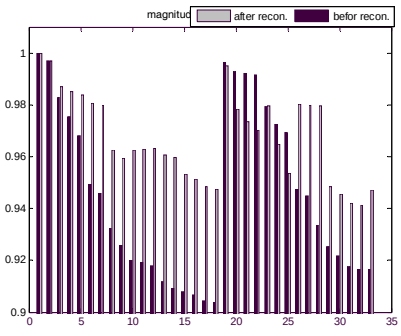
جهت ۱۰ اجرای مستقل الگوریتم ها، ۵۰ کروموزم ۵ ژنه (به دلیل وجود ۵ حلقه در سِیستم) با ضریب همبری $p_c = ۰.۹$، ضریب جهش $p_m = ۰.۰۵$ ، طول هر ژن در الگوریتم وراثتی باینری ۲۰ بیت و ۵۰ تکرار در هر اجرا لحاظ می شود. نتایج حاصل از الگوریتم های وراثتی باینری و حقیقی جهت تابع F2 در جدول ۲ و شکلهای (۷) و (۸) بیان شده اند. با توجه به نتایج، پاسخ الگوریتم وراثتی باینری بهینه تر از حقیقی است.

جدول۲: نتایج بعد از بازآرایی روی شبکه دوم و تابع F2

بازآرایی با	بازآرایی با الگوریتم	قبل از بازآرایی	F2
الگوریتم وراثتی حقیقی	وراثتی باینری		
۶-۹-۱۴-۲۷-۳۲	۷-۹-۱۴-۲۸-۳۲	-۳۳ -۳۴ -۳۵ ۳۶-۳۷	کلیدهای منتخب
۸.۳۴۰۶	۸.۱۰۰۳	۱۲.۳۹۶۱	شاخص بار
۳۲.۷۲	۳۴.۶۵	---	درصد بهبود
۰.۹۳۸۸ در باس ۳۲	۰.۹۴۱۳ در باس ۳۲	۰.۹۰۳۸ در باس ۱۸	حداقل پروفیل ولتاژ



شکل۷: میانگین بهترین مقدار تابع F2



شکل۸: مقایسه پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی با الگوریتم وراثتی باینری جهت تابع F2

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله دو شبکه توزیع استاندارد به کمک الگوریتم های وراثتی حقیقی و باینری با استفاده از تئوری گراف مورد بازآرایی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد به دلیل گرفتار شدن الگوریتم وراثتی حقیقی در نقاط بهینه محلی، سرعت همگرایی به جواب بهینه در الگوریتم وراثتی باینری به مراتب بیشتر می باشد. در سیستمهای کوچک، درصد بیشتری از پاسخهای الگوریتم وراثتی حقیقی در مقایسه با پاسخهای الگورِیتم وراثتی باینری در نقاط بهینه محلی گرفتار می شوند اما به دلیل کوچک بودن سیستم جواب نهایی دو نوع الگوریتم یکسان بوده و تفاوت دو نوع الگوریتم واضح نیست. ولی با بزرگ شدن سیستم توزیع، پاسخگویی الگورِیتم وراثتی باینری در مساله بازآرایی در مقایسه با الگورِیتم وراثتی حقیقی چشمگیرتر بوده و پاسخهای نهایی دو الگوریتم یکسان نمی باشد. مهمترین دلیل مطلوبیت بیشتر پاسخهای الگورِیتم وراثتی باینری گسسته بودن ذات مسأله بازآرایی در باز یا بسته بودن کلیدها می باشد. همچنین استفاده از تئوری گراف درجریمه کردن جواب های نادرست در همگرایی سریع تر الگوریتم ها بسیار موثر می باشد.

مراجع

[۱] S. Civanlar, J. J. Grainger, H. Yin, andS. H. Lee, "Distribution feeder reconfiguration for loss reduction,"*IEEE Trans. Power Del*., vol. ۳, no. ۳, p. ۱۲۱۷–۱۲۲۳, Jul. ۱۹۸۸.

[۲] M. E. Baran and F. F. Wu, "Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing,"*IEEE Trans. Power Del*., vol. ۴,no. ۲, pp. ۱۴۰۱–۱۴۰۷, Apr. ۱۹۸۹.

[۳] H-C. Chang, C-C. Kuo, "Network Reconfiguration in Distribution Systems using Simulated Annealing", Electric Power Research, Vol. ۲۹, pp. ۲۲۷-۲۳۸, ۹۹۴.

[۴]Venkatesh,B.;Ranjan,R.;Gooi,H.B."Optimal reconfiguration of radial distribution systems to maximize loadability", *IEEE Trans. Power Systems*, Vol ۱۹, no pp.:۲۶۰-۲۶۶. ۱ Feb.۲۰۰۴.

[۵] K. Nara, A. Shiose, M. Kitagawoa, and T. Ishihara, "Implementation of genetic algorithm for distribution systems loss minimum reconfiguration," *IEEE Trans. Power Syst*., vol. ۷, no. ۳, pp. ۱۰۴۴–۱۰۵۱, Aug. ۱۹۹۲.

[۶] J. Wang; A. Luo; M. Qi, M. Li," The improved clonal genetic algorithm & its applicationin reconfiguration of distribution networks ", *IEEE PES , Power Syst* , vol.۳, pp.۱۴۲۳ – ۱۴۲۸; Oct.۲۰۰۴.

[۷] K. Nara, A. Shiose, et al., "Implementat- - ion of Genetic Algorithm for Distribution Systems Loss Minimum Reconfiguration", IEEE Trans. on Power Systems. Vol. ۷, No. ۳, pp. ۱۰۴۴-۱۰۵۱, August ۱۹۹۲.

[۸] Y. Song, G. Wang, A. Johns, and Wang, "Distribution network reconfiguration for loss reduction using fuzzy controlled evolutionary programming," *Proc. Inst. Elect. Eng., Gen., Transm., Distrib*., vol. ۱۴۴, no. ۴ pp. ۳۴۵–۳۵۰, Jul. ۱۹۹۷.

[۹] K. H. Jung, H. Kim, Y. KO, "Network Reconfiguration Algorithm for Automated Distribution Systems Based on Artificial Intelligent Approach", IEEE Trans. on PWRD. Vol. ۸, No. ۴, pp. ۱۹۳۳-۱۹۴۱, October ۱۹۹۳.

[۱۰] X. Jin, J. Zhao, Y. Sun, K. Li and B Zhang, "Distribution network reconfiguration for load balancing using binary particle swarm optimization" in *Proc.* ۲۰۰۴ *IEEE Int. Conf. Power System Technology*, pp. ۵۰۷-۵۱۰, November ۲۰۰۴.

[۱۱] M. Assadian, M. M. Maghfoori and H. Nezamabadi-pour,"OptimalReconfiguration of Distribution System by PSO and GA using graph theory " *Proc. WSEAS conf., Istanbul*, May ۲۰۰۷.

[۱۲] Ching-Tzong Su, Chung-Fu Chang, Ji-Pyng Chiou, "Distribution network reconfiguration for loss reduction by ant colony search algorithm", Electric power system reserch ۷۵ elsevier ۲۰۰۵-۱۹۰-۱۹۹

[۱۳] J.A.Bondy, U.S.R.Murty, *Graph Theory With Applications*, North-Holland , ۱۹۷۶.

[۱۴]H.Kim, Y.Ko, K.Jung, “Artificial neural-network based feederreconfiguration for loss reduction in distribution systems,” *IEEE Trans. Power Del.*, vol. ۸, no. ۳, pp. ۱۳۵۶–۱۳۶۶, JUL. ۱۹۹۳.

۱. ۱۵ .م. اسدیان، م.مغفوری فرسنگی و ح. نظام‌آبادی‌پور، "استفاده از الگوریتم های هیوریستیک و نظریه گراف به منظور بازآرایی شبکه های توزیع برق"، اولین کنگره مشترک سیستمهای فازی و هوشمند، مشهد، ایران، شهریور ۱۳۸۶