

بازآرایی سیستم توزیع با استفاده از الگوریتم جستجوی جهش قورباغه بهبود یافته

بهداد آرندیان^۱

^۱ دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک) تهران، b.arandian@yahoo.com

چکیده - شبکه های توزیع به صورت حلقوی طراحی می گردند ولی به دلیل پیچیدگی در حفاظت و بالا بودن سطح اتصال کوتاه، معمولاً به صورت شعاعی مورد بهره برداری قرار می گیرند. این موضوع باعث می گردد تلفات شبکه توزیع نسبت به زمان طراحی افزایش یابد. همچنین در صورت عدم تغییر در ساختار شبکه، با وجود تغییر در بار شبکه تلفات افزایش می یابد. بنابراین ارائه راهکار مناسب جهت کاهش تلفات امری ضروری است. بسیاری از روش های کاهش تلفات نیازمند نصب تجهیزات جدید می باشند که این موضوع علاوه بر نیاز به سرمایه گذاری، پیچیدگی حفاظت شبکه را نیز افزایش می دهد. بازآرایی شبکه های توزیع یکی از ارزان ترین روش های کاهش تلفات شبکه است که با تغییر در وضعیت کلیدهای موجود در شبکه امکان پذیر است. به دلیل وجود حالات متنوع و قیود مختلف، مسئله بازآرایی یکی از مسائل پیچیده بهینه سازی محسوب می گردد. بنابراین روش های متعددی برای آن ارائه شده است.

در این مقاله با اعمال تغییراتی در الگوریتم جستجوی قورباغه، از آن در مسئله بازآرایی سیستم توزیع استفاده شده است. از این الگوریتم برای بازآرایی سیستم نمونه ۳۳ باسه IEEE با هدف کاهش تلفات شبکه، استفاده گردیده است. مقایسه نتایج حاصله با سایر روش ها، موثر بودن این روش را تایید می نماید.

کلید واژه - الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته (ISFLA)، بازآرایی (Reconfiguration)، سیستم توزیع، کاهش تلفات

۱- مقدمه

- شعاعی بودن شبکه جدید حفظ گردد.
- شبکه جدید همه باس ها را در بر بگیرد.
- میزان بارها از میزان تولید و ظرفیت شبکه بیشتر نشود.
- ولتاژ باس ها و تجهیزات شبکه در محدوده مجاز باشند.
- جریان خطوط و تجهیزات شبکه در محدوده مجاز باشند.

بنابراین مسئله بازآرایی یک مسئله پیچیده بهینه سازی می باشد که نیاز به ارائه روش های سریع و کارآمد جهت حل آن احساس می گردد. به طور کلی می توان الگوریتم های حل مسئله بازآرایی را به دو گروه الگوریتم های ابتکاری و الگوریتم های هوشمند تقسیم بندی نمود. در روش های ابتکاری کلیه حالت ها با قوانین خاصی بررسی می شوند. این روش ها دارای سرعت پایین - تری هستند ولی حتماً به جواب بهینه دست می یابند. روش های ابتکاری شامل روش شکل دادن [۲۰۱]، روش کاهش دادن [۴۰۳] و روش تغییر شاخه [۶۰۵] می باشند. روش های هوشمند که عموماً بر اساس قوانین و پدیده های موجود در طبیعت ارائه شده اند، سرعت اجرای بازآرایی را با محدود نمودن فضای جستجو افزایش می دهند. محدود نمودن فضای جستجو ممکن است باعث عدم دستیابی به مناسب ترین پاسخ گردد. قدرت الگوریتم انتخاب شده، تعیین کننده انتخاب الگوریتم های مختلف

شبکه های توزیع که اکثراً به صورت شعاعی مورد بهره برداری قرار می گیرند، دارای تلفات خط زیاد و افت ولتاژ قابل مقایسه با شبکه های انتقال می باشند. روش های متعددی برای کاهش تلفات در سیستم توزیع وجود دارد. بسیاری از روش ها نیازمند نصب و راه اندازی وسائل و تجهیزات جدید در سیستم می باشند. این تجهیزات اضافه علاوه بر اینکه بار مالی برای شرکت ها دارند (که گاهی ممکن است هزینه ها از مزایای اجتماعی بیشتر شود)، ممکن است خطاهای جدیدی را در شبکه باعث گردند که سرویس دهی به مشترکین را مختل گرداند. در سیستم های توزیع کلیدهایی قرار داده می شود تا امکان تغذیه باس ها از مسیرهای متفاوت ممکن شود. بازآرایی سیستم به مفهوم تغییر در حالت این کلیدها به گونه ای است که هدف مورد نظر بهره بردار حاصل گردد. بررسی تمامی حالت ها جهت بازآرایی تقریباً غیرممکن می باشد. زیرا در شبکه ای با n کلید دو وضعیتی (قطع یا وصل) 2^n حالت مختلف وجود دارد. همچنین هنگام این تغییر آرایش شرایط و قیدهای زیر باید برآورده شوند:

گردیده و پس از مرتب نمودن جمعیت به صورت نزولی، کل جمعیت به m گروه تقسیم می‌شوند که هر کدام از این گروه‌ها شامل n عضو می‌باشند. این تقسیم‌بندی باید به گونه‌ای باشد که عضوهای با شایستگی بیشتر، در همه گروه‌ها قرار داشته باشند. سپس جستجوی محلی برای جهش قورباغه‌های با بدترین شایستگی به سمت قورباغه‌های با بهترین شایستگی صورت می‌پذیرد. این جهش مطابق روابط (۱) و (۲) می‌باشد.

$$D = r(X_b - X_w) \quad (1)$$

$$X_w(new) = X_w + D$$

$$|D| < D_{max} \quad (2)$$

که در رابطه فوق X_b و X_w به ترتیب قورباغه‌های با بدترین و بهترین جواب، D مقدار جهش ضعیف‌ترین قورباغه به سمت بهترین عضو گروه، D_{max} بیشترین حد مجاز برای جهش قورباغه و r عددی تصادفی در بازه $[0, 1]$ می‌باشد.

پس از اعمال تغییرات فوق در صورتی که قورباغه جدید دارای پاسخ بهتری نسبت به بدترین قورباغه گروه داشته باشد، جایگزین آن می‌گردد. در غیر این صورت همین اعمال با جایگزینی X_b با X_g تکرار می‌گردد. اگر با اعمال تغییر فوق پاسخ مناسب‌تری یافت نگردید، یک جواب به صورت تصادفی تولید کرده و آن را جایگزین بدترین عضو گروه می‌نماییم. این روند برای تعداد تکرار مشخص شده ادامه می‌یابد تا در نهایت شرایط اتمام الگوریتم حاصل گردد.

۲-۱- بهبود در الگوریتم جهش قورباغه

بهبود در الگوریتم جهش قورباغه در دو بخش ارائه می‌شود. بخش اول با تغییر در رابطه جهش، باعث بهبود سرعت الگوریتم می‌شود و بخش دوم با تعریف زیرگروه‌ها، امکان توقف الگوریتم در بهینه‌های محلی را کاهش می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید، موقعیت بدترین قورباغه در هر گروه با توجه به موقعیت بهترین قورباغه در آن گروه و یا بهترین قورباغه در کل جمعیت قورباغه‌ها با استفاده از روابط (۱) و (۲) بهبود می‌یابد. با استفاده از این روابط موقعیت جدید بدترین قورباغه در امتداد خطی که بین X_b و X_w قرار دارد، قرار می‌گیرد و موقعیت جدید بدترین قورباغه نمی‌تواند در اطراف این خط باشد. وجود این محدودیت می‌تواند باعث کاهش سرعت همگرایی الگوریتم و یا همگرا شدن الگوریتم به جواب‌های غلط

است. قدرت این الگوریتم‌ها شامل سرعت رسیدن به جواب با تکرار کمتر و دست‌یابی به پاسخ بهینه کلی مسئله می‌باشد. مهم‌ترین این روش‌ها شامل الگوریتم ژنتیک (GA) [۷ و ۸]، الگوریتم اجتماع پرندگان (PSO) [۹ و ۱۰]، الگوریتم کلونی مورچه‌ها (ACA) [۱۱ و ۱۲] و الگوریتم فازی [۱۰ و ۱۲] می‌باشند.

در این مقاله با استفاده از الگوریتم جستجوی قورباغه متحرک که یکی از الگوریتم‌های هوشمند می‌باشد، بازآرایی سیستم انجام می‌پذیرد. این الگوریتم در بخش دوم ارائه شده است. همچنین با استفاده از دو روش ارائه شده در این بخش کارایی این الگوریتم بهبود بخشیده می‌شود. در بخش سوم چگونگی استفاده از این الگوریتم در مسئله بازآرایی بیان گردیده و در نهایت در بخش چهارم با اعمال این الگوریتم بر سیستم نمونه ۳۳ باسه IEEE و مقایسه با سایر روش‌ها، سرعت و قدرت همگرایی این الگوریتم تایید می‌گردد.

۲- الگوریتم جستجوی جهش قورباغه‌های متحرک

الگوریتم جستجوی جهش قورباغه‌های متحرک، یک الگوریتم جدید در خانواده الگوریتم‌های تکاملی می‌باشد. این الگوریتم از زندگی گروهی قورباغه‌ها زمانی که به دنبال غذا می‌گردند الهام گرفته شده است. این الگوریتم در سال ۲۰۰۶ به منظور حل مسائل پیچیده‌ی بهینه‌سازی، بدون استفاده از روابط ریاضی ارائه گردید [۱۳]. این الگوریتم ترکیبی از ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جمعیت پرندگان را دارد و لذا نسبت به این دو روش از سرعت و دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. در این الگوریتم هر قورباغه بیانگر جوابی از مسئله می‌باشد. در روش مفروض جمعیت اولیه را به چند گروه مجزا تقسیم نموده که تعداد قورباغه‌های موجود در همه‌ی گروه‌ها با هم برابر است. بر اساس این تقسیم‌بندی دو نوع تکنیک جستجو در این الگوریتم وجود دارد، تکنیک اول تکنیک جستجوی محلی است و بر اساس آن قورباغه‌ها در هر گروه با تبادل اطلاعات، موقعیت خود را نسبت به غذا (بهترین جواب) بهبود می‌دهند و تکنیک دوم مربوط به تبادل اطلاعات بین گروه‌ها می‌باشد، که بر اساس آن، بعد از هر جستجوی محلی در گروه‌ها، اطلاعات بدست آمده بین گروه‌ها با هم مقایسه می‌شود. جهت اجرای این الگوریتم، ابتدا پارامترهای اولیه الگوریتم مقداردهی می‌شوند و سپس جمعیت اولیه‌ای با P عضو به صورت تصادفی تولید می‌شود. شایستگی هر عضو محاسبه

تعداد شین های تولید کننده توان است. بنابراین با استفاده از این رابطه، تعداد شاخه هایی که پس از انجام بازآرایی باید قطع باشند، مشخص گردیده و به عنوان متغیر در الگوریتم استفاده می شود. بنابراین هر عضو جمعیت اولیه یک ساختار شعاعی شبکه است و نیاز به الگوریتمی برای بررسی شعاعی بودن شبکه وجود ندارد و در نتیجه سرعت اجرای الگوریتم افزایش می یابد. سپس مقدار شایستگی هر عضو از جمعیت محاسبه می گردد. در این مقاله کاهش تلفات شبکه به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است. بنابراین با انجام پخش بار، ولتاژ شین ها محاسبه می شود. با توجه به اینکه در سیستم های توزیع خطوط به صورت خط کوتاه مدل سازی می گردند، ابتدا جریان هر شاخه محاسبه گردیده و سپس با استفاده از رابطه (۸) تلفات کل سیستم محاسبه می شود.

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{Nb} R_i |I_i|^2 \quad (8)$$

که در رابطه فوق Nb تعداد شاخه ها، R_i و I_i به ترتیب مقاومت و جریان شاخه i می باشند. پس از محاسبه تابع هدف برای هر عضو، مجموعه بر اساس میزان شایستگی هر عضو مرتب شده و به تعداد مشخصی گروه تقسیم بندی می شود. سپس عملیات جستجوی محلی بر اساس روابط (۳) الی (۵) انجام می شود تا شرط توقف الگوریتم که حداکثر تعداد تکرار آن است، ارضا گردد. با توجه به اینکه تنها اعداد صحیح در بازه تعداد شین ها قابل قبول می باشد، در هر تکرار باید جواب ها در محدوده مورد نظر گرد شوند. فلوجارت الگوریتم بازآرایی با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته در شکل (۱) نشان داده شده است.

۴- شبیه سازی و نتایج

در این بخش با اعمال الگوریتم جستجوی جهش قورباغه بهبود یافته بر یک سیستم توزیع نمونه، موثر بودن این روش جهت بازآرایی سیستم توزیع نشان داده می شود. این شبکه دارای ۳۲ شین توزیع و یک شین فوق توزیع مطابق شکل (۲) می باشد. مقدار بارهای اکتیو و راکتیو برای این سیستم به ترتیب ۲۳۰۰ kW و ۱۸۰۰ kvar می باشد. مقدار امپدانس هر شاخه و بارهای هر شین در مرجع [۵] ذکر گردیده است. در حالت عادی با قرار دادن فیدهای ۳۳ الی ۳۷ در حالت قطع، یک ساختار

شود. برای رفع محدودیت فوق می توان از روابط (۳) الی (۵) استفاده نمود که امکان جهش قورباغه در فضای وسیع تری را فراهم می نماید.

$$D = r.C.(X_b - X_w) + W \quad (3)$$

$$W = ri.W_{max} \quad (4)$$

$$X_{wnew} = \begin{cases} X_w + D & \text{if } |D| < D_{max} \\ X_w + \frac{D}{\sqrt{D^T D}} D_{max} & \text{if } |D| > D_{max} \end{cases} \quad (5)$$

که در روابط فوق r عددی تصادفی در بازه $[0, 1]$ ، عددی ثابت در بازه $[1, 2]$ ، ri عددی تصادفی در بازه $[1, -1]$ ، W_{max} ماکزیمم محدوده ای که هر قورباغه می بیند و D_{max} بیشترین حد مجاز برای جهش قورباغه می باشد.

با توجه به انتخاب بهترین عضو گروه در روند اجرای الگوریتم، ممکن است تمایل قورباغه ها حول قورباغه خاصی متمرکز گردد که این پاسخ، یک بهینه محلی باشد. بنابراین همواره استفاده از بهترین قورباغه گروه مطلوب نیست. بدین منظور مجموعه ای از گروه به عنوان زیرگروه در نظر گرفته می شود. استراتژی انتخاب این زیرگروه ها به این صورت است که به قورباغه هایی با شایستگی کمتر، ضرایب کوچک تری تخصیص داده می شود و به قورباغه هایی با شایستگی بیشتر، ضرایب بزرگ تری تخصیص داده می شود؛ لذا می توان جهت تعیین ضرایب از توزیع احتمال مثلثی مطابق رابطه (۶) استفاده نمود.

$$P_k = \frac{2(n+1-k)}{n(n+1)}, k=1, \dots, n \quad (6)$$

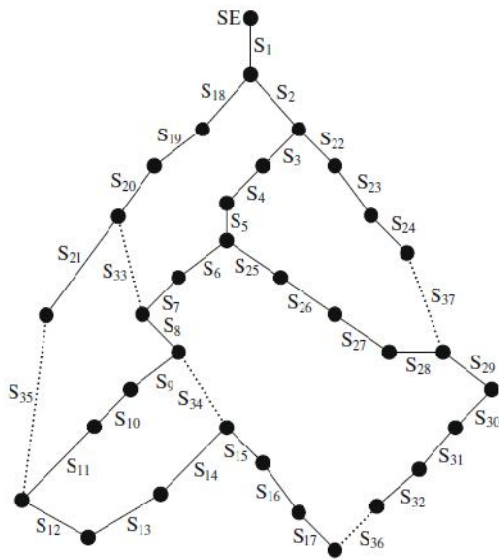
طبق این توزیع، قورباغه با ضعیف ترین شایستگی دارای کمترین احتمال و قورباغه با قوی ترین شایستگی دارای بیشترین احتمال خواهد بود.

۳- استفاده از الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته جهت بازآرایی سیستم توزیع

به منظور استفاده از الگوریتم جستجوی جهش قورباغه متحرک، هر ساختار شبکه به عنوان یک عضو از قورباغه ها انتخاب می شود. با در نظر گرفتن قید شعاعی بودن ساختار شبکه، همواره باید رابطه (۷) برقرار باشد:

$$M = N_L - N_g \quad (7)$$

که در رابطه فوق، M تعداد شاخه ها، N_L تعداد شین ها و N_g



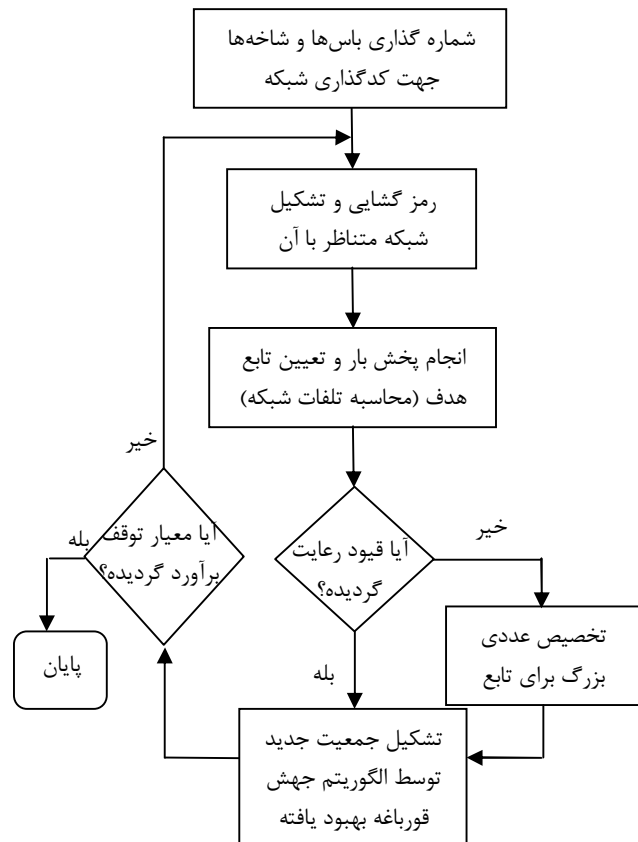
شکل (۲): سیستم نمونه ۳۳ باسه مورد مطالعه

جدول (۱): مقادیر پارامترهای شبیه سازی

نماد	مفهوم	مقدار
N	تعداد عضوهای هر گروه	۱۲
M	تعداد گروهها	۲۰
Q	تعداد عضوهای زیر گروهها	۷
D_{max}	حداکثر مجاز جهش	۶
W_{max}	حداکثر دید جهش	۰/۸۵
IT_{max}	حداکثر تعداد تکرار	۳۰
V_{min}	حداقل ولتاژ مجاز (پریونیت)	۰/۹
V_{max}	حداکثر ولتاژ مجاز (پریونیت)	۱/۰۵
I_{max}	حداکثر جریان حرارتی شاخهها (آمپر)	۲۵۵

پس از شبیه سازی الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته جهت بازآرایی، تلفات شبکه از ۲۰۲/۷ kw به ۱۳۹/۵۳ kw کاهش می یابد. این موضوع در شکل (۳) قابل مشاهده است. همچنین مقادیر ولتاژ شین های شبکه قبل و پس از بازآرایی در شکل (۴) نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که ولتاژ تمامی شین ها در محدوده مجاز بوده و شبکه از پروفیل ولتاژ مناسب تری نسبت به آرایش اولیه برخوردار است.

شعاعی برای شبکه حاصل می شود. واضح است که آرایش های



شکل (۱): فلوجارت الگوریتم بازآرایی با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته

بسیاری می توان نوشت که همگی به صورت شعاعی باشند. جهت شبیه سازی قیود جزیره ای نبودن شبکه، شعاعی بودن شبکه، حداکثر و حداقل ولتاژ شین ها و حداکثر جریان حرارتی شاخه ها در نظر گرفته شده است. پارامترهای در نظر گرفته شده برای شبیه سازی در جدول (۱) ارائه شده است.

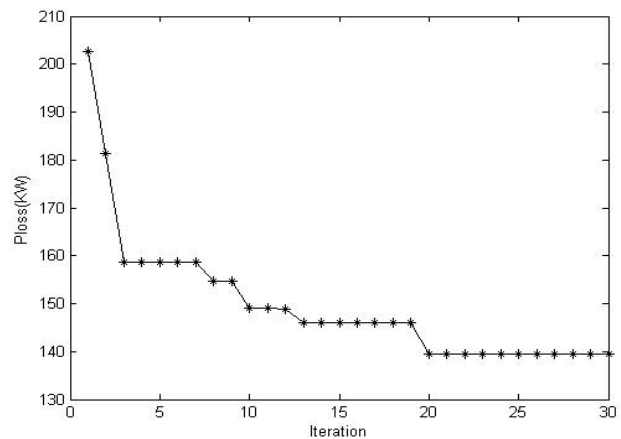
جدول (۲): مقایسه روش های مختلف جهت بازاریابی سیستم ۳۳ باسه

شماره مرجع	خطوط باز شده در بهترین جواب	میانگین تلفات بر حسب کیلووات	مدت زمان اجرای برنامه بر حسب ثانیه
آرایش اولیه	۳۷-۳۶-۳۵-۳۴-۳۳	۲۰۲/۷	-
GA[9]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۴۰/۴۰	۶
NM[10]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۴۲/۵۷	۹
DPSO[10]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۴۰/۴۰	۹
PSO-NM[10]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۳۹/۸۴	۶/۵
NFAPSO-NM[10]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۳۹/۵۳	۶
ACO[11]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۴۴/۰۳	۳/۴۵
Adaptive ACO[11]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۴۰/۰۶	۰/۳
[۱۴]	۳۷-۳۶-۱۴-۹-۶	۱۴۳/۶۹	۰/۶۵
[۱۵]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۳۹/۵۳	۱/۶۶
[۱۶]	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۳۹/۵۳	۹
روش ارائه شده (ISFLA)	۳۷-۳۲-۱۴-۹-۷	۱۳۹/۵۳	۰/۸۵

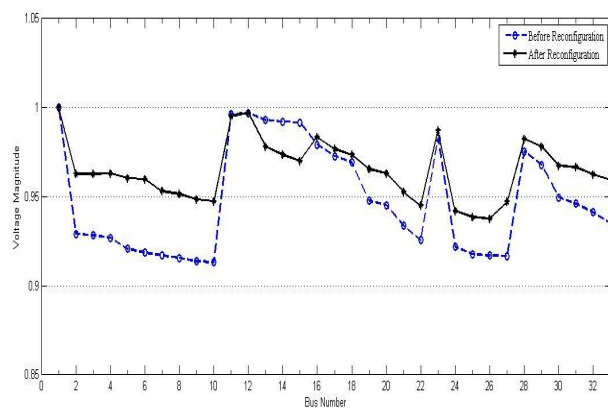
الگوریتم ارائه شده در این مقاله با سایر الگوریتم های هوشمند و ابتکاری در جدول (۲) مقایسه گردیده است. سطر اول که آرایش اولیه شبکه را نشان می دهد، دارای تلفاتی برابر با ۲۰۲/۷ کیلووات می باشد. مقدار میانگین تلفات که در ستون سوم جدول نشان داده شده است، میانگین تلفات شبکه در بهترین و بدترین پاسخ پس از حل مسئله بازاریابی می باشد. با مشاهده نتایج روش های ارائه شده در این جدول و مقایسه با الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته، ملاحظه می گردد بازاریابی سیستم در مدت زمان کمتری در مقایسه با اکثر روش ها انجام شده است. همچنین ملاحظه می گردد روش های سریع تر از الگوریتم جهش قورباغه به بهترین پاسخ همگرا نشده اند. همچنین این جواب در مقایسه با سایر روش ها دارای شایستگی بیشتری (مقدار تلفات کمتر) می باشد. بنابراین این جدول موثر بودن روش ارائه شده در این مقاله را در رسیدن به آرایش بهینه با هدف کاهش تلفات، نشان می دهد.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله از بازاریابی سیستم توزیع به عنوان یکی از ارزان ترین و مناسب ترین روش ها جهت کاهش تلفات سیستم توزیع استفاده گردید. به دلیل وجود حالات زیاد در حل مسئله و



شکل (۳): همگرایی الگوریتم جهش قورباغه بهبود یافته به پاسخ بهینه



شکل (۴): پروفیل ولتاژ شین ها قبل و پس از بازاریابی

- reduction and load balancing using ant colony search-based algorithm", *Applied Soft Computing*, Vol. 11, pp. 4021-4028, 2011.
- [13] M. M. Eusuff, K. Lansey, F. Pasha, "Shuffled frog-leaping algorithm: a mimetic meta-heuristic for discrete optimization", *Engineering Optimization*, Vol. 38, No. 2, pp.129-154, 2006.
- [14] Goswami S. K. and S. K. Basu, "A new algorithm for the reconfiguration of distribution feeders for loss minimization", *Trans. On Power Delivery*, Vol.7, No. 2, pp. 1484-1491, 1992.
- [15] Vanderson Gomes F., S Carneiro, J. L. R. Pereira, M. P. V., P. A. N. Garcia, and L. Ramos Araujo, "A New Heuristic Reconfiguration Algorithm for Large Distribution Systems", *IEEE Trans. On Power sys.*, Vol. 20, No. 3, pp. 1373-1378, 2005.
- [16] Niknam T., J. Olamaie and R. Khorshidi, "A Hybrid Fuzzy Algorithm for Multiobjective Distribution Feeder Reconfiguration", *World Applied Sciences Journal*, Vol. 4, No. 2, pp.308-315, 200

همچنین قیود مختلف، الگوریتم جهش قورباغه جهت بازآرایی سیستم توزیع ارائه گردید. سپس با استفاده از دو قانون، سرعت و دقت پاسخدهی این الگوریتم بهبود داده شد. با توجه به اینکه این الگوریتم ترکیبی از مزایای الگوریتم های ژنتیک و الگوریتم جمعیت پرندگان را دارا می باشد، نسبت به این دو روش از سرعت و دقت بالاتری برخوردار خواهد بود. با در نظر گرفتن تلفات شبکه به عنوان تابع هدف، این الگوریتم بر روی یک سیستم نمونه ۳۳ باسه IEEE اعمال گردیده و در نهایت آرایش بهینه شعاعی مشخص گردید. همچنین دقت و سرعت بالای این الگوریتم با مقایسه آن با سایر روش های ابتکاری و هوشمند تایید گردید.

۶- مراجع

- [1] A. C. Gallardo, L. G. Santander, J.E. Pezao, "Greedy Reconfiguration Algorithms for Medium Voltage Distribution Networks", *IEEE Trans. On Power Delivery*, Vol. 24, No. 1, pp. 328-337, Jan. 2009.
- [2] J.S. Savier, D. Das, "Loss allocation to consumers before and after reconfiguration of radial distribution networks", *Electric Power and Energy Sys.*, Vol. 33, pp. 540-549, 2011.
- [3] L. Oloveria, S. Carneiro and others, "Optimal reconfiguration and capacitor allocation in radial distribution systems for energy losses minimization", *Electric Power and Energy Sys.*, Vol. 32, pp. 840-848, 2010.
- [4] S.P. Singh, G.S. Raju, G.K. Roa, "A heuristic method for feeder reconfiguration and service restoration in distribution networks", *Electric Power and Energy Sys.*, Vol. 31, pp. 309-314, 2009.
- [5] J. Zhua, X. Xiong and others, "A rule based comprehensive approach for reconfiguration of electrical distribution network", *Electric Power Systems Research*, Vol. 79, pp. 311-315, 2009.
- [6] G.K. V. Raju, P.R. Bijwe, "An Efficient Algorithm for Minimum Loss Reconfiguration of Distribution System Based on Sensitivity and Heuristics", *IEEE Trans. On Power Sys.*, Vol. 23, No. 3, pp. 1280-1287, Aug. 2008.
- [7] H. Braz, B. Souza, " Distribution Network Reconfiguration Using Genetic Algorithms With Sequential Encoding: Subtractive and Additive Approaches", *IEEE Trans. On Power Sys.*, Vol. 26, No. 2, pp. 582-593, May 2011.
- [8] N. Gupta, A. Swarnkar and others, "Multi objective reconfiguration of distribution systems using adaptive genetic algorithm in fuzzy framework", *IET Gener. Transm. Distrib.*, Vol.4, No.12, pp.1288-1298, 2010
- [9] W. Wu, M. Tsai, "Application of Enhanced Integer Coded Particle Swarm Optimization for Distribution System Feeder Reconfiguration", *IEEE Trans. On Power Sys.*, Vol. 26, No. 3, pp. 1591-1599, Aug. 2011.
- [10] T. Niknam, E. Azadfarsani, M. Jabbari, "A new hybrid evolutionary algorithm based on new fuzzy adaptive PSO and NM algorithms for Distribution Feeder Reconfiguration", *Energy Conversion and Management*, Vol. 54, pp. 7-16, 2012.
- [11] A. Swarnkar, N. Gupta, K.R. Niazi, "Adapted ant colony optimization for efficient reconfiguration of balanced and unbalanced distribution systems for loss minimization", *Swarm and Evolutionary Computation*, Vol. 1, pp. 129-137, 2011.
- [12] A. Saffar, R. Hooshmand, A. Khodabakhshian, "A new fuzzy optimal reconfiguration of distribution systems for loss