



# جایابی بهینه نمایانگرهای خطا در شبکه های توزیع با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری

کد مقاله: ۰۳۱۷۰

رسول صادق نژاد کلشتری  
شرکت توزیع نیروی برق استان گیلان  
رشت- ایران  
Rassoul.sadeghnejad@gmail.com

محمد علی صداقت  
شرکت توزیع نیروی برق استان گیلان  
رشت- ایران  
Nmsg1623@yahoo.com

باسها به منظور تعیین موارد فوق پرداخته شده است. مساله بهینه‌سازی مذکور برای یک شبکه توزیع استاندارد IEEE با توجه به قيود و فرضیات اشاره شده بررسی می شود.

واژه‌های کلیدی — جایابی بهینه؛ الگوریتم رقابت استعماری؛ محل یابی خطا؛ نمایانگرها

چکیده — سیستم قدرت از سه بخش اصلی تولید، انتقال و توزیع تشکیل شده است که از طریق آنها انرژی الکتریکی در اختیار مصرف‌کنندگان قرار داده می‌شود. توزیع انرژی الکتریکی به عنوان مرحله نهایی از زنجیره برق عبارتست از دریافت برق از مرحله تولید یا انتقال با ولتاژی معین و تبدیل آن به ولتاژ مورد نظر مصرف‌کنندگان و تامین برق آنها از طریق شبکه‌های توزیع خواهد بود. از طرف دیگر بروز خطا در شبکه توزیع سبب ایجاد مشکلات متعددی می شود از این رو تعیین نقاط مشکوک و فاصله خطا امری ضروری می باشد.

در این مقاله مکان یابی بهینه نمایانگرهای خطا به کمک الگوریتم رقابت استعماری صورت گرفته است. مساله بهینه سازی فوق در شرایط بروز تنها یک خطا در یک زمان مشخص و وجود تعداد ثابتی از نمایانگرهای خطا و همچنین بروز خطاها تنها در نقاط گسسته هر فیدر بررسی شده است. مساله بهینه سازی فوق توسط الگوریتم رقابت استعماری بر اساس تعداد نمایانگرهای خطا، فاصله نمایانگرهای خطا از یکدیگر و اولویت بندی

### ۱. مقدمه

سیستم‌های توزیع، انرژی الکتریکی را از سطوح ولتاژ بالاتر به مصرف‌کنندگان می‌رسانند. شبکه‌های توزیع، توان الکتریکی را برای مصرف‌کنندگان بزرگ نظیر مصرف‌کنندگان صنعتی به صورت مستقیم فراهم می آورند اما توان الکتریکی بیشتر مصرف‌کنندگان از سوی شبکه توزیع با سطح ولتاژ پایین تامین می‌شود. بنابراین ارتباط میان شبکه‌های انتقال با مصرف‌کنندگان توسط شبکه های توزیع فراهم می‌گردد. با توجه به استفاده روز افزون از انرژی الکتریکی در

که می‌توانند برای شبکه‌های توزیع استفاده شوند یا مسائلی همچون، چگونگی طبقه‌بندی کردن چندین محل خطای به دست آمده یا چگونگی مدل کردن نقاط ضعف، درگیر هستند. تکنیک‌های جدیدی توسعه سیستم‌های تشخیص خطا که بر پایه تقریبهای تجربی می‌باشند، متمرکز شده اند [۲]. اغلب تکنیک‌های تجربی به اطلاعات خارجی همچون آلام‌های Scada، وسایل قطع و وصل فیدر پست، اندازه‌گیری‌های فیدر و سنسورهای ولتاژ و غیره اطمینان دارند [۳]. در سال‌های اخیر برای جایابی بهینه‌نمایانگرهای خطا تحقیقات گسترده‌ای صورت پذیرفته است. در مرجع [۴] محل بهینه تعدادی مشخص از نمایانگرهای خطا بر روی ۶ فیدر با در نظر گرفتن سود و هزینه آنها مشخص گردیده است. در مراجع [۵] و [۶] مکان و تعداد نمایانگرها در فیدرهای شبکه توزیع بهینه شده است و از نظر هزینه، سود و مسائل اقتصادی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در مرجع [۷] یک استراتژی محاسباتی متفاوت برای حل مساله جایابی نمایانگرهای خطا در فیدرهای اولیه شبکه توزیع ارائه شده است و از الگوریتم ژنتیک برای یافتن محل مناسب قرارگیری آنها استفاده شده است که در آن شاخص‌هایی برای بهبود قابلیت اطمینان شبکه توزیع و کاهش برای بهبود قابلیت اطمینان شبکه توزیع و کاهش هزینه‌ها نیز بررسی شده است.

### ۳. جنبه جدید بودن و نوآوری در تحقیق

در این مقاله موضوع مکان یابی بهینه نمایانگرهای خطا به کمک الگوریتم رقابت استعماری صورت گرفته است. از فرضیات این مساله بهینه‌سازی می‌توان به بروز تنها یک خطا در یک زمان مشخص، وجود تعداد ثابتی از نمایانگرهای خطا و بروز خطاها تنها در نقاط گسسته هر فیدر اشاره نمود. در این راستا قیود مساله بهینه‌سازی فوق تعداد نمایانگرهای خطا، فاصله نمایانگرهای خطا از یکدیگر (قیود مساوی یا نامساوی) و اولویت بندی باس‌ها جهت بهبود شاخص‌های تحویل انرژی و نزدیکی مساله بهینه‌سازی به شرایط واقعی می‌باشد. مساله بهینه‌سازی مذکور برای یک شبکه توزیع استاندارد IEEE با توجه به قیود و فرضیات اشاره شده بررسی شده است.

### ۴. ضرورت محل یابی خطا در سیستم‌های قدرت (شبکه‌های توزیع)

مصرف کنندگان نهایی انرژی الکتریکی همواره خواستار دریافت مداوم برق با کیفیت مناسب هستند. بنابراین در بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع دو اصل اساسی ذیل مطرح می‌گردد (Kimiya et al, 2012):

فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، شرایطی ایجاد شده بدون استفاده از برق امکان‌پذیر نمی‌باشد. از این رو عرضه مداوم و با کیفیت انرژی نقش بسیار مهمی در حصول حرکت و پیشرفت در جنبه‌های مختلف دارد. از طرفی حفظ تداوم و افزایش قابلیت اطمینان عرضه برق، مستلزم سرمایه‌گذاری برای ظرفیت‌سازی و هم‌چنین ارتقای کیفیت بهره‌برداری می‌باشد. بنابراین چندین استراتژی در شبکه‌های توزیع وجود دارد تا اتوماسیون سیستم توزیع قادر به پیدا کردن محل خطا باشد. می‌توان سه روش را برای این کار معرفی کرد:

(۱) روش‌های بر مبنای موج‌های رفت و برگشت

(۲) روش‌های بر مبنای عناصر فرکانس بالا

(۳) روش‌های بر مبنای امپدانس

روش‌های بر مبنای امپدانس به دلیل سادگی در شبکه‌های توزیع به صورت متداول بکار می‌روند در این روش فاصله خطا از باس اولیه شبکه توزیع مبتنی بر امپدانس تخمین زده می‌شود. در این دیدگاه، نخست نوع خطا و فازهایی که دچار خطا شده‌اند، تشخیص داده می‌شود سپس امپدانس ظاهری بر اساس جریان و ولتاژ انتخاب شده و محاسبه می‌گردد.

ایراد اصلی روش‌های مبتنی بر امپدانس تخمین زدن چندتایی است که ناشی از وجود چندین نقطه احتمالی در یک فاصله‌ی یکسان برای رخداد خطا است. در نتیجه این روش‌ها تخمینی دقیق اما با عدم قطعیت را ارائه خواهند داد. به منظور حل این مشکل، می‌توان از نمایانگر خطا استفاده کرد. نمایانگر خطا ابزاری است که تشخیص خطا از فاصله دور را در سیستم قدرت فراهم می‌نماید. نمایانگرهای خطا در سطح شبکه‌های توزیع به منظور کاهش خاموشی‌های سیستم قدرت استفاده می‌شوند. نصب مناسب این نمایانگرها در تعداد مناسب و در مکان مناسب، عدم قطعیت‌های حاصل از تشخیص محل خطا را کاهش می‌دهد. در این مقاله تعداد مشخصی نمایانگر خطا برای کاهش عدم قطعیت‌های محل خطا در سیستم‌های توزیع فرض می‌گردد. از این رو بهینه‌سازی بهترین مکان جهت نصب نمایانگرها در سطح شبکه توزیع بررسی خواهد شد بهینه‌سازی مربوطه توسط الگوریتم رقابت استعماری ارائه خواهد شد.

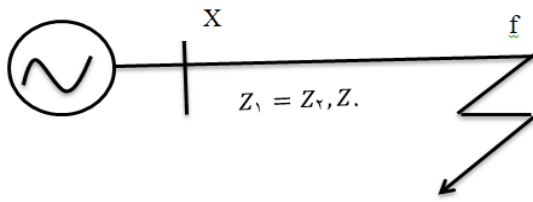
### ۲. تاریخچه تحقیق

در اغلب الگوریتم‌های محل‌یابی خطا برای سیستم‌های انتقال طراحی شده‌اند و برای شبکه‌های توزیع شعاعی مناسب نیستند [۱]. الگوریتم‌های توصیف شده‌ای

۱- تداوم ارائه سرویس به مصرف کنندگان

۲- حفظ کیفیت مناسب سرویس

A عنوان می‌گردد با توجه به شکل، اطلاعات جریان و ولتاژ در نقطه X موجود می‌باشند.



شکل ۱: دیاگرام تک خطی

با استفاده از شرایط خطا و پارامترهای شبکه، ولتاژها و جریانهای خطا محاسبه می‌گردند. با استفاده از تبدیل نسبت فاز و به فرض  $Z_0$  و  $Z_2$  امپدانس‌های توالی های صفر و یک باشند معادلات بصورت:

(۱)

$$V_a = (I_a + kI_0)Z_2 + 3I_0R_fV_a$$

که در آن  $k = \frac{k_1 - k_2}{k_1}$  می‌باشد بنابراین امپدانس سیستم می‌تواند بصورت زیر معرفی شود:

(۲)

$$Z_{app} = V_{select} = R_{app} + jX_{app}$$

$R_{app}$ : مقاومت دیده شده در دستگاه ثابت

$X_{app}$ : راکتانس دیده شده در دستگاه ثابت

برای یک خطای تک فاز به زمین روی فاز A داریم:

(۳)

$$V_{select} : V_a$$

$$I_{select} : (I_a + kI_0)$$

که مقدار آن در پست بصورت:

(۴)

$$Z_{app} = Z_2 + \frac{IR_f}{I_f + KI}$$

که  $Z_2$  امپدانس توالی مثبت کل تا نقطه خطا می‌باشد.

با جداسازی معادله امپدانس سیستم به دو بخش حقیقی و موهومی و با حذف مقاومت نا مشخص  $R_f$  فاصله خطا می‌تواند بصورت زیر نشان داده شود:

## ۴.۱. روشهای محلیابی خطا در سیستم‌های قدرت (شبکه های توزیع)

روش‌های محلیابی خطا در خطوط هوایی و کابل‌های زمینی می‌تواند به دو نوع اساسی تقسیم شوند روش‌هایی که بر پایه اندازه‌گیری امپدانس خط بعد از وقوع خطا می‌باشند و روش‌هایی که بر پایه اندازه‌گیری موج سیار خطای تولید شده هستند (Shahsavari et al, 2013).

با توسعه تکنیک‌های محلیابی خطا، و استفاده از ثبت دیجیتالی اطلاعات خطا که در شرکت‌های توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به تسریع در بازیابی سیستم و جدا نمودن منطقه دارای مشکل کمک نمود. به کمک این ثبات‌ها که معمولاً بر روی خروجی خطا دار وجود دارند و به کمک امپدانس سیستم، محاسبه محل خطا امکان پذیر می‌باشد جریان قبل از خطا از روی اطلاعات قبل از خطا گرفته می‌شود باید توجه نمود که امپدانس سیستم بر اساس توالی شبکه و با فرض اینکه خطوط بطور واقعی ترانسپوز شده می‌باشند قابل دسترس بودن ثبات‌های دیجیتالی خطا با یک بهای مناسب، اجازه استفاده این دستگاه‌ها در پست‌های اصلی را می‌دهد.

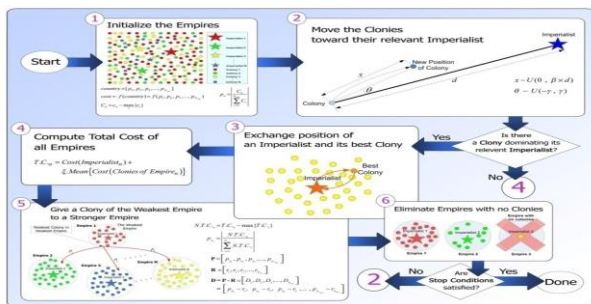
(Vukojevic et al, 2014)

## ۴.۲. محل یابی خطا برای خطوط شعاعی با چندین شاخه فرعی

وقتی اطلاعات تنها در یک محل قابل دسترس باشد، تنها مقادیر ممکن مورد استفاده امپدانس وسایل خواهد بود. امپدانس بصورت نسبت نمونه ولتاژ و جریان می‌باشد که این نسبت بر پایه نوع خطا و فازهای خطادار در نظر گرفته می‌شوند. کمیت‌های فازوری جریان‌ها و ولتاژها با استفاده از یک برنامه حاصل می‌شود. تغییر در مقدار فازورهای جریان برای کلاسه بندی نوع خطا و فازهای خطادار استفاده می‌گردد. حداکثر تغییر مقدار فازورهای جریان بصورت یک مرجع استفاده می‌گردند. نسبت تغییر مقدار فازور جریان هر فاز با مقدار مرجع مقایسه می‌شود، بطوری که تغییر نسبت جریان معادل یا بیشتر از ۰.۷۵ باشد، نسبت فاز خطادار بصورت مبنا در نظر گرفته می‌شود. از روی نوع خطای کلاسه بندی شده، یک جفت جریان- ولتاژ برای محاسبه امپدانس سیستم انتخاب می‌گردند. برای نشان دادن تقریب محلیابی خطا بر پایه امپدانس سیستم، مثال زیر برای اتصال تک فاز به زمین که خطا روی فاز

بطور خلاصه، این الگوریتم از چندین کشور در حالت اولیه شروع می‌شود کشورها در حقیقت جوابهای ممکن مساله هستند و معادل کروموزوم در الگوریتم ژنتیک و ذره در بهینه‌سازی گروه ذرات هستند. همگی کشورها، به دو دسته تقسیم می‌شوند: امپریالیست و مستعمره.

شورهای استعمارگر با اعمال سیاست جذب (همگون‌سازی) در راستای محورهای مختلف بهینه‌سازی، کشورهای مستعمره را به سمت خود میکشند. رقابت امپریالیستی در کنار سیاست همگون‌سازی، هسته اصلی این الگوریتم را تشکیل می‌دهد و باعث می‌شود که کشورها به سمت مینیمم مطلق تابع حرکت کنند. در این بخش به استعمار به عنوان جزئی لاینفک از سیر تکامل تاریخی انسان نگریسته شده و از چگونگی اثرگذاری آن بر کشورهای استعمارگر و مستعمره و نیز کل تاریخ، به عنوان منبع الهام یک الگوریتم کارآمد و نو در زمینه محاسبات تکاملی استفاده شده است. در ادامه، چگونگی مدل‌سازی رقابت امپریالیستی، و نیز چگونگی پیاده‌سازی الگوریتم توضیح داده شده است. شکل (۳) شمای کلی الگوریتم رقابت استعماری را نشان می‌دهد.



شکل ۳: شمای کلی الگوریتم رقابت استعماری (De souza et al, 2009)

## ۶. استفاده از FCI جهت تعیین مکان خط و فرموله کردن سیستم

روش پیشنهادی دارای سه فرضیه زیر می‌باشد:

- ۱- تنها یک خط در یک لحظه مشخص رخ داده است.
  - ۲- تعداد معینی از FCI ها (ns) در راستای فیدرها قرار دارند.
  - ۳- خط در نقطه گسسته امپدانس فیدرها رخ دهد.
- پله های گسسته امپدانس ( $\Delta Z$ ) به منظور تعیین این نقاط امپدانس گسسته از پست تعریف شده است. به عنوان مثال شکل (۴) نمونه ای با پله های  $\Delta Z = 10\Omega$  را برای یک شبکه شعاعی هفت باسه نشان می‌دهد.

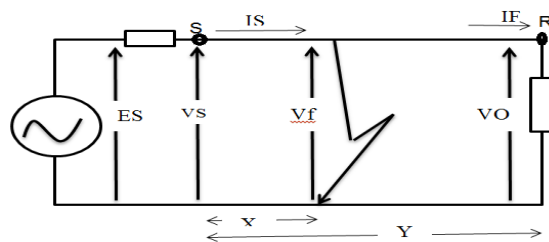
$$I_{sm} = I_{S2} + I_{S2} \quad (5)$$

$$I_0 = I_d + J_i a$$

اغلب آنالیزها مربوط به حالت خطای تک فاز به زمین می‌باشد اما می‌توان انواع خطاهای دیگر را با انتخاب جفت های جریان و ولتاژ متناسب با نوع خطا در نظر گرفت (Vukojevic et al, 2013).

## ۳. ۴. اساس محل یابی خطا

شکل (۲) مدل استفاده شده برای محاسبه محل یابی خطا در سیستم های انتقال می‌باشد. شبکه خطادار دارای مقادیر نامشخص مقاومت در نقطه F می‌باشد و مسئله محل یابی، محاسبه فاصله خطای F از S است.



شکل ۲: خط انتقال خطادار به همراه بار

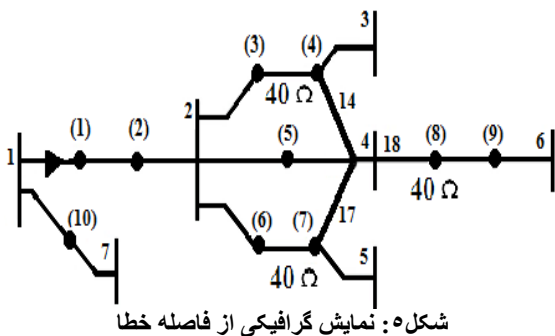
از آنجایی که خطاهای الکتریکی تماماً مقاومتی هستند روابط تعیین فاصله خطا توسط معادلات بخش موهومی امپدانس خطا برابر صفر تهیه می‌گردد.

به جهت ارائه الگوریتم تعیین فاصله خطا از یک روش تجزیه و تحلیل استفاده شده که با مقادیر ولتاژها و جریانهای توالی در نقطه خطا و ولتاژها و جریانهای اندازه گیری شده در انتهای S (در هنگام و قبل از خطا) و نقطه X، فاصله نامشخص از S تا F بدست می‌آید. با جایگزاری این مقادیر معادله ای بر حسب X و فاصله خطا بدست می‌آید. این معادله می‌تواند به کمک تکرار نیوتن رافسون با دیگر تکنیک‌ها حل شود. حل تقریبی برای خطوط انتقال کوتاه با نادیده گرفتن از دومین بخش توابع (بدلیل کوچکی) بدست آورده می‌شود. (Atashpaz and Lucas, 2007)

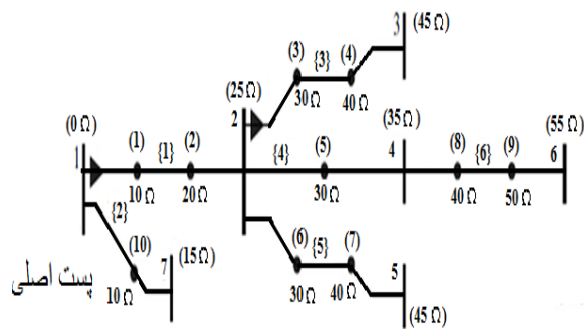
## ۵. تشریح کامل الگوریتم رقابت استعماری

در این الگوریتم از مدل‌سازی ریاضی رقابت‌های امپریالیستی الهام گرفته شده است و اجزای مختلف آن در زیر توضیح داده شده‌اند. با داشتن تابع  $f(x)$ ، در بهینه‌سازی می‌خواهیم آرگومان X را به گونه‌ای بیابیم که هزینه متناظر آن، بهینه باشد (Teng et al, 2014).

نمایش گرافیکی از این فاصله را نشان می‌دهد. کاهش Fd به معنای کاهش فاصله بین نقاط مشکوک می‌باشد.



شکل ۵: نمایش گرافیکی از فاصله خطا



شکل ۴: شبکه هفت باس شعاعی نمونه

### ۶.۱. تعیین تعداد مکان های مشکوک

به منظور حداقل نمودن تعداد مکان های مشکوک بروز خطا از تابع هدف زیر استفاده می‌شود.

$$\forall n_{i,j} > 1 \quad F_n = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m n_{ij} \quad (6)$$

در رابطه بالا  $P = 2^n$  به تعداد ترکیبات مختلف از FCI ها و m تعداد امیدانس های گسسته می‌باشند.  $n_{ij}$  تعداد مکان های مشکوک برای i امین ترکیب حالات FCI ها و j امین امیدانس گسسته می‌باشد. بنابراین مینیمم کردن Fn معادل کاهش تعداد مکان‌های مشکوک خطا می‌باشد.

جدول ۱: مکان های مشکوک متناظر با استفاده از دو نمایانگر خطا در شبکه هفت باسه

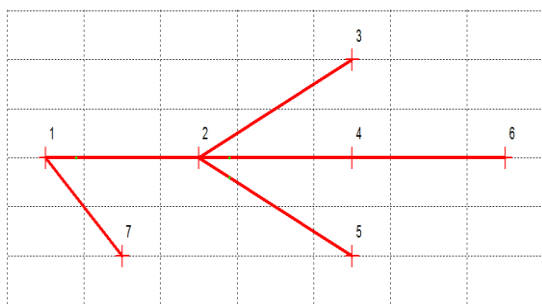
FCI Status		Discrete impedances ( $\Omega_{(m)}$ )				
S2	S1	10	20	30	40	50
0	0	1	0	0	0	0
0	1	1(1)	1(2)	2(5,6)	2(7,8)	1(9)
1	0	X	X	X	X	X
1	1	0	0	1(3)	1(4)	0

همانطور که از شکل بالا مشاهده می‌شود با نمایانگر خطا در شاخه اول نقاط ۴، ۷ و ۸ به عنوان نقاط مشکوک شناسایی شده‌اند. با فرض GC به عنوان مرکز هندسی آنگاه جمع فواصل بین نقاط مشکوک از جمع فواصل ۱۴، ۱۷ و ۱۸ بدست خواهد آمد.

### ۷. نتایج شبیه سازی

در این مقاله ابتدا یک شبکه هفت باسه برای تعیین مکان بهینه نمایانگرهای خطا بررسی شده است و سپس یک شبکه استاندارد ۳۴ باسه با توجه به توابع هدف مطرح شده در بالا مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. به منظور مشخص کردن محل نصب نمایانگرهای خطا از شماره‌ی شین های انتهایی خطوط استفاده شده است. به عنوان مثال اگر یک نمایانگر خطا در ابتدای خطی دارای شین ابتدایی ۴ و شین انتهایی ۵ نصب شده باشد، شماره‌گذاری نمایانگر خطا در این حالت برابر با ۵ می‌باشد.

#### ۷.۱. شبکه تست هفت باسه



شکل ۶: شبکه هفت باس مورد مطالعه بدون نمایانگر خطا

### ۶.۲. تعیین فاصله بین مکان های مشکوک

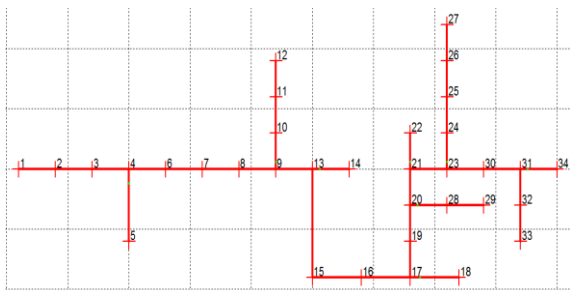
در تابع زیر به جای استفاده از تعداد مکان های مشکوک، فاصله بین آنها بصورت زیر تعیین می‌شود.

$$(7)$$

$$F_d = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m d_{i,j}$$

در این رابطه  $d_{i,j}$  به جمع فاصله بین نقاط مشکوک و مرکز هندسی آنها برای i امین ترکیب FCI ها و j امین امیدانس گسسته می‌باشد. شکل (۵) یک

تابع هدف به شدت حساسیت بالایی نسبت به میزان امیدانس خطوط دارند و با توجه به امیدانس های ورودی نقاط مشکوک مشخص می‌شود.



شکل ۹: شبکه ۳۴ باسه مورد مطالعه بدون نمایانگر خطا

به منظور بهینه سازی تعداد نقاط مشکوک به خطا، در هر مرحله تعداد نمایانگرهای موجود را یک واحد افزایش می‌دهیم و تا زمانی که تعداد نقاط مشکوک به صفر برسد این کار را ادامه می‌دهیم. مکان‌های بهینه در هر مرحله و تعداد نقاط مشکوک و فاصله ی بین آنها در جدول (۲) آمده است.

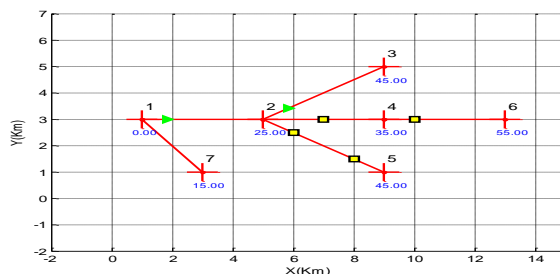
جدول ۲: بهینه سازی مقدار  $F_n$

تعداد نمایانگرهای خطا	$F_n$	$F_d$	بهترین جواب
1	614	1238.2	[10]
2	334	1020.3	[13,18]
3	184	784.6	[13,18,28]
4	146	676.2	[13,14,18,28]
5	76	571.1	[5,13,14,18,28]
6	68	211.8	[13,19,23,28,5,25]
7	20	16	[5,10,14,18,28,30,34]
8	0	0	[5,10,15,18,22,24,28,32]

تعداد مکان‌های مشکوک برای تعداد متفاوتی از نمایانگرهای خطا جدول (۲) برای شبکه ۳۴ باسه نشان داده شده است. علاوه بر این مقدار  $F_d$  برای بهترین جواب  $F_n$  محاسبه شده است. طبق جدول بالا بواسطه امیدانس بالا در شاخه ۲۳، شاخه ۲۰ مکان مناسبی برای جایگزینی نمایانگر نمی باشد.

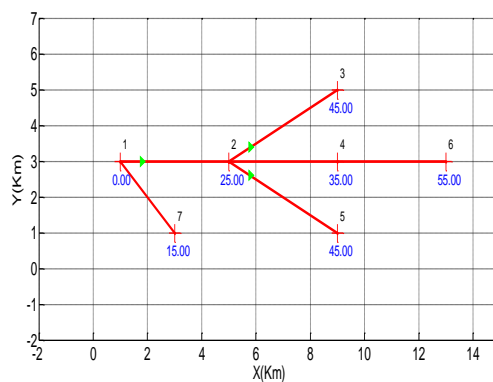
همانطور که مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد نمایانگرهای خطا،  $F_d$  و کاهش یافته تا جایی که مقدار آن به صفر می‌رسد و این بدان معناست که با هشت نمایانگر خطا هر خطایی در شبکه جایابی خواهد شد. روند همگرایی تابع هدف در طول بهینه سازی  $F_n$  به طور نمونه برای ۷ نمایانگر خطا در شکل (۱۰) نشان داده است.

طبق شکل (۷) از دو عدد نمایانگر خطا در مکان‌های ۲ و ۳ که با مثلث های سبز رنگ در شکل نشان داده شده اند، بهره می‌گیریم و پله‌های امیدانسی را برابر با ۱۰ اهم در نظر می‌گیریم. چهار نقطه‌ی مشکوک که ۲ نقطه مشکوک با امیدانس ۳۰ اهم و ۲ نقطه مشکوک با میزان امیدانس ۴۰ اهم وجود خواهند داشت که در شکل (۷) با مربع های زرد نشان داده شده‌اند علاوه بر این میزان امیدانس کل از باس ۱ تا هر باس در کنار هر باس نشان داده شده است.



شکل ۷: شبکه هفت باسه با دو نمایانگر خطا

نتایج شبیه سازی برای حالتی که از سه نمایانگر خطا نیز استفاده شده است، در شکل (۸) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در صورتی که از سه نمایانگر خطا استفاده گردد، هیچ نقطه مشکوکی وجود نخواهد داشت.



شکل ۸: شبکه هفت باسه با سه نمایانگر خطا

## ۷.۲. شبکه ۳۴ باس

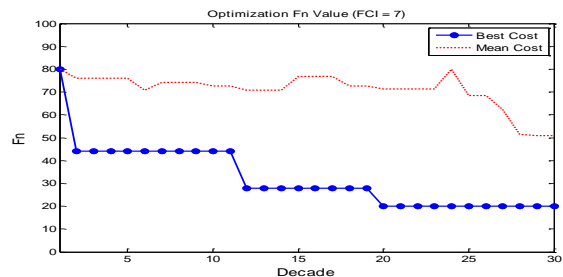
نتایج و خروجی های مربوط به شبکه ۳۴ باس که در شکل (۹) نشان داده است، به قرار زیر است. با توجه به اینکه پله های امیدانسی به صورت  $\Delta Z = 0.1$  در نظر گرفته شده اند، تعداد نقاط مشکوک و مقادیر هر سه

در این مقاله هدف بهینه سازی مشتمل بر کاهش تعداد نقاط خطا، کاهش فاصله بین نقاط خطا و در نظر گرفتن باس های پر اولویت جهت جایابی بهینه نمایانگرهای خطا می باشد. از این رو از الگوریتم رقابت استعماری به منظور مینیم کردن این توابع مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که بکارگیری این روش تکاملی با اهداف فوق می تواند منجر به کاهش و یا حتی حذف نقاط مشکوک خطا گردد در حالی که مکان بهینه برای این نمایانگرها نیز تعیین شده اند. همچنین باس های پر اولویت نیز جزء عواملی محسوب می شوند که تعداد نقاط مشکوک را افزایش می دهند.

در مقایسه با کارهای قبلی صورت گرفته و همچنین بر اساس مقاله های مورد مطالعه، استفاده از الگوریتم رقابت استعماری جهت جایابی بهینه نمایانگرهای خطا عملکرد مطلوبی داشته است، بطوری که در شبکه مورد مطالعه تعداد نقاط مشکوک به خطای بیشتری را نسبت به روش های دیگر تشخیص داده و با استفاده از این روش در سیستم های توزیع می توان زمان دسترسی به خطا و بازیابی شبکه را بطور موثری کاهش داده و شکل موثر و اقتصادی کاهش داد.

## منابع

- [1] [1] A. Kimiyaghalam, A. Ashouri and M. Beykverdi, "Application of IBSFLA and BSFLA approaches for locating of fault indicators in distribution networks," in *Electrical Power Distribution Networks (EPDC)*, 2012.
- [2] [2] A. Shahsavari, A. Fereidunian, A. Ameli and S. Mazhari, "A healer reinforcement approach to smart grids by improving fault location function in FLISR," in *Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, 2013.
- [3] [3] A. Vukojevic, M. Smith, P. Frey and S. Kuloor, "The business case for smart fault circuit indicators," in *T&D Conference and Exposition*, Chicago, IL, USA, 2014.
- [4] [4] A. Vukojevic, P. Frey and M. Smith, "Making a Smart Grid Case: Fault circuit indicators," in *Power and Energy Society General Meeting (PES)*, Vancouver, BC, 2013.
- [5] [5] Atashpaz-Gargari, E., Lucas, C., 2007, *Imperialist Competitive Algorithm: An Algorithm for Optimization Inspired by Imperialist Competition*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007), pp 4661-4667.
- [6] [6] Teng, Jen-Hao, Wei-Hao Huang, and Shang-Wen Luan. "Automatic and fast faulted line-section location method for distribution systems based on fault indicators." *Power Systems*, IEEE Transactions on 29.4, 2014.
- [7] [7] D. de Souza, I. Bda Silva, V. Ziolkowski and R. Flauzino, "Efficient allocation of fault indicators in distribution circuits using fuzzy logic," in *Power & Energy Society General Meeting*, Calgary, AB, 2009



شکل ۱۰: روند همگرایی الگوریتم برای هفت نمایانگر خطا

## ۸. نتیجه گیری

موضوع مکانیابی خطا به طور قابل ملاحظه‌ای برای مهندسان برق قدرت ومحققان جذاب بوده است. بسیاری از تحقیقات انجام شده تا اوایل قرن بیستم، باهدف پیدا کردن مکان خطا در خطوط انتقال صورت گرفته است. این امر عمدتاً به این دلیل است که تأثیر خطاهای خط انتقال در سیستم های قدرت وزمان مورد نیاز برای بررسی فیزیکی خطوط بسیار بیشتر از خطاهای سیستم های فوق توزیع وتوزیع می باشد. ولی به مرور زمان خطاهای سیستم توزیع نیز بیشتر مورد توجه قرار گرفت که دلیل آن حضور در محیط تجدید ساختاریافته و رقابت شرکتها برای افزایش دسترسی مصرف کننده به انرژی می باشد.

مصرف کنندگان در شبکه توزیع همواره خواستار دریافت توان با کیفیت مناسب هستند. از این رو تداوم ارائه سرویس و حفظ کیفیت مناسب توان تحویلی از مسائل بسیار مهم و ضروری در شبکه توزیع مطرح می گردد. از طرفی بروز خطا در این شبکه ها سبب اختلال در توان تحویلی و کیفیت آن می گردد. بنابراین تعیین نقاط خطا در شبکه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. روش های محل یابی به طور کلی بر اساس اندازه گیری امپدانس خط بعد از وقوع خطا و روش هایی که بر پایه اندازه گیری موج سیار خطا، صورت می گیرد.

در این تحقیق هدف اصلی جایابی نمایانگرهای جریان خطا در امتداد فیدرها به منظور کاهش یا حتی حذف عدم قطعیت در تعیین مکان خطا می باشد. نمایانگرهای خطا می توانند در طول فیدر قرار بگیرند و عدم قطعیت در مورد مکان خطا را کاهش داده و یا از بین ببرند. از این رو از الگوریتم رقابت استعماری به منظور جایابی بهینه نمایانگرها در شبکه توزیع استفاده شده است. مینیم کردن تعداد نقاط مشکوک، فاصله بین این نقاط و تعداد مورد نیاز نمایانگرهای خطا در صورت وجود باس های پر اولویت از جمله مواردی است که در این مقاله بررسی شده است.