بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده برق و روباتیک

گروه کنترل

جایابی پست های فوق توزیع با استفاده از الگوریتم های اکتشافی

دانشجو: محسن ملکی دولت سرا

استاد راهنما :

دکتر علیرضا الفی

استاد مشاور:

دکترمحسن اصیلی

شهریور ماه ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده :

گروه :

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم.. .....

تحت عنوان:

در تاریخ.. ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه.. ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که در تمام مراحل زندگی دلسوزانه مشوق و راهنمایم بوده اند.

باسپاس از

استاید محترم

دکتر علیرضا الفی و دکتر محسن اصیلی

که با بلندای اندیشه و صفای وجودی خود مرا از راهنمایی های بی دریغ وارزشمندشان بهره مند نمودند.

تعهد نامه

اینجانب.. ..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته.. .....

دانشکده.. ..... دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه.. .....

.....تحت راهنمائی.....متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات ان (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

جایابی بهینه پست های فوق توزیع با در نظر گرفتن هزینه افت ولتاژ و افت توان در فیدرهای فشار متوسط که در این پایان نامه مختصرا "طراحی سیستم توزیع[1]" نامیده می شود یکی از ارکان اساسی در سیستم توزیع است. با توجه به اینکه انرژی تزریقی به سیستم توزیع از طریق پست‌های فوق‌توزیع تامین می‌شود و تنها رابط بین سیستم توزیع و سیستم انتقال پست های فوق‌توزیع است، بدیهی است که باید پست فوق‌توزیع بتواند جوابگوی مجموع بار کل منطقه باشد. بنابراین تعیین مکان مناسب یا نامناسب این پست‌ها می‌تواند طراحی دیگر بخش‌های شبکه توزیع همانند پست‌های توزیع را تحت تاثیر قرار دهد

از این رو در این تحقیق علاوه بر یافتن تعداد، مکان، تعیین ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پست های فوق توزیع (HV/MV) روش های جدیدی در بهینه سازی و جایابی بهینه پست های فوق توزیع ارائه گردیده است. در این پایان نامه، از الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوریتم اجتماع ذرات (PSO)، الگوریتم بهبود یافته باینری اجتماع ذرات (IBPSO)، الگوریتم بهبودیافته اجتماع ذرات (IPSO)، الگوریتم (H-GA-PSO)، الگوریتم اجتماع ذرات با ضریب انقباض (HPSO)، الگوریتم (LDW-PSO)، الگوریتم (DIW-PSO) و الگوریتم (NDW- PSO) برای حل مسئله پیشنهاد شده و در ادامه با هم مقایسه می شوند. که نتیجه حاصل از اجرای الگوریتم های هوشمند نشان می دهد که الگوریتم ابتکاری H-GA-PSO بهترین عملکرد را بین تمام الگوریتم ها دارا می باشد.

کلمات کلیدی: پست های فوق توزیع، جایابی بهینه، الگوریتم های هوشمند، الگوریتم ابتکاری.

[1] Distribution System Planning

فهرست

عنوان **صفحه**

۱ مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

۲ طراحی بهینه شبکه های توزیع و مطالعات انجام شده در این زمینه

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲ معرفی سیستم توزیع ۷

۲-۳ ساختار سیستم توزیع ۷

۲-۳-۱ مدارهای فوق توزیع ۸

۲-۳-۲ پست های فوق توزیع HV/MV ۸

۲-۳-۳ فیدرهای اولیه ۹

۲-۳-۴ پست های توزیع MV/LV ۹

۲-۳-۵ مدارهای ثانویه ۱۰

۲-۴ طراحی سیستم توزیع ۱۰

۲-۴-۱ دسته بندی روش های بهینه سازی بر اساس مدل سازی سیستم توزیع ۱۱

۲-۴-۲ دسته بندی روش ها بر مبنای بازه طراحی ۱۱

۲-۴-۳ دسته بندی بر اساس روش های بهینه سازی ۱۲

۲-۴-۳-۱ روش های تحلیلی ریاضی ۱۲

۲-۴-۳-۲ الگوریتم های ابتکاری ۱۳

۲-۴-۳-۳ روش سیستم های هوشمند ۱۵

۳ الگوریتم های پیشنهادی برای طراحی سیستم توزیع

۳-۱ مقدمه ۲۱

۳-۲ مقدمه ای بر رفتار پرندگان وایده اولیه PSO ۲۲

۳-۳ الگوریتم PSO ۲۳

۳-۴ الگوریتم اجتماع ذرات اصلاح شده ۲۷

۳-۵ الگوریتم LDW-PSO ۲۸

۳-۶ الگوریتم NDW-PSO ۲۹

۳-۷ الگوریتم DIW-PSO ۲۹

۳-۸ الگوریتم IPSO ۳۰

۳-۹ الگوریتم اجتماع ذرات با ضریب انقباض ۳۱

۳-۱۰ الگوریتم IBPSO ۳۲

۳-۱۱ مزیتهای PSO در قیاس با سایر الگوریتم های جستجو ۳۳

۳-۱۲ الگوریتم ژنتیک ۳۳

۳-۱۲-۱ تقاطع.....۳۵

۳-۱۲-۲ عملگر جهش ۳۵

۳-۱۳ الگوریتم ترکیبی H-GA-PSO.....۳۶

۴ شبیه سازی و تحلیل نتایج

۴-۱ مقدمه ۳۸

۴-۲ مدلسازی مسئله.....۳۸

۴-۲-۱ تابع هدف و قیود حاکم بر مسئله ۳۹

۴-۲-۲ قیود مسئله.....۴۳

۴-۳ بدست آوردن تعداد و مکان پست های قابل احداث ۴۳

۴-۴ سیستم توزیع نمونه.....۴۷

۴-۵ الگوریتم ابتکاری استفاده شده در برنامه.....۵۲

۴-۶ نتایج حاصل از اجرای الگوریتم های اکتشافی ۵۳

۵ نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه گیری ۶۸

۵-۲ پیشنهادات.....۶۹

پیوست الف: الگوریتم ژنتیک

الف-۱ مقدمه ۷۱

الف-۲ تاریخچه ۷۱

الف-۳ تاریخچه بیولوژیکی ۷۲

الف-۴ ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی ۷۲

الف-۴-۱ کروموزوم ۷۲

الف-۴-۱-۱ کدگذاری دودویی ۷۳

الف-۴-۱-۲ کدگذاری جهشی ۷۳

الف-۴-۲ جمعیت ۷۴

الف-۴-۳ تابع برازندگی ۷۴

الف-۵ عملگرهای الگوریتم ژنتیک ۷۴

الف-۵-۱ عملگر انتخاب (Selection) ۷۴

الف-۵-۱-۱ انتخاب نخبگان ۷۵

الف-۵-۱-۲ چرخ رولت ۷۵

الف-۵-۲ عملگر آمیزش (Crossover) ۷۶

الف-۵-۲-۱ تلفیق تک نقطه ای ۷۶

الف-۵-۲-۲ تلفیق دو نقطه ای ۷۷

الف-۵-۲-۳ تلفیق نقطه ای ۷۷

الف-۵-۲-۴ تلفیق جامع ۷۷

الف-۵-۳ عملگر جهش (Mutation) ۷۸

الف-۶ روند کلی بهینه سازی و حل مسائل در الگوریتم ژنتیک ۷۸

الف-۷ شرط پایان الگوریتم ۷۹

مراجع ۸۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ نمایی از سیستم قدرت ۶

شکل ۲-۲ چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها نسبت به زمان درالگوریتم ژنتیک..... ۱۸

شکل ۲-۳ چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها نسبت به زمان در الگوریتم مورچگان ۱۸

شکل ۲-۴ چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها نسبت به زمان در الگوریتم ترکیبی ژنتیک و مورچگان . ۱۸

شکل ۲-۵ جواب بدست آمده از اجرای الگوریتم ژنتیک، مورچگان و ترکیب این دو الگوریتم.....۱۹

شکل ۳-۱ به روز شدن سرعت و موقعیت ذره ۲۵

شکل ۳-۲ فلوچارت الگوریتم PSO..... ۲۶

شکل ۳-۳ فلوچارت الگوریتم ژنتیک ۳۴

شکل ۳-۴ ترکیب تک نقطه ای دو کروموزوم ۳۵

شکل ۳-۵ نحوه انجام عمل جهش ۳۶

شکل ۴-۱ نحوه کدبندی مسئله جایابی پست فوق توزیع ۴۵

شکل ۴-۲ گروه های نقاط بار (m=3) در یک ذره نوعی ۴۵

شکل ۴-۳ قرار دادن پست در مرکز چگالی بار هر گروه ۴۶

شکل ۴-۴ مکان بیست و چهار نقطه بار در منطقه مورد مطالعه ۴۷

شکل ۵-۱ نحوه کدبندی مسئله جایابی پست فوق توزیع..... ۵۰

شکل ۴-۶ گروه بندی نقاط بار در یک ذره ۵۱

شکل ۴-۷ ظرفیت ها و مختصات قرار گیری هر پست برای ذره اول ۵۱

شکل ۴-۸ تغییر گروه نقاط بار برای ذره اول با استفاده از الگوریتم ابتکاری ۵۲

شکل ۴-۹ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم PSO ۵۷
شکل ۴-۱۰ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم GA ۵۸
شکل ۴-۱۱ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم LDW_PSO ۵۹
شکل ۴-۱۲ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم NDW_PSO ۶۰
شکل ۴-۱۳ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم DIW_PSO ۶۱
شکل ۴-۱۴ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم IPSO ۶۲
شکل ۴-۱۵ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم HPSO ۶۳
شکل ۴-۱۶ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم IBPSO ۶۴
شکل ۴-۱۷ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع در الگوریتم H-GA-PSO ۶۵

شکل الف -۱ کدگذاری دودویی.....۷۳
شکل الف -۲ کد گذاری جهشی.....۷۳
شکل الف -۳ نحوه ارزیابی شایستگی در چرخ رولت ۷۵
شکل الف -۴ یک نمونه تلفیق (آمیزش).....۷۶
شکل الف -۵ روش ادغام دو نقطه ای.....۷۷
شکل الف -۶ روش تلفیق جامع.....۷۷
شکل الف -۷ نحوه انجام عمل جهش.....۷۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱ مختصات قرار گیری نقاط بار به همراه ظرفیت هر کدام.....۴۸

جدول ۴-۲ لیست ظرفیت های استاندارد و هزینه احداث.....۴۹

جدول ۴-۳ مختصات نقاط بار قدیم و ظرفیت آنها.....۴۹

جدول ۴-۴ مشخصات پست های موجود. ۴۹

جدول ۴-۵ هزینه حاصل از اجرای الگوریتم های اکتشافی ۴۹

جدول ۴–۶ ظرفیت های بدست آمده برای پست های فوق توزیع برای بهترین جواب..... ۵۴

جدول ۴–۷ ظرفیت های بدست آمده برای پست های فوق توزیع برای بدترین جواب ۵۵

جدول ۴-۸ موقعیت جغرافیایی بدست آمده برای پست های فوق توزیع.....۵۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

انجام هر کار یا فعالیتی مستلزم صرف مقداری انرژی است. انرژی شیمیایی، حرارتی، انرژی مکانیکی و انرژی الکتریکی برخی از انواع انرژی ها می باشند. انرژی الکتریکی به علت سهولت تولید و انتقال وتوزیع و به علت تبدیل به انواع دیگر انرژی امروزه در جهان کاربرد وسیعی دارد.نمونه ای از کاربردهای گوناگون آن عبارتند از:

- استفاده از انرژی الکتریکی به منظور تامین روشنائی
- انرژی الکتریکی به منظور تولید حرارت
- انرژی الکتریکی به منظور تامین قدرت

با توجه به موارد مذکور در می یابیم که انرژی الکتریکی در میان انواع انرژی ها دارای اهمیت زیاد و جایگاه ویژه ای می باشد.

انرژی الکتریکی به وسیله سیستم قدرت که شامل سیستم های تولید، انتقال وتوزیع تعریف می شود به دست مصرف کننده ها می رسد. در سیستم قدرت، پست های فوق توزیع به عنوان حلقه ارتباطی شبکه های انتقال و شبکه های توزیع، از اهمیت بسیاری برخوردار است. هزینه سرمایه گذاری زیاد سیستم های توزیع الکتریکی و افزایش هزینه انرژی، تجهیزات و نیروی کار، باعث شده است تاطراحان سیستم توزیع، به جستجوی روشهای مناسب تری برای کاهش هزینه ها باشند.

طرح های متنوعی برای هر یک از قسمت های سیستم قدرت تعریف می شود که هر یک زیر مجموعه خاصی از این شبکه را تحت تاثیر خود قرار می دهد. آنچه در تمامی این طرح ها مشترک است، دست یابی به هدف با کمترین هزینه است و در تمامی این طرح ها محدودیت اقتصادی موجب شده است که طراح به دنبال

راه کاری با حداقل هزینه باشد. برخی از پروژه های تعریف شده در این بخش فیدر ها را مد نظر دارد و برخی پست ها، برخی از پروژه ها بهره برداری و سهولت آن تعریف می شود و برخی پایه وبنیاد تمامی بخش های ذکر شده است. آنچه در طراحی فیدرها مورد توجه قرار می گیرد، مسیر یابی، توزیع بار و تعیین نوع هادی است که هر یک قیود مربوط به خود را نیز دارا هستند. در بخش طراحی پست ها، اندازه پست ها، ناحیه ی سرویس دهی آنها و مکان آنها مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. هر یک از طرح های اشاره شده دارای اهمیت قابل توجهی بوده و نمیتوان وزن خاصی برای آنها قائل شد چرا که همگی وابسته به هم بوده و تمامی آنها یک هدف یعنی تامین برق مورد نیاز مشترکین با کمترین هزینه را دنبال می کنند.

هنگامی که مسئله برق رسانی به مناطق مطرح می شود یکی از مسائل مشکل، انتخاب مکان، ظرفیت و بالاخره حوزه سرویس دهی بهینه است. معمولا میتوان زمینهای را یافت که بالقوه برای احداث پست مناسب باشد. اینکه آیا در هر مکان احتمالی باید پست احداث شود و یا نه و اینکه ظرفیت و حوزه سرویس دهی آن در صورت احداث چقدر باید باشد مسئله بسیار حجیم و بزرگ است.

احداث پست در هر محل از یک سو هزینه سرمایه گذاری اولیه را افزایش می دهد و از سویی دیگر با کم کردن هزینه کابل کشی و برق رسانی راحت تر به نقاط تمرکز بار، هزینه کلی سیستم را کم کند. بنابراین هزینه کلی سیستم تابعی چند متغیره از تعداد و ظرفیت پستها و حجم و پراکندگی بارهاست[۱].

مسئله مکان یابی و تعیین ظرفیت پست های فوق توزیع از مسایل عمده طراحی شبکه های توزیع به شمار می رود. برای ایجاد یک سیستم توزیع قابل اطمینان و اقتصادی، ظرفیت پست های فوق توزیع با توجه به ناحیه بار متفاوت خواهد شد و انتخاب نامناسب ظرفیت و مکان این پستها تاثیر نامطلوبی بر هزینه این سیستم ها خواهد گذاشت.

تا کنون روش های متعددی برای مکان یابی پست های فوق توزیع ارائه شده است که هر کدام به نوعی با مسئله برخورد کرده اند. در این پایان نامه برای بهینه سازی تابع هدف از الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوریتم اجتماع ذرات (PSO)، الگوریتم بهبود یافته باینری اجتماع ذرات (IBPSO)، الگوریتم بهبودیافته اجتماع ذرات (IPSO)، الگوریتم ترکیبی(H-GA-PSO)، الگوریتم اجتماع ذرات با ضریب انقباض(HPSO) ، الگوریتم (LDW-PSO)، الگوریتم (NDW-PSO) و الگوریتم (DIW-PSO)، استفاده شده است و مکان، ظرفیت و تعداد پست های فوق توزیع بر این مبنا تعیین شده اند.

از روشهای قدرتمند در مسائل بهینه سازی که در سالهای اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است، روش الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع ذرات است که این روشها، ابزار مناسبی برای بهینه سازی توابع گسسته و غیر خطی می باشند، و در کاربردهایی نظیر جایابی بهینه خازن، و پخش بار بهینه نتایج مطلوبی داشته است.

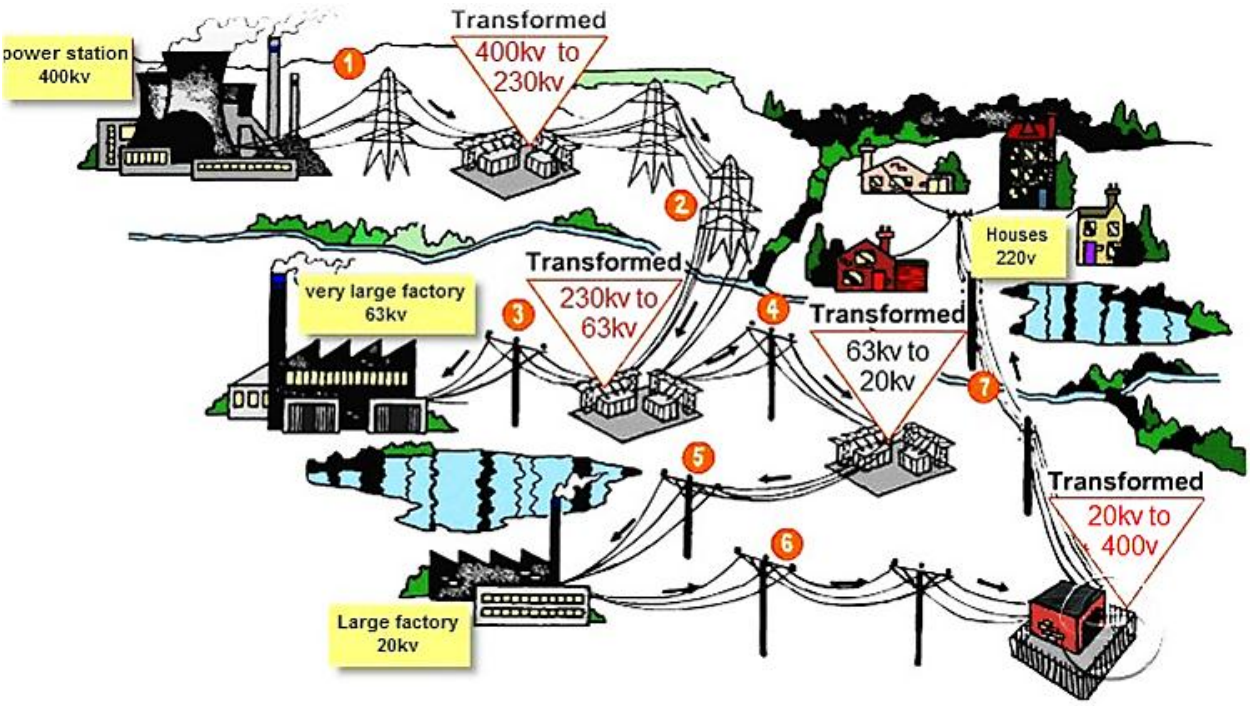
این پایان نامه شامل شش فصل است که فصل اول مقدمات کار را بررسی می کند، فصل دوم به مسئله طراحی بهینه شبکه توزیع و مطالعات انجام شده در این زمینه می پردازد. در فصل سوم، الگوریتم های مورد استفاده برای مکان یابی بهینه پست های فوق توزیع ارائه می شود. فصل چهارم، به شبیه سازی وتحلیل نتایج می پردازد. و در فصل پنجم به بیان نتیجه گیری و پیشنهادات می پردازد.

فصل دوم

طراحی بهینه شبکه های توزیع و مطالعات انجام شده در این زمینه

۲-۱ مقدمه

انرژی الکتریکی که در نیروگاه ها تولید می شود پس از عبور از شبکه انتقال برای برآوردن نیاز مشترکین در سطح شهرها و روستاها از طریق سیستم توزیع به مصرف کنندگان می رسد. این سیستم یکی از بخش های اساسی سیستم قدرت محسوب می شود و به دلایل متعدد اهمیت فوق العاده ای را در سیستم برق رسانی هر کشور داراست، که در قسمت های بعد به آنها اشاره می شود. شکل (۲-۱) نمایی از کل شبکه ی قدرت را نمایش می دهد[۲].



شکل ۲-۱ نمایی از سیستم قدرت

۲-۲ - معرفی سیستم توزیع

در این بخش ساختار یک سیستم توزیع و اجزای آن بطور مجمل تشریح خواهند گردید. این ساختار عموما شعاعی می باشد که به ترتیب از بالا دست به پایین دست عبارت است از پست های بزرگ، مدارهای فوق توزیع، پست های فوق توزیع، فیدرهای اولیه، پست های توزیع، فیدرهای ثانویه و سرانجام اتصالات سرویس مشترکین می باشد. برای هر دسته از بخش های فوق و متناسب با استعدادهای هر بخش پروژه هایی تعریف می شود که همگی بهینه سازی شبکه توزیع را مد نظر دارند از آن جمله میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- مکان یابی بهینه ی پست های فوق توزیع
- مکان یابی بهینه ی پست های توزیع
- مسیریابی بهینه فیدر های فشار متوسط
- مکان یابی بهینه ی سکسیونر ها برای فیدر های فشار متوسط

۲-۳ - ساختار سیستم توزیع

یک سیستم توزیع بنا به تعریف به قسمتی از سیستم قدرت که میان منابع قدرت و اتصالات سرویس مصرف کننده قراردارد اطلاق می گردد. درواقع مدارهای فوق توزیع از سیستم انتقال و تولید به چندین پست فوق توزیع که در ناحیه ی بار(مصرف) قرار دارند امتداد یافته اند. این مدارها ممکن است به صورت شعاعی یا حلقوی باشند که از یک یا چند نقطه تغذیه می شوند. پست های فوق توزیع به طور معمول در سمت فشار متوسط خود به فیدرهای فشار متوسط متصل می شوند و ولتاژ دریافتی از این فیدرها توسط پست های توزیع به ولتاژ مصرف کاهش پیدا می کند. هر پست توزیع یک یا چند گروه از مصرف کنندگان را از طریق خطوط فشار ضعیف سرویس می دهند.

در هر سیستم قدرتی، سیستم توزیع آن دارای جایگاه ویژه ای است و بطور خلاصه وظیفه آن گرفتن توان از منابع و توزیع یا تحویل آن به مصرف کنندگان است. کارایی یک سیستم توزیع در انجام این وظایف بر حسب افت ولتاژ، تداوم سرویس دهی، قابلیت انعطاف، بازدهی و هزینه آن بیان می شود. هزینه یک سیستم توزیع عامل مهمی در قیمت انرژی تحویلی به مصرف کنندگان بشمار می رود. و در عرف بین المللی حدود ۳۰٪ تا ۵۰٪ از کل هزینه سرمایه گذاری یک سیستم قدرت به سیستم توزیع آن تعلق دارد[۲، ۱].

در حالت کلی میتوان یک سیستم توزیع را به پنج قسمت مدارهای فوق توزیع، پست های فوق توزیع $HV/_{MV}$، فیدرهای اولیه، پست های توزیع $MV/_{LV}$، مدارهای ثانویه و اتصالات سرویس مصرف کننده دسته بندی نمود.

۲-۳-۱ - مدارهای فوق توزیع

مدارهای فوق توزیع از منابع قدرت به چندین پست فوق توزیع $HV/_{MV}$ که در ناحیه بار (مصرف) قرار دارند امتداد یافته است. این مدارها ممکن است به صورت مدارهای حلقوی که به یک یا چند منبع قدرت از هر دو طرف اتصال یافته اند وجود داشته باشد.

۲-۳-۲ - پست های فوق توزیع $HV/_{MV}$

بطور معمول هر پست فوق توزیع $MV/_{LV}$ ناحیه بار خود را که یک زیر بخش از ناحیه سرویس دهی سیستم توزیع است تغذیه می نماید و در آن ولتاژ فوق توزیع به ولتاژ توزیع برای پخش نیروی برق در سراسر ناحیه کاهش می یابد. منطقه سرویس دهی یک پست فوق توزیع $HV/_{MV}$ نیز به چند بخش تقسیم می شود و هر بخش بوسیله یک فیدر اولیه تغذیه می گردد. این فیدرهای اولیه سه فاز از شین فشار متوسط پست فوق توزیع $HV/_{MV}$ خارج می شوند و به مرکز بار خود امتداد می یابند.

۲-۳-۳- فیدرهای اولیه

در اکثر آرایش های سیستم های شعاعی فیدرهای اولیه از شین فشار متوسط پست های فوق توزیع تا مصرف کنندگان به صورت شعاعی بکار می رود. اساساً فیدرهای اولیه یک سیستم توزیع شعاعی بخاطر عدم تداوم سرویس دهی سوال برانگیزند و یک خطا بر روی هر یک از فیدرها به خاموشی تعدادی از مصرف کنندگان می انجامد و در هنگام استفاده از این آرایش وقفه به صورت اجتناب ناپذیر در می آید.

عوامل بهم وابسته بسیاری بر انتخاب اندازه مقطع فیدرهای اولیه اثر دارند که مهمترین آنها عبارتند از چگالی و رشد بار، نیاز به ایجاد ظرفیت خالی برای بهره برداری در حالت اضطراری، هزینه و ساختار مدار مورد استفاده، طرح و ظرفیت پست فوق توزیع $HV/_{MV}$ مربوط به آن، تلفات، سطح ولتاژ و نیز استانداردهای سرویس دهی. در برخی از موارد به ویژه در حالات استفاده از خطوط هوایی، افت ولتاژ نقش مهمی را در طراحی فیدرهای اولیه به عهده دارد. افت ولتاژ کل باید در طول فیدر اولیه، پست توزیع، مدارهای ثانویه و اتصالات سرویس مصرف کننده بگونه ی مناسب تقسیم شود.

۲-۳-۴- پست های توزیع $MV/_{LV}$

پست های توزیع $MV/_{LV}$ ولتاژ را از سطح ولتاژ شبکه اولیه به ولتاژ مصرف کاهش می دهند. با توجه به تفاوت زیاد در چگالی بار در مناطق مختلف، این پستها به دو صورت بکار می روند :

الف- پست های زمینی: در مناطق شهری با چگالی بار سنگین از ترانسفورماتورهای بزرگ استفاده می شود و این پستها از طریق کابلهای زمینی مصرف کنندگان را تغذیه می نمایند.

ب- پست های هوایی: اینگونه پستها بیشتر در مناطق روستایی یا نیمه شهری که چگالی بار سبکی دارند بکار می روند و بوسیله فیدرهای اولیه هوایی تغذیه می شوند.

۲-۳-۵- مدارهای ثانویه

مدارهای ثانویه و به دنبال آن اتصالات سرویس مصرف کننده آخرین بخش از شبکه های توزیع را تشکیل می دهند و مستقیما با مصرف کنندگان در ارتباط هستند. عملا شبکه ثانویه به همراه ترانسفورماتورهای توزیع در یک حوزه قرار می گیرد که میان آنها ارتباط تنگاتنگی برقرار است. در مناطق شهری با چگالی بار سنگین معمولا شبکه ثانویه فقط از کابلهای زمینی تشکیل می شود.

۲-۴ - طراحی سیستم توزیع

هدف از طراحی سیستم توزیع کسب اطمینان از پاسخگویی بهینه به افزایش تقاضای برق ناشی از رشد فزاینده بار، می باشد. برای تامین بهنگام افزایش میزان مصرف، طرح های متنوعی در قسمت های مختلف سیستم قدرت از قبیل تولید، انتقال و در نهایت توزیع مورد مطالعه قرار می گیرد. در بخش توزیع طرح های تکاملی متنوعی ارائه می شود که هدف تمام آنها بهینه سازی شبکه توزیع است. هر کدام از این طرح ها روش متفاوتی را برای مدل سازی شبکه در نظر گرفته اند، قیود وچگونگی حل این روش ها نیز متفاوت است. از این رو میتوان طرح های ارائه شده را از نقطه نظر های مختلف دسته بندی کرد و سپس مورد بحث قرار داد:

۱- دسته بندی روشها بر اساس مدل سیستم

۲- دسته بندی روش ها از نظر بازه طراحی

۳- دسته بندی روشها بر مبنای روش های بهینه سازی

۲-۴-۱ - دسته بندی روش های بهینه سازی بر اساس مدل سازی سیستم توزیع

از آنجا که سیستم توزیع دارای ساختار پیچیده ای است لذا امکان بهینه سازی ساختار کلی این شبکه در قالب یک مجموعه ی واحد امکان پذیر نیست از این رو طراحی سیستم به دو زیر مجموعه تقسیم می شود[3] . زیر مجموعه اول تعیین مکان و اندازه بهینه پست های توزیع را در بر دارد که بسیاری از مقالات به آن پرداخته اند[۴،۵]و زیر مجموعه ی دوم به مسیر یابی بهینه فیدر ها می پردازد[۶].

۲-۴-۲ - دسته بندی روش ها بر مبنای بازه طراحی

کلیه ی کار های تحقیقاتی ارائه شده در زمینه طراحی سیستم های توزیع را میتوان از نظر بازه طراحی به دو دسته ی جداگانه تقسیم نمود:

۱) تک مرحله ای [۱]

۲) چند مرحله ای[۲](دینامیک)

روش تک مرحله ای مواردی را شامل می شود که تمامی نیازهای توسعه ی شبکه در یک بازه ی زمانی واحد محاسبه می شود. در این روش در بازه طراحی بار ثابت فرض شده است. چنین مدل هایی فقط برای یک زمان طراحی مشخص و به منظور تعیین ظرفیت و مکان پست ها یا فیدر ها منا سب هستند[۷].

در روش چند مر حله ای، طرح های توسعه ای شبکه شامل چند مرحله زمانی است. در واقع در این روش رشد بار نیز در نظر گرفته شده است و بر مبنای آن برنامه ی توسعه ی نصب تجهیزات در طی بازه ی زمانی مشخص می شود[۸].

---

[۱] Single -Stage

[۲] Multi-Stage

۲-۴-۳- دسته بندی بر اساس روش های بهینه سازی

با توجه به طبیعت مسئله، فرمول بندی ها اغلب به صورت برنامه ریزی ریاضی، برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی خطی ۰-۱ و برنامه ریزی غیر خطی می باشد. از آنجائیکه که بعد مسئله به صورت طبیعی خیلی بزرگ است حل این مدلها در زمان قابل قبولی انجام نمی شود. به این دلیل از الگوریتم های جدیدی برای حل این گونه مسئله ها استفاده می کنند که در زمان کمتری مسئله را حل کنند. کارهای انجام گرفته شده در زمینه طراحی سیستم های توزیع برطبق روشهای آنها برای حل به سه دسته تقسیم می شوند:

۱) روش های تحلیلی ریاضی
۲) روش های الگوریتم های ابتکاری
۳) روش های الگوریتم های هوشمند [۱]

جالب است که کلیه ی تحقیقات اولیه مربوط به دهه های ۱۹۶۰و۱۹۷۰ بر پایه روش های ریاضی بوده اند در حالیکه اغلب کارهای اخیر حول شیوه های ابتکاری و روشهای سیستم های هوشمند متمرکز شده اند.

۲-۴-۳-۱- روش های تحلیلی ریاضی

روش های تحلیلی ریاضی قادر به یافتن جواب بهینه به صورت دقیق هستند اما در مورد مسائل بهینه سازی سخت کارایی ندارند و زمان حل آنها در این مسائل به صورت نمایی افزایش می‌یابد.
عموما دستیابی به پاسخ بهینه ی مطلق در تکنیک های بهینه سازی عددی مانند برنامه ریزی خطی به اثبات رسیده است اما به دلیل پیچیدگی های مسئله مورد بحث و امکان پذیر نبودن مدل سازی دقیق کلیه ی حقایق، نمیتوان اطمینان داشت که این جواب الزما پاسخ قابل قبولی برای مسئله است.

[۱] Intelligent Algorithm

۲-۴-۳-۲–روش های الگوریتم های ابتکاری

برای بسیاری از مسائل طراحی و توزیع واقعی، فرمول بندی به صورت برنامه ریزی ۰-۱ خطی به خاطر تعداد زیاد متغیر ها و محدودیت ها غیر قابل استفاده است. میتوان مسئله را با فرضیاتی که آن را از لحاظ محاسباتی قابل اجرا کند، ساده کنیم اما تضمینی وجود ندارد که جواب بهینه مسئله ساده شده در مسئله اصلی نیز بهینه باشد. و همچنین پیچیدگی های ریاضی ناشی از مدل سازی حقایق عملی مسائل به منظور تطبیق با روش های عملی ریاضی و نیز مشکلات محاسباتی سبب گشته است که استفاده از این روش ها با چالش فراوانی مواجه شوند. از این رو با توجه به این مشکلات از الگوریتم های ابتکاری در طراحی سیستم توزیع استفاده شده است . در این گونه روش ها به طورعمده به دنبال جست وجوی جواب بهینه در فضای شدنی هستیم و یک منطق جزئی کاملی برای حل مسئله استفاده می شود. اغلب این گونه روش ها نیز زمان بالایی را برای یافتن جواب بهینه نیاز دارند و ممکن است برخی جواب های شدنی به دلیل برخوردار بودن الگوریتم از یک منطق جزئی، مورد جستجو قرار نگرفته و جواب بدست آمده به طور الزام بهینه سراسری (Global optimum) نباشد. در این قسمت به چند مقاله که در آنها ازالگوریتم ابتکاری استفاده شده است اشاره می شود [۹].

آکای و همکارانش، روشی را معرفی نموده اند که توانایی حل مسئله طراحی برای سیستم های با ابعاد وسیع را دارا است [۷،۱۰]. اصول این روش بر پایه الگوریتم "جابجایی شاخه[۱]" استوار است.

- از یک ترکیب ممکن شروع کنید و یک شاخه برای ایجاد حلقه اضافه کنید.
- برای رسیدن به ترکیب قابل قبول یک شاخه (با بیشترین هزینه سرمایه گذاری یا شاخه ای که محدودیتی را نقض کرده) حذف می شود. اگر این جابجایی منجر به بهبود در شبکه شد آن

[۱] Branch exchange

را حفظ می کنیم در غیر این صورت جابجایی در نظر گرفته نمی شود.

- این روند را تا زمانی تکرار کنید که تابع هدف با جابه جایی ها دیگر بهبود نیابد. تعیین جابجایی خیلی حساس توسط جدول سیمپلکس انجام می شود.

در [۱۱] مسئله بررسی شده در این مقاله برای یافتن تعداد، مکان، تعیین ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پست های توزیع از میان مکانهای کاندید برای احداث پست می باشد. روش پیشنهادی بر اساس الگوریتم ابتکاری تخصیص بار می باشد. روند کار این الگوریتم به شرح زیر می باشد.

برای یافتن منطقه سرویس دهی پست های تغذیه کننده باید هر نقطه تمرکز بار را به نزدیکترین پست اتصال داد. بدیهی است که تغذیه بار از نزدیکترین پست کم هزینه ترین حالت است. بدین منظور یک الگوریتم ابتکاری برای تخصیص بار به پست ها طراحی شده است. بعد از انجام این الگوریتم ظرفیت و حوزه سرویس دهی پست ها مشخص شده و هیچگونه اضافه باری بر روی پستها وجود نخواهد داشت (در صورتیکه کل تقاضا بیشتر از ظرفیت کل پستها نباشد). الگوریتم تخصیص بار بدین صورت است که ابتدا برای جلوگیری از انتقال بارهای زیاد به فواصل طولانی، مقادیر نقاط بار بصورت نزولی مرتب (اولویت بندی) خواهند شد. سپس هر یک از بارها به ترتیب اولویت برای تشخیص یافتن به نزدیک ترین پست برگزیده می شوند. برای هر نقطه بار، اگر با افزودن این بار ظرفیت نزدیکترین پست به حد بالای خویش نرسد این نقطهٔ بار به این پست تخصیص می یابد و در غیر اینصورت نقطهٔ بار مورد نظر برای تخصیص یافتن به نزدیکترین پست بعدی گزینش خواهد شد. در صورت اضافه بار نشدن آن پست به آن تخصیص می یابد ولی اگر موجب اضافه بار شدن آن پست شود، نزدیکترین پست بعدی برای تغذیه بار مورد نظر انتخاب می شود. این عمل آنقدر تکرار می شود تا تمام بارها توسط پست ها تغذیه شوند. پس از انجام الگوریتم ابتکاری تخصیص بار، حوزه سرویس دهی هر پست و مقدار ظرفیت آن نیز مشخص خواهد شد.

۲-۴-۳-۳- روش الگوریتم های هوشمند

مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری، قرار گرفتن آنها در بهینه‌های محلی، و عدم قابلیت آنها برای کاربرد در مسائل مختلف است. الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل این مشکلات الگوریتم‌های ابتکاری ارائه شده‌اند. در این روش ها با آنکه جست و جوی جواب بهینه، به صورت تصادفی و بدون منطق جزئی انجام می شود، جست و جو دارای یک منطق کلان و جهت دار بوده و احتمال یافتن جواب نزدیک بهینه سراسری بسیار بالا و زمان حل نیز نسبت به سایر روش های جست وجو مناسب تر است. در این روش ها دو معیار کیفیت جواب و زمان حل مورد نظر است. از جمله ویژگی های روش های فرا ابتکاری میتوان به موارد زیر اشاره کرد[۹].

- در بسیاری از موارد و جست جوی تصادفی بودن در این الگوریتم وجود دارد.
- اغلب الهام گرفته از طبیعت هستند.
- یک منطق کلان و جهت دار دارند.
- به پارامترهای مورد نظر در الگوریتم بسیار حساس هستند.

با رواج یافتن روشهای هوشمند مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و غیره در بهینه سازی مسائل از این روشها نیز در طراحی سیستم های توزیع استفاده شد.

میراندا[۱] و همکاران، جهت طراحی چند مرحله ای سیستمهای توزیع از الگوریتم ژنتیک استفاده نموده اند [۱۲] .در این مقاله الگوریتم ژنتیک برای یافتن پاسخ بهینه جایابی تعیین ظرفیت و زمان بندی احداث پست های توزیع و گسترش فیدرها بکار گرفته شده است. هدف مورد نظر در طراحی سیستم توزیع، گسترش شبکه به گونه ای است که هزینه احداث تجهیزات جدید و هزینه های بهره برداری با وجود سطح قابل قبولی از قابلیت

[۱] Miranda

اطمینان حداقل گردد.

دوره طراحی به چند مرحله (مثلا یک ساله) تفکیک می شود. هدف تعیین لیستی از سرمایه گذاریهای انجام شده در هر مرحله است. جهت طراحی سیستم توزیع با روش الگوریتم ژنتیک مراحل زیر طی می شود :

مجموعه ای از متغیرهای تصمیم جهت پاسخ طراحی چند مرحله ای سیستم توزیع انتخاب می شود. این متغیرها در کروموزونها کد می شوند. الگوریتم ژنتیک به خانواده ای از جوابها جهت تولید نسلهای جدید اعمال می شود. هر یک از پاسخهای موجود در نسل جدید به کمک تابع برازندگی مورد ارزیابی قرار می گیرد. این ارزیابی از جهات مختلفی از جمله هزینه سرمایه گذاری، هزینه های تلفات توان، قابلیت اطمینان و افت ولتاژ صورت می گیرد.در انتهای این فرایند، مجموعه ای از طرحهای با برازندگی خوب در دسترس خواهد بود.

در [۸] هدف اساسی و مسئله مهم موضوع این مقاله تعیین مکان، ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پست های فوق توزیع در طول یک دوره برنامه ریزی بلند مدت می باشد. در این مقاله سه روش برای برنامه ریزی بلند مدت مورد استفاده قرار گرفته اند که به ترتیب روش استاتیکی، روش پی در پی و روش شبه پویا می باشد. و همچنین روش بهینه سازی استفاده شده در این مقاله الگوریتم ژنتیک می باشد که نویسندگان با استفاده از ساختار کروموزوم جدیدی به حل مسئله پرداخته اند.

در [۱۳] ازالگوریتم ژنتیک و از کاندید یابی با استفاده ازروش خوشه سازی که یک الگوریتم ابتکاری است استفاده شده است. در این مقاله روش جدید جهت برنامه ریزی توسعه پست ها معرفی شده که در آن ابتدا با استفاده از یک روش خوشه سازی ریاضی لیستی از کاندیداهای مناسب تعیین می شود. محدودیت های منظور شده در این بخش شامل ظرفیت پست ها، ظرفیت فیدرها ومحدوده مجاز ولتاژ است. سپس الگوریتم ژنتیک جهت حل مسئله بهینه سازی و تعیین مکان وظرفیت پست ها به کار می رود.

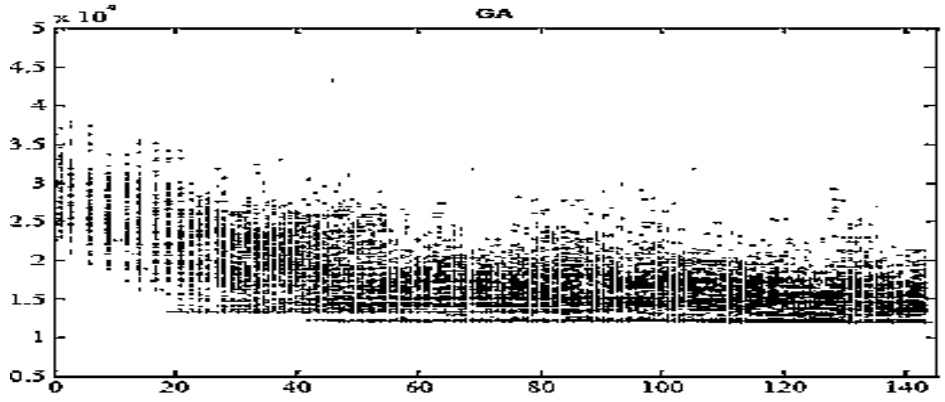
در [۱۴] تابع هدف پیشنهادی و قیود مرتبط با آن، یک مسئله بهینه سازی را تشکیل می دهد که توسط ترکیب الگوریتم ژنتیک و یک برنامه ریزی خطی(LP[۱]) حل شده است تاثیر حضور منبع تولید پراکنده به عنوان گزینه ای دیگر جهت تامین توان مورد نیاز سیستم روی برنامه ریزی و توسعه توام پستها وخطوط فوق توزیع در قالب ریاضی مدل سازی و بررسی شده است. در مدل ریاضی تابع هدف مسئله انواع هزینه های ثابت و متغیر طرح فرمول بندی شده است. همچنین محدودیت های مرتبط با شبکه و بهره برداری از پست ها و منبع تولید پراکنده در مدل سازی منظور شده است. از مدل و روشهای پیشنهادی میتوان در تعیین تعداد، مکان، ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پست ها در کنار منابع تولید پراکنده استفاده نمود.

در [۱۵] یوسفی [۲]وهمکارانش از الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و روش ترکیبی الگوریتم مورچگان و ژنتیک که برای حل مسئله پیشنهاد شده است استفاده و آنها را مقایسه می کنند ونتایج با برنامه ریزی جدا گانه پست ها وشبکه فوق توزیع روی یک شبکه نمونه مقایسه می شود. در مسئله توسعه پست و شبکه فوق توزیع با بررسی جمعیت جواب ها ، طبق شکل ۲-۲ مشخص می شود الگوریتم ژنتیک دارای پراکندگی بیشترجمعیتی نسبت به الگوریتم مورچگان است و این برای پیداکردن جواب بهتر، مناسب می باشد. ولی در عوض سرعت بهبود متوسط جمعیت جوابها به سمت جواب بهینه در این الگوریتم کم است و این باعث می شود که شاید جواب ها به سمت جواب بهینه مطلق همگرا نشود. و همانطور که در شکل ۲-۳ مشخص است الگوریتم مورچگان دارای پراکندگی جمعیتی کم است وجمعیت جواب ها زود همگرا می شوند ولی در عوض سرعت میل جواب هابه سمت جواب بهینه، بالا است. این درست همان چیزی است که فکرترکیب این دو الگوریتم و ایجاد بهبود عملکرد جمعیت جواب ها و درنتیجه بهترشدن جواب ها را باعث می شود. که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.

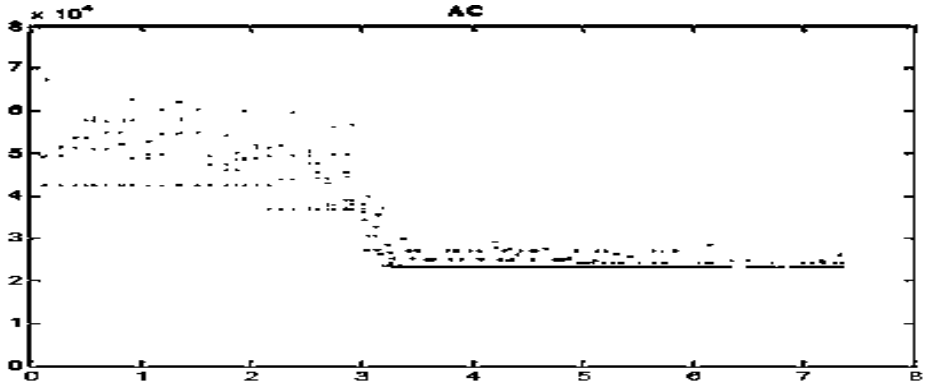
---

[۱] Linear programming

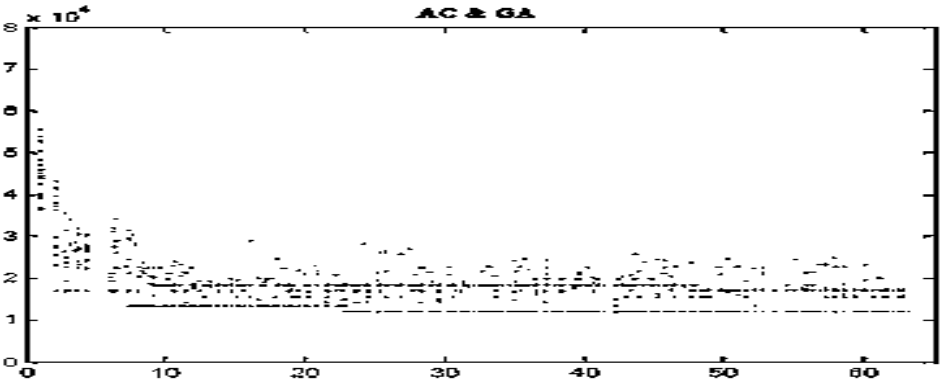
[۲] yousefi



شکل ۲–۲ چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها نسبت به زمان درالگوریتم ژنتیک [۱۵].



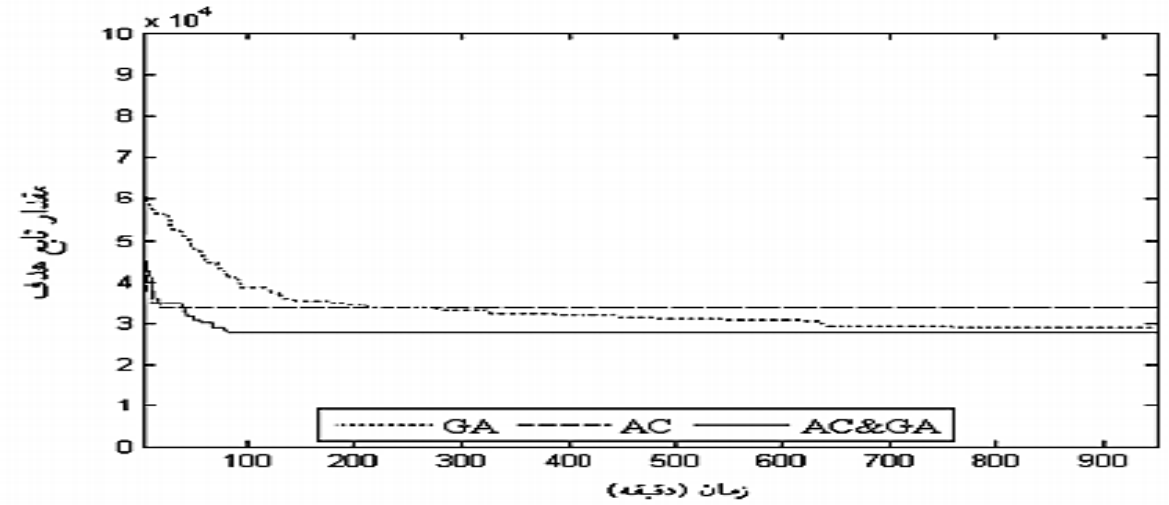
شکل ۲–۳ چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها نسبت به زمان در الگوریتم مورچگان [۱۵].



شکل ۲–۴ چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها نسبت به زمان در الگوریتم ترکیبی ژنتیک و مورچگان [۱۵].

زمان (دقیقه)

در شکل ۲-۵ مشاهده می شود که الگوریتم مورچگان زودتر از همه به جواب همگرا می شود، (یعنی در ۱۷ دقیقه)، ولی جواب بدست آمده از این الگوریتم نسبت به دو الگوریتم دیگر بدترمی باشد. از طرفی مشاهده می شود الگوریتم ژنتیک در زمانی در حدود ۲۲۰ دقیقه به جواب بدست آمده از الگوریتم مورچگان می رسد و در زمانی معادل ۷۶۰ دقیقه به جواب نهایی می رسد که این جواب از جواب الگوریتم مورچگان بهتر واز جواب الگوریتم ترکیب ژنتیک ومورچگان بدتر است.



شکل ۲–۵ جواب بدست آمده از اجرای الگوریتم ژنتیک، مورچگان و ترکیب این دو الگوریتم [۱۵]

همان طور که در شکل بالا ملاحظه می کنید الگوریتم ترکیبی مورچگان و ژنتیک توانایی بیشتری درپیداکردن جواب بهینه مسئله دارند .

فصل سوم

الگوریتم های پیشنهادی برای طراحی سیستم توزیع

۳-۱ - مقدمه

امروزه با بزرگتر شدن مسائل واهمیت یافتن سرعت رسیدن به پاسخ وعدم پاسخگویی روشهای کلاسیک از روش های بهینه سازی مبتنی بر هوش دسته جمعی استقبال بیشتری می شود. تقریبا در تمامی این روشها، که بدون استثناء با الهام گیری از سیستمهای بیولوژیکی و فیزیکی موجودات در طبیعت به وجود آمده اند، تعدادی زیادی ذره در فضای مسئله پخش شده و به طور همزمان به دنبال جواب بهینه سراسری می گردند. همانند طبیعت، در اینجا نیز هر یک از این ذرات از هوش فردی بسیار کم و محدودی برخوردار هستند ولی به خاطر وجود یک همکاری دقیق دسته جمعی و تبادل اطلاعات بین اعضا، این مجموعه از ذرات، موفق به یافتن جواب بهینه (سراسری) می شوند.

به طور خلاصه روشهای بهینه سازی استفاده شده برای طراحی سیستم توزیع، در نقاط زیر با یکدیگر اشتراک دارند [۱۶].

- روش های بهینه سازی مبتنی بر هوش دسته جمعی اساساً برای حل مسائلی با فضای جستجوی بسیار بزرگ ابداع شده اند که این بزرگ بودن فضای جستجو معمولا ناشی از بزرگ بودن بعد مسئله بهینه سازی است .
- جوابهای بدست آمده از همه این روشها به نوعی ماهیت احتمالاتی دارند، یعنی اجرای دوباره یک برنامه بهینه سازی از این دست ممکن است منجر به نتیجه متفاوت از نتیجه بدست آمده در اجرای قبلی آن گردد. در واقع همه الگوریتم های بهینه سازی استفاده شده در این پایان نامه نوعی جستجوی تصادفی حافظه دار را ارائه می کنند که در آن، عمل جستجو به طور تصادفی در اطراف جواب های بدست آمده در مرحله قبل انجام می شود.

- یکی دیگر از نقاط اشتراک روشهای بهینه سازی مورد بحث، در توانایی آنها برای گریز از نقاط بهینه محلی است. در واقع تمام الگوریتم های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت مدعی گریز از جواب های بهینه محلی و یافتن جوابهای بهینه سراسری هستند.
- بر خلاف روشهای بهینه سازی عددی کلاسیک که در آنها تنها از یک نقطه برای جستجوی کل دامنه مسئله استفاده می شود در الگوریتم های بهینه سازی مبتنی بر هوش دسته جمعی از بیش از یک نقطه برای شروع عملیات جستجو استفاده می شود. یکی از محاسن استفاده از چند نقطه به جای یک نقطه برای عملیات جستجو کاهش چشمگیر احتمال گیر افتادن الگوریتم در نقطه بهینه محلی است.
- بر خلاف بیشتر روشهای بهینه سازی عددی کلاسیک که در آنها از گرادیان تابع هزینه برای یافتن جواب بهینه استفاده می شود، الگوریتم های بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت تنها از خود تابع هزینه (و نه مشتق آن) برای بدست آوردن جواب بهینه استفاده می کنند. به همین دلیل از این روشها میتوان برای حل مسائلی که در آنها تابع هدف ناپیوسته و یا مشتق ناپذیر است نیز استفاده می شود.

۳-۲ – مقدمه ای بر رفتار پرندگان وایده اولیه pso

PSO یک تکنیک بهینه سازی مبتنی بر قوانین احتمال است که ایده ی آن توسط دکتر راسل ابر هارت دانشمند علوم کامپیوتر و دکتر جیمز کندی روانشناس مسائل اجتماعی در سال ۱۹۹۵ توسعه یافت و از رفتار اجتماعی پرندگان در حین جستجوی غذا برای هدایت جمعیت به منطقه امید بخش در فضای جستجو استفاده می کنند. پرندگان تنها با تنظیم حرکت فیزیکی خود با اجتناب از تصادم به دنبال غذا می گردند وبطور تئوری حداقل هر پرنده بعنوان یکی از اعضاء گروه از تجربه قبلی خود و یافته های سایر اعضاء برای

یافتن غذا بهره می برد و این مشارکت یک مزیت قطعی بر جستجوی رقابتی برای یافتن غذای توزیع شده است. پایه اصلی نظریه PSO همین تسهیم اطلاعات بین اعضاء یک گروه است [۱۷].

میتوان این فرایند را بدین شکل تعریف کرد که یک گروه از پرندگان به صورت تصادفی در یک منطقه به دنبال غذا می گردند و تنها دریک قسمت از فضای جستجو, غذا وجود دارد. هیچکدام از پرندگان از مکان غذا اطلاعی ندارند اما میزان فاصله خود تا غذا را در هر مرحله ازجستجو می دانند اکنون این سوال مطرح می شود که بهترین تدبیر برای رسیدن به غذا چیست؟ شاید مهمترین استراتژی این باشد که پرندگان به دنبال پرنده ای حرکت کنند که نزدیکترین فاصله را تا غذا دارد.

PSO با استفاده از این سناریو, آنرا در حل مسائل بهینه سازی به کار می برد. در PSO هر جواب مسئله, موقیعت یک پرنده در فضای جستجو است که از این به بعد آنرا ذره می نامیم. تمام ذره ها دارای یک مقدار شایستگی هستند که توسط تابع شایستگی که باید بهینه شود بدست می آیند و پرنده ای به غذا نزدیکتر است که شایستگی بیشتری دارد و همچنین هر ذره یک سرعت دارد که مسیر حرکت هر ذره را بسوی ذره بهینه فعلی هدایت می کند. جمعیت PSO، شامل تمام ذره هاست که swarm (گروه) نامگذاری شده است ونهادن اسم Particle Swarm Optimization بر این الگوریتم از اینجا الهام گرفته شده است.

۳-۳ - الگوریتم PSO

الگوریتم PSO با یک گروه از جوابهای تصادفی شروع به کار می کند, سپس برای یافتن جواب بهینه در فضای مسئله با به روز کردن نسلها به جستجو می پردازد. هر ذره به صورت چند بعدی(بسته به طبیعت مسئله) با بردار $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{iD})$ نمایش داده می شود و با دو مقدار X_{id} و V_{id} که به ترتیب معرف وضیعت مکانی و سرعت مربوط به بعد d ام از i امین ذره هستند, تعریف می شود.

و همچنین درهرمرحله از حرکت جمعیت, هر ذره با دو مقدار بهترین به روز می شود. اولین مقدار, بهترین مقدار از نظر شایستگی است که تا کنون که برای هر ذره بطور جداگانه بدست آمده است (مقدار شایستگی باید ذخیره شود) این مقدار p-best نامیده می شود. مقدار ارزیابی تابع معیار برای هر ذره (Pbest) در بردار ($P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \ldots, P_{iD})$ ذخیره می شود.

مقدار بهترین دیگری که توسط PSO بدست می آید, بهترین مقداراست که تا کنون توسط تمام ذره ها در میان جمعیت بدست آمده است این مقدار بهترین کلی است و g-best نام دارد(مقدار شایستگی باید ذخیره شود). بعد از یافتن دو مقدار p-best و g-best هر ذره سرعت ومکان جدید خود را طبق روابط (۳-۱) و (۳-۲) به روز می کند. سرعت ذره i ام با بردار $V_i=(V_{i1}, V_{i2}, \ldots, V_{iD})$ نمایش داده می شود .

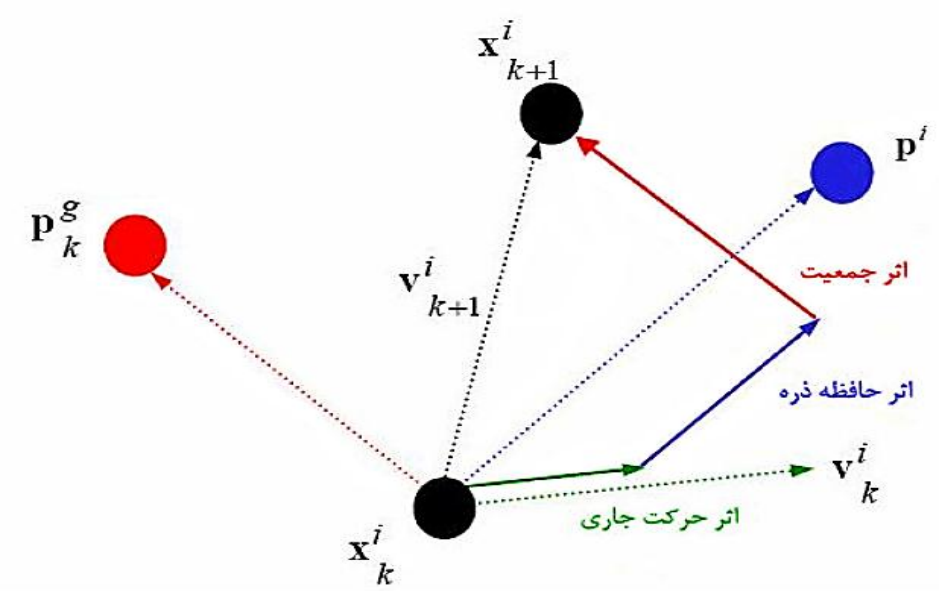
$$v_{i,d}^{k+1} = v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) \qquad (۳-۱)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1} \qquad (۳-۲)$$

که دربالا C_1 و C_2 عوامل یادگیری فردی واجتماعی می باشند که به آنها ضرایب شتاب نیز گفته می شود r_1 و r_2 یک عدد تصادفی در بازه (۰ و ۱) است.

معادله (۳-۱) شامل سه جمله می باشد که جمله اول آن به جهت حرکت فعلی ذره توجه دارد. جمله دوم و سوم برای تنظیم جهت جستجوی ذره به کار می روند و در واقع جمله دوم سعی می کند که جهت جستجو را متوجه بهترین موقعیت دیده شده توسط هر ذره بکند در حالی که جمله سوم بر آن است تا جهت جستجو را متوجه بهترین موقعیت دیده شده توسط تمامی ذرات تا تکرار فعلی بنماید. در نهایت جهت حرکت ذره توسط

برآیند این سه مولفه مشخص می شود. وجود این دو جمله باعث می شود که ذرات به تدریج به سمت بهترین مکان های دیده شده حرکت کنند و مقدار بهینه کلی را بیابند. در شکل (۳-۱) چگونگی حرکت هر ذره در فضای جستجوی مسئله را نشان می دهد.



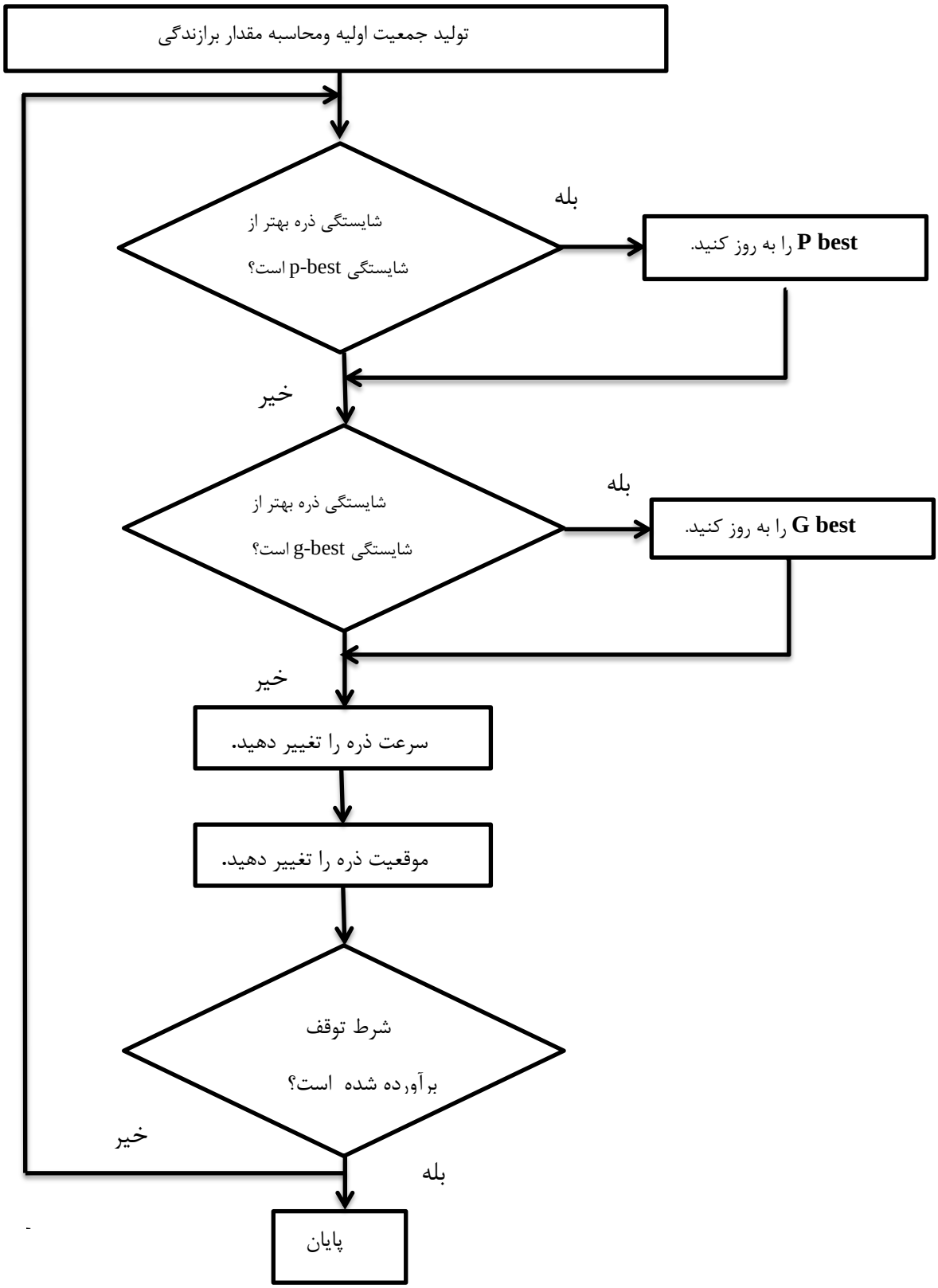
شکل ۳–۱ به روز شدن سرعت و موقعیت ذره

در صفحه بعد فلوچارت الگوریتم اجتماع ذرات (PSO)[1] را نشان می‌دهد.

C_1 : این کمیت باعث می شود که ذره به سمت بهترین نقطه ای که خود و همسایگانش پیدا کرده اند، حرکت کند .این ضریب، به عنوان ضریب تحریک به کار میرود .

C_2 : این ضریب که با عنوان ضریب تحریک نیز به کار می رود، باعث می شود که ذره به سمت بهترین نقطه ای که ذرات تا به حال کسب کرده اند حرکت کند..

[1] Particle Swarm Optimization



شکل ۳–۲ فلوچارت الگوریتم PSO

۳-۴ - الگوریتم اجتماع ذرات اصلاح شده

در معادله (۳-۱) اگر جملات دوم و سوم حضور نداشته باشند ذرات در یک جهت خاص و با سرعت فعلی به حرکت ادامه داده تا متغیرهای طراحی ازمرزهایشان عبور کنند. در این مورد خاص، راه حل قابل قبول تنها زمانی بدست می آید که در مسیر پرواز ذرات قرار داشته باشد که البته وجود چنین حالتی بسیار نادر است. از سوی دیگر بدون حضور جمله اول در معادله (۳-۱) فضای جستجوی ذرات در طی تکرا رهای متوالی کاهش می یابد وجستجوی الگوریتم شبیه یک جستجوی محلی می شود که در آن ذرات بیشتر تمایل دارند بهترین منطقه یافت شده را جستجو کنند تا به جستجوی مناطق جدید بپردازند. در این حالت جواب نهایی بدست آمده به مقدار زیادی به جمعیت اولیه بستگی دارد. وجود جمله اول باعث توسعه دادن فضای جستجوی ذرات و کسب توانایی جستجوی مناطق جدید فضای جستجو می شود و ذرات را به جستجوی کلی فضای مسئله سوق می دهد. هر دو نوع جستجوی کلی و محلی در رویارویی با مسائل مختلف موثر و مفید هستند اما وجود موازنه ای بین این دو جستجو موجب می شود تا الگوریتم جوابهای قابل قبول تری بدست آورد. با توجه به مسائل ذکر شده در سال 1998پارامتری به نام وزن اینرسی به الگوریتم اضافه کردند و شکل جدید معادله (۳-۱) را به صورت زیر بازنویسی کردند:

$$v_{i,d}^{k+1} = w^{t} \times v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) \qquad (۳-۳)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1} \qquad (۳-۴)$$

در رابطه فوق وزن اینرسی، نقش متعادل کننده جستجوی محلی و کلی را به عهده دارد. می تواند ثابتی مثبت و یا حتی تابعی خطی یا غیر خطی از زمان باشد. با توجه به آنچه گفته شد هر چه مقدار این پارامتر بزرگتر باشد وابستگی جواب نهایی به جامعه اولیه کمتر شده و الگوریتم توانایی بیشتری در یافتن مناطق جدید دارد. از

سوی دیگر اگر مقدار آن کوچک باشد ذرات تحت تاثیر بهترین های فردی واجتماعی خواهند بود و الگوریتم تمایل بیشتری به جستجوی مناطق خوب یافته شده را دارد. به طور کلی برای هر الگوریتم جستجو، ایده خوبی به نظر می رسد که الگوریتم در مراحل اولیه مناطق مختلف فضای جستجو را به منظور یافتن مناطق خوب جستجو کند و در تکرارهای آخر منطقه خوب یافته شده را برای یافتن بهترین جواب ها مورد بررسی قرار دهد با این استدلال (Eberhart& Shi) استفاده از وزن اینرسی با کاهش خطی در طول زمان را پیشنهاد کردند. نتایج بررسی های مختلف انجام شده توسط آنها نشان داد که این ایده عملکرد الگوریتم اجتماع ذرات را به مراتب بالا خواهد برد [۱۸].

اگر چه الگوریتم PSO در برخی از مسائل با نشان دادن همگرایی بالا توانسته به جواب مطلوب دست یابد ولی با این حال به دلیل نداشتن یک مکانیزم کنترل سرعت در برخی از مسائل خاص نتوانسته به جواب مطلوب دست پیدا می کند. وزن اینرسی بزرگ اکتشاف را آسان می کند ولی باعث می شود زمان زیادی طول بکشد که ذره همگرا شود. در مقابل، وزن اینرسی کوچک باعث می شود ذره به سرعت همگرا شود، اما گاهی منجر به بهینه محلی می شود. از این رو وزن اینرسی خطی و غیر خطی در این پایان نامه استفاده شده است. در زیر به چند مکانیزم کنترل سرعت اشاره شده است.

۳-۵ - الگوریتم **LDW[۱]-PSO**

اولین مکانیزم LDW-PSO می باشد که وزن اینرسی(w) را به صورت خطی بیان می کند. و همانطور که مشاهده می شود دو رابطه (۳-۳) و (۳-۴) دوباره تکرار شده و فقط وزن اینرسی (w) به صورت معادله (۳-۵) تغییر کرده است [۱۹].

[۱] Linearly Decreasing Inertia Weight PSO

$$v_{i,d}^{k+1} = w^{t} \times v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1}$$

$$w^{t} = w_{\min} + \frac{iter_{\max} - t}{iter_{\max}}.(w_{\max} - w_{\min}) \qquad (۵-۳)$$

$Iter_{max}$ حداکثر تعداد تکرار می باشد و t هم تعداد تکرار فعلی می باشد.

۳-۶ - الگوریتم NDW[۱]-PSO

در دومین مکانیزم بیان شده یعنی NDW-PSO، وزن اینرسی به صورت غیر خطی به شکل زیر بیان می شود. که دو رابطه (۳-۳) و (۳-۴) دوباره تکرار شده و فقط وزن اینرسی (w) به صورت معادله (۳-۶) تغییر می کند و اندیس n نشان دهنده غیر خطی بودن معادله می باشد که برابر ۱.۲ انتخاب می شود[۱۹].

$$v_{i,d}^{k+1} = w^{t} \times v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1}$$

$$w^{t} = w_{\min} + \left(\frac{iter_{\max} - iter}{iter_{\max}}\right)^{n}.(w_{\max} - w_{\min}) \qquad (۶-۳)$$

۳-۷ - الگوریتم DIW[۲]-PSO

در سومین مکانیزم که DIW-PSO نامیده می شود وزن اینرسی به صورت پویا بیان شده است . و همانطور

[۱] Nonlinear Inertia Weight PSO
[۲] Dynamic Inertia Weight PSO

که مشاهده می شود دو رابطه (۳-۳) و (۳-۴) دوباره تکرار شده و فقط وزن اینرسی(w) به صورت معادله (۳-۷) تغییر می کند [۱۹]

$$v_{i,d}^{k+1} = w^{t} \times v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1}$$

$$w^{t} = v \times u^{-t} \qquad (۳-۷)$$

اندیس v عددی بین (0,1] انتخاب می شود و اندیس u مطلق به عددی بین [1.0001 , 1.005] می باشد.

۳-۸ - الگوریتم IPSO[۱]

معادله چهارمین مکانیزم بیان شده برای بهبود سرعت الگوریتم PSO که به اختصار IPSO نامیده می شود به صورت زیر بیان می شود. و همانطور که مشاهده می شود دو رابطه (۳-۳) و (۳-۴) دوباره تکرار شده و فقط وزن اینرسی (w) به صورت معادله (۳-۸) تغییر می کند[۲۰].

$$v_{i,d}^{k+1} = w^{t} \times v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1}$$

$$w^{t} = \frac{1}{1 + e^{\left[1-\alpha * F(G_t)^n\right]}} \qquad (۳-۸)$$

$$\alpha = \frac{1}{F(G_t)} \qquad (۳-۱)$$

[۱] Improved Particle Swarm Optimization

در معادله (۳-۹)، $F(G_t)$ مقدار بهترین ذره در هر تکرار می باشد و n عددی ثابت فرض می شود.

۳-۹ - الگوریتم اجتماع ذرات با ضریب انقباض(HPSO)

در سال۲۰۰۲ (Clerc & Kennedy) الگوریتمی با عنوان الگوریتم اجتماع ذرات با ضریب انقباض[۲۱] ارئه دادند، در این الگوریتم معادله (۱-۳) به صورت معادله (۳-۱۰) باز نویسی می شود:

$$v_{i,d}^{k+1} = \lambda \times v_{i,d}^{k} + c_1.r_1\left(pbest_{i,d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) + c_2.r_2\left(gbest_{d}^{k} - \chi_{i,d}^{k}\right) \qquad (۲-۳)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1} \qquad (۳-۳)$$

که در رابطه بالا λ ضریب انقباض نام دارد و از معادله زیر بدست میاید:

$$\lambda = \frac{2k}{\left|2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}\right|} \qquad (۴-۳)$$

$$c_1 = \lambda \times \varphi_1 \quad \text{و} \quad c_2 = \lambda \times \varphi_2$$

در رابطه (۳-۱۲) متغیر k میتواند در دامنه [0,1] تغییر کند، هنگامی که k برابر ۱ است همگرایی الگوریتم به اندازه کافی آرام رخ می دهد و اجازه جستجوی کامل به ذره داده می شود. مقدار$\varphi = \varphi_1+\varphi_2$ باید بزگتر از ۴ باشد افزایشφ اثرات همگرایی شدید الگوریتم را به دنبال دارد بدین منظور مقدار آن برابر۴.۱ انتخاب شده است. با قرار دادن مقادیر φ و k پیشنهادی مقدار λ برابر با ۰.۷۲۹ می شود. از ویژگی های بارز این الگوریتم می توان به تغییر فاز جستجوی الگوریتم از جستجوی کلی به محلی و بالعکس بسته به فاصله بین بهترین موقعیت های فردی و اجتماعی ذرات اشاره کرد. در این الگوریتم هر ذره به سمت میانگین وزنی تصادفی بهترین موقعیت دیده شده توسط خودش و بهترین موقعیت دیده شده اجتماع حرکت می کند. اگر این ۲ نقطه به هم نزدیک باشند، آنگاه ذره اطراف یک مرکز واحد نوسان می کند و سر انجام به ناحیه بین این ۲ همگرا می شود. از طرفی اگر این ۲ نقطه از هم دور باشند آنگاه نوسان های ذره عریض باقی می ماند [۲۲].

۳-۱۰ الگوریتم IBPSO[۱]

الگوریتم دیگری که در این پایان نامه انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته است الگوریتم بهبود یافته باینری اجتماع ذرات (IBPSO) می باشد.

یانبین[۲] و همکاران، برای بالا بردن قابلیت الگوریتم PSO الگوریتمی مبتنی بر الگوریتم PSO پیشنهاد نموده اند که در رابطه های (۳-۱۳) و (۳-۱۴) نشان داده شده است[۲۳]. در مقاله مذکور از الگوریتم بهبود یافته باینری اجتماع ذرات برای حل مسئله استفاده شده و با الگوریتم های دیگر مقایسه می شود.

در الگوریتم IBPSO کدگذاری به صورت دودویی انجام می شود. و همچنین نتایج بدست آمده از این روش نشان می دهد که روش پیشنهادی در کمترین زمان و با کمترین هزینه به جواب مطلوب رسیده است.

$$v_{i,d}^{k+1} = \omega_1 \otimes \left(pbest_{i,d}^{k} \oplus \chi_{i,d}^{k} \right) + \omega_2 \otimes \left(gbest_{d}^{k} \oplus \chi_{i,d}^{k} \right) \qquad (۵-۳)$$

$$\chi_{i,d}^{k+1} = \chi_{i,d}^{k} + v_{i,d}^{k+1} \qquad (۶-۳)$$

در فرمول بالا علامت $\oplus$ نشان دهنده عملگر ((XOR)) وعلامت $\otimes$ نشان دهنده عملگر((AND)) و همچنین علامت + نشان دهنده عملگر ((OR)) می باشد.

ω_1 و ω_2 دو عدد باینری انتخابی هستند که اعداد به طور یکنواخت در محدوده [0,1] توزیع شده اند.

---

[۱] Improved Binary Particle Swarm Optimization

[۲] Yanbin

۳-۱۱ مزیتهای PSO در قیاس با سایر الگوریتم های جستجو

اکثر تکنیکهای تکاملی روند زیر را دنبال می کنند:

۱- شروع به کار با یک جمعیت تصادفی اولیه

۲- محاسبه مقدار شایستگی برای هر جزء

۳- تولید مجدد جمعیت بر اساس مقادیر شایستگی

۴- اگرنیاز برآورده نشده باشد همین روند را از مرحله ۲ تکرار می شود.

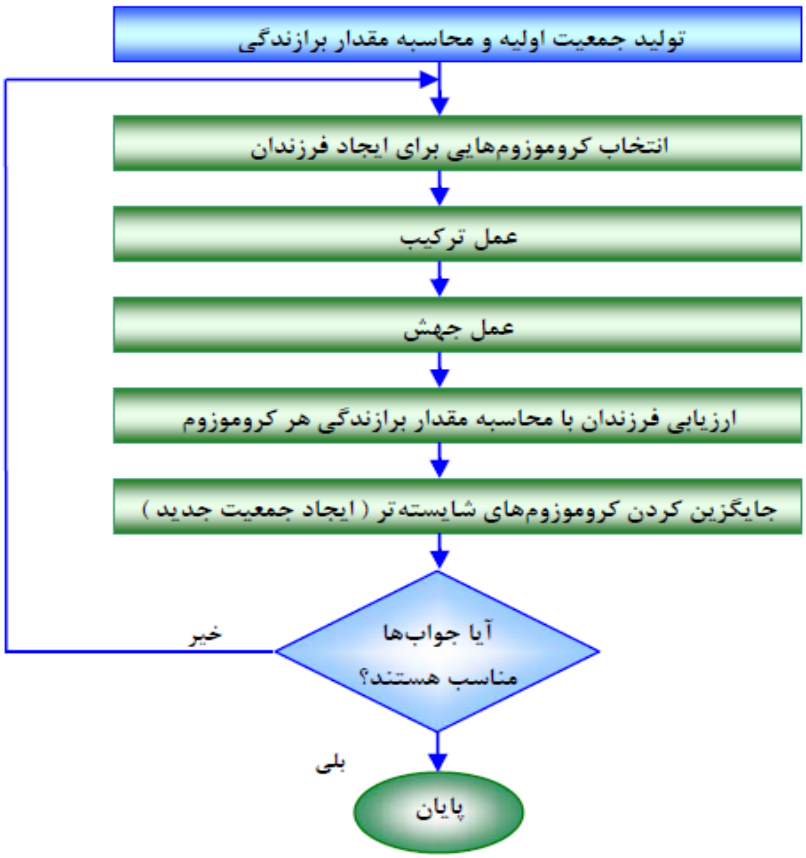
همانطور که مشاهده می شود PSO نقاط مشترک زیادی با دیگر الگوریتم ها درطی این فرایند مشابه دارد, اما وجود یکسری تفاوت ها آن را از سایر روشها متمایز کرده است. اول آنکه پیاده سازی آن ساده بوده دوم این سادگی موجب بالا رفتن سرعت در محاسبات و رسیدن سریع به جواب دلخواه با حجم کم حافظه می شود[9].

۳-۱۲ - الگوریتم ژنتیک [۱](GA)

الگوریتم های ژنتیکی بر اساس نظریه تکاملی داروین می باشند و جواب مثالی که از طریق الگوریتم ژنتیک حل می شود رفته رفته بهبود می یابد. الگوریتم ژنتیک با یک مجموعه از جواب ها که از طریق کروموزوم ها نشان داده می شوند شروع می شود. این مجموعه جواب ها جمعیت اولیه نام دارد. در این الگوریتم جوابهای حاصل از یک جمعیت برای تولید جمعیت بعدی استفاده می شوند. در این فرآیند امید است که جمعیت جدید نسبت به جمعیت قبلی بهتر باشد. انتخاب بعضی از جوابها از میان کل جوابها (والدین) به منظور ایجاد جوابهای جدید یا همان فرزندان بر اساس میزان برازندگی آنها می باشد. طبیعی است که جوابهای مناسب تر شانس بیشتری برای

[۱] Genetic Algorithm

تولید مجدد داشته باشند. این فرآیند تا برقراری شرطی که تعیین شده است (مانند تعداد تکرار یا میزان بهبود جواب) ادامه پیدا می کند. معرفی کامل الگوریتم ژنتیک و تعاریف مقدماتی در مورد الگوریتم ژنتیک در پیوست آورده شده است. ساختار کلی الگوریتم ژنتیک ارایه شده به صورت شکل زیر می باشد.



شکل ۳–۳ فلوچارت الگوریتم ژنتیک

همانطور که در روند اجرای الگوریتم مشاهده می شود الگوریتم ژنتیک دارای دو عملگر تقاطع[۱] و جهش[۲] می باشد.

[۱] Crossover
[۲] Mutation

۳-۱۲-۱ تقاطع

این عملگر روی دو به دوی والدین انجام می پذیرد و با انتخاب نقطه ای تصادفی به عنوان نقطه شکست دو والدین از این نقطه شکسته و به صورتی که در شکل زیر نشان داده شده است باهم ترکیب شده و دو فرزند جدید می سازند.

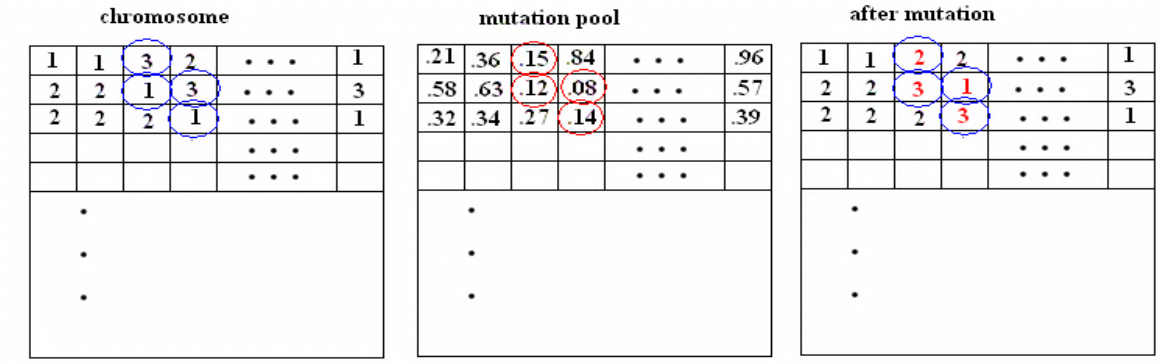
شکل ۳–۴ ترکیب تک نقطه ای دو کروموزوم

۳-۱۲-۲ عملگرجهش

برای اعمال این عملگر ابتدا یک استخر جهش[۱] ایجاد می شود بطوریکه تعداد سطر و ستون آن با تعداد سطر و ستون جمعیت مربوط به کروموزوم ها برابر باشد. درایه های این استخر عددی تصادفی بین صفر و یک می باشند. در این عملگر یک پارامتر احتمال وقوع جهش در نظر گرفته می شود مثلاً در مثال زیر پارامتر احتمال وقوع جهش ۰.۲ در نظر گرفته شده است درصورتیکه هر یک از درایه های استخر جهش کوچکتر از این عدد باشند عملگر جهش روی آنها اعمال می شود در غیر اینصورت تغییری در عدد موجود ایجاد نمی شود. در عملگر جهش عدد موجود در کروموزوم، متناظر با موقعیت عددی که در استخر جهش است و در شرایط اعمال عملگر جهش می گنجد به عددی بین $[m_1,m_2]$ (به صورت تصادفی) تغییر مقدار داده می شود. در عملگر جهش پارامتر احتمال وقوع جهش برابر با ۰.۲ در نظر گرفته شده است.

---

[۱] Mutatin pool



شکل ۳–۵ نحوه انجام عمل جهش

۳-۱۳ الگوریتم H-GA-PSO[1]

از آنجا که الگوریتم ژنتیک دارای پراکندگی بیشتر جمعیتی نسبت به الگوریتم اجتماع ذرات (PSO) است و این برای پیداکردن جواب بهتر، مناسب می باشد. ولی در عوض سرعت بهبود متوسط جمعیت جوابها به سمت جواب بهینه در این الگوریتم کم است و این باعث می شود که شاید جواب ها به سمت جواب بهینه مطلق همگرا نشود. این در حالی است که الگوریتم اجتماع ذرات دارای پراکندگی جمعیتی کم است وجمعیت جواب ها زود همگرا می شوند ولی در عوض سرعت میل جواب ها به سمت جواب بهینه، بالا است. این درست همان چیزی است که فکرترکیب این دو الگوریتم و ایجاد بهبود عملکرد جمعیت جواب ها و درنتیجه بهترشدن جواب ها را باعث می شود. لذا در این روش، در ابتدا از الگوریتم ژنتیک که دارای پراکندگی زیادی نسبت به الگوریتم اجتماع ذرات است استفاده شده وبعد از آن از الگوریتم اجتماع ذرات برای سرعت بخشیدن به همگرایی استفاده شده است و ما با ترکیب الگوریتم اجتماع ذرات و الگوریتم ژنتیک سعی کرده ایم به نحوی از این خصوصیت متضاد در این دو الگوریتم استفاده کنیم.

[1] Hybrid-GA-Pso

فصل چهارم

شبیه‌سازی و تحلیل نتایج

۴-۱ - مقدمه

آنچه در فصل های قبل مورد بررسی قرار گرفت، بیان برخی اصول و مبانی طراحی سیستم توزیع، روش های انجام شده در زمینه جایابی پست های توزیع و فوق توزیع و بیان شرح الگوریتم های پیشنهادی برای طراحی سیستم توزیع بوده است. در این فصل به بیان تابع هدف مورد استفاده که شامل هزینه احداث پست، هزینه افت ولتاژ، هزینه افت توان، با قیودی چون ضریب بهره برداری برای ترانسفورمرها و منظور کردن منطقه ممنوعه برای احداث پست بر اساس روشهای حل بهینه سازی مبتنی برالگوریتم هایی چون ژنتیک (GA)، الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات ،الگوریتم بهبود یافته باینری اجتماع ذرات(IBPSO) و غیره می پردازیم.

۴-۲ - مدلسازی مسئله

هدف اساسی و مهم موضوع این تحقیق تعیین مکان، ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پست های فوق توزیع در طول یک دوره زمانی ۳ ساله با استفاده از الگوریتم های اکتشافی می باشد.

در ابتدا فرض بر این است که محدوده جغرافیایی خاصی که منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهد، وجود داشته است. منطقه مورد مطالعه به نواحی کوچکتری تقسیم می شود که بار مصرفی کاندید در مرکز ثقل بار آن در نظر گرفته شده است.

پس از این که مقدار بارها و همچنین موقعیت جغرافیایی بارهای کاندید مشخص شد باید موقعیت جغرافیایی بارهای موجود و موقعیت جغرافیایی پست های فوق توزیع موجود مشخص شوند وسپس هزینه های مربوط به قیمت احداث پست های فوق توزیع که این بخش از تابع هدف شامل هزینه خرید زمین پست ها، هزینه تجهیزات پست ها و هزینه ترانسفورماتور می باشد طبق ظرفیت های استاندارد موجود برای پست های فوق توزیع مشخص می شوند. با توجه به مطالب بالا در ادامه، به چگونگی تشکیل تابع هدف می پردازیم.

۴-۲-۱ - تابع هدف و قیود حاکم بر مسئله

همانطور که در فصل های قبل اشاره شد مقالات از دیدگاههای مختلف به طراحی سیستم توزیع پرداخته اند، یکی از آن موارد توابع هدف وقیود متنوعی که برای مسئله طراحی سیستم توزیع بیان کرده اند بوده است، که عموما شامل هزینه احداث و هزینه مربوط به تلفات انرژی می باشند.

در این تحقیق از تابع هدف موجود در مقاله[۵ ، ۸]استفاده شده، و از آنجا که ارزیابی اقتصادی مبتنی بر مقایسه ارزش کنونی طرح ها انجام می شود هزینه های ثابت اولیه بدون تغییر در تابع هدف وارد شده است اما هزینه های جاری در دوره مطالعه به صورت معادل ارزش کنونی در تابع هزینه منظور می گردند. تابع هدف و قیود مسئله بصورت زیر بیان می شود:

$$Min\ F = K_c \sum_{i=1}^{m} C_{s,i}(P_{s,i}) + K_v * PW^{t} \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} L_{ij} S_{ij} + K_l * PW^{t} \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} L_{ij} S_{ij}^{2} \qquad (۱-۴)$$

$$\text{s.t} \quad \sum W_j \le S_i.e(S_i) \qquad i = 1, 2, 3 \ldots m \qquad (۲-۴)$$

درحالی که روابط زیر برقرار است:

$$PW = \frac{1 + Infr}{1 + Intr} \qquad (۳-۴)$$

$$L_{ij}^2 = (X_i - X_j)^2 + (Y_i - X_j)^2 \qquad (۴-۴)$$

m: مجموع ای از پست های کاندید

n: مجموع نقاط بار کاندید

L_{ij}: فاصله نقطه بار j ام از پست i ام

S_{ij}: میزان توان نقطه بار j ام متصل به پست i ام

$C_{s,i}(P_{s,i})$: هزینه احداث هر پست با توجه به میزان توان آن

K_c: ضریب وزنی وابسته به هزینه خرید زمین پست، تجهیزات پست و هزینه ترانسفورماتور می باشد.

K_v: ضریب وزنی وابسته به هزینه انتقال توان(متناسب با شاخص افت ولتاژ)

K_l: ضریب وزنی وابسته به هزینه اتلاف انرژی

$Infr$: نرخ تورم[۱]

$Intr$: نرخ بهره[۲]

t: سال افق برنامه ریزی می باشد.

$e(S_i)$: ضریب بهره برداری از ترانسفورماتور پستi ام

W_j: دامنه بار نقطه بار jام

(X_i, Y_i): مختصات مکان بهینه پست i ام

(X_j, Y_j): مختصات مکان بهینه بار j ام

[۱] Inflation rate

[۲] Interest rate

شاخص حاصلضرب فاصله در مقدار بار ناشی از این واقعیت است که بارها باید از نزدیکترین پست تغذیه شوند. همچنین از آنجائیکه می توان مقدار توان نقطه بار را متناسب با جریان و مقدار فاصله نقطه بار تا پست را متناسب با مقاومت فرض نمود لذا شاخص حاصلضرب توان نقطه بار در فاصله آن تا پست را می توان متناسب با افت ولتاژ و شاخص حاصلضرب مربع توان نقطه بار در فاصله آن تا پست را متناسب با میزان تلفات در نظر گرفت. بعلاوه برای لحاظ نمودن ضریب بهره برداری، برای پست ها دو حد بالا و پایین برای کارکرد آنها در تغذیه بار در نظر گرفته شده است . بعنوان مثال حد بالا و پایین پستها به ترتیب ۸۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت نصب شده شان منظور شده است.

از آنجایی که در مسئله حاضر مسیر یابی دقیق شبکه فشار متوسط مد نظر نمی باشد، اما به منظور مدل سازی تلفات و افت ولتاژ شبکه پایین دستی، می بایست شبکه فشار متوسط به نوعی شبیه سازی شود. از این رو در این تحقیق از مجموع فواصل افقی و عمودی میان نقاط بار تا پستهای فوق توزیع استفاده شده است. باید توجه داشت که در این مدل فیدرها دارای ماهیت مجازی بوده که نماینده ای از فیدر واقعی است. با این توضیح فاصله میان پست iام با مختصات (X_i, Y_i)، تا نقطه بارj ام با مختصات (X_j, Y_j) از رابطه (۴-۴) محاسبه می شود. و همچنین مناطقی که برای احداث پست مناسب نیستند به صورت مناطق ممنوعه و با شعاع معلوم مشخص می شوند و به صورت رابطه (۴-۵) بیان می شوند [۲۴].

$$R_p^2 \le \left(X - a_p\right)^2 + \left(Y - b_p\right)^2 \qquad (۵-۴)$$

R_p: شعاع منطقه ممنوعه P

$\left(a_p, b_p\right)$: مختصات مرکز منطقه ممنوعه P

ضرایب K_c, K_v, K_l را میتوان به صورت زیر تعریف کرد.

ضریب K_v عبارتست از هزینه انتقال 1^{MVA} توان از یک نوع هادی به فاصله ۱ کیلو متری.

ضریب K_l عبارتست از هزینه میزان تلفات ناشی از عبور 1^{MVA} توان در یک کیلو متر از یک نوع هادی .

ضرایب K_v, K_l را میتوان از رابطه (۴-۶) و (۴-۷) محاسبه کرد:

$$K_V = C_V \qquad (۴-۶)$$

C_v: واحدپول $/_{km.MVA}$ برای نوع هادی

$$K_l = \frac{t * 8760 * R}{V^2} * C_l \qquad (۴-۷)$$

C_l: واحدپول $/_{MWh}$

R: مقاومت واحد طول هادی بر حسب $(\frac{\Omega}{KM})$

t: طول دوره طراحی

V: ولتاژ سیستم اولیه بر حسب kV

البته لازم به تذکر است که این ضرایب توسط نظر طراح (از لحاظ اهمیت) قابل ملاحظه خواهند بود، بعبارت دیگر میتوان اهمیت هر یک از شاخص ها اعم از هزینه های سرمایه گذاری، هزینه انتقال (افت ولتاژ) و تلفات را رتبه بندی نمود و سپس ضرایب وزنی مرتبط با هر کدام را محاسبه نموده و در تابع هدف دخالت داد.

۴-۲-۲ - قیود مسئله

- بار هیچ یک از پست ها نباید از مقدار مجاز تجاوز کند.
- میزان بارگذاری پست ها از حد مشخصی (حداکثر ۸۰٪ و حداقل ۵۰٪ ظرفیت نامی) تجاوز نکند.
- میزان تقاضای کلیه ی نقاط بار باید برآورده شود(هیچ نقطه باری از شبکه بی برق نماند).
- هیچ یک از پست ها در مناطق ممنوعه قرار نگیرند.

۴-۳ - بدست آوردن تعداد و مکان پست های قابل احداث

در فرآیند رمزگذاری و رمزگشایی مسئله از اعداد صحیح برای کدبندی مسئله استفاده گردیده است. در فرآیند کدینگ هر ژن (یک بیت از ذره) نماینده یک نقطه بار منطقه است بنابراین طول ذره برابر با تعداد نقاط بار منطقه می‌باشد. هر کدام از این ژنها می‌توانند در بازه اعداد صحیح $m_2 \le m \le m_1$ انتخاب شوند.

مجموعه ای از ظرفیت های ممکن در Q جمع آوری شده است. برای بدست آوردن ترکیب مناسب پست ابتدا بر اساس روابط (۴-۸) و (۴-۹)، حداقل و حداکثر تعداد پست ها شناخته می شود. تمامی این ترکیب ها قید مسئله یعنی تغذیه شدن کلیه نقاط بار را برآورده می سازد سپس کل مجموعه m عضوی $m_2 \le m \le m_1$ مورد بررسی قرار می گیرد.

$$\mathrm{m}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i - \sum_{j=1}^{m} P_i}{S_{\min}} + \mathrm{IT} \qquad S_{\min} = \min\{S_i \mid S_i \in Q\} \qquad (۴-۸)$$

$$\mathrm{m}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i - \sum_{j=1}^{m} P_i}{S_{\max}} + \mathrm{IT} \qquad S_{\max} = \max\{S_i \mid S_i \in Q\} \qquad (۴-۹)$$

بنابراین تعداد پست های آینده (m) باید بین $m_2 \le m \le m_1$ قرار بگیرند.

$\sum_{i=1}^{n} W_i$:جمع توان کل نقاط بار، هم بارهای قدیم وهم نقطه بارهای جدید بر حسب توان ظاهری

$\sum_{i=1}^{m} P_i$: جمع کل توان پست های موجود در حال کار بر حسب توان ظاهری

n : تعداد نقاط بار در منطقه

m : تعداد پست های موجود متصل به بار

IT : یک عدد مثبت حقیقی

Q : لیست ظرفیت‌های استاندارد موجود (در دسترس) برای پست‌ها.

S_{min}: کوچکترین پست در لیست موجود

S_{max}: بزرگترین پست در لیست موجود

مکان یابی پست توسط یافتن مکان مرکز بار نقاط انجام می شود که مکان بهینه با حداقل تلفات خواهد بود. مکان مرکز با (X_s, Y_s) بصورت زیر محاسبه می شود:

$$Xs = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i^2 X_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} \qquad Ys = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i^2 Y_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} \qquad (۱۰-۴)$$

(X_i, Y_i): مختصات نقاط بار

S_i: میزان بار مورد تقاضا در نقطه بار

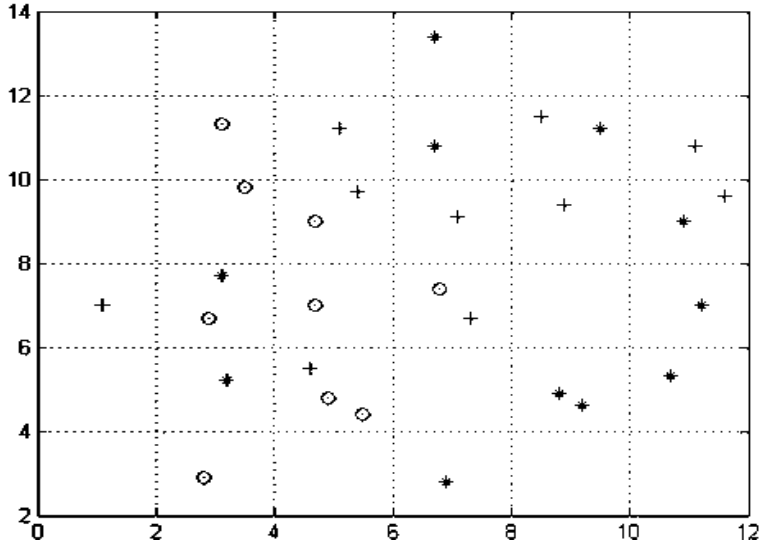
در این حالت نزدیک ترین محل برای احداث پست به مختصات مرکز بار بعنوان جواب ممکن در نظر گرفته می شود.

همانطور که اشاره شد در فرآیند کدینگ و دیکدینگ مسئله از اعداد صحیح برای کدبندی مسئله استفاده گردیده است. در فرآیند کدینگ هر ژن (یک بیت از ذره) نماینده یک نقطه بار منطقه است بنابراین طول ذره برابر با تعداد نقاط بار منطقه می‌باشد. به عنوان مثال شکل (۴-۱) نمونه از کدبندی نوعی با سه پست ممکن و n نقطه بار را نشان می دهد. دیکد کردن این ذره به این ترتیب انجام می شود که اولین نقطه بار به گروه دوم، دومین نقطه بار به اولین گروه و سومین نقطه بار به اولین گروه و به همین ترتیب n امین نقطه بار به گروه سوم اختصاص می یابند.

L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6			
۲	۱	۱	۲	۳	۱	. . .	۱	۳

شکل ۴–۱ نحوه کدبندی مسئله جایابی پست فوق توزیع

شکل (۴-۲) یک منطقه با سه گروه بندی و ۳۰ نقطه بار را که اعضای هر گروه با علائم مختلفی (*, +, o) مشخص شده اند نشان می دهد.



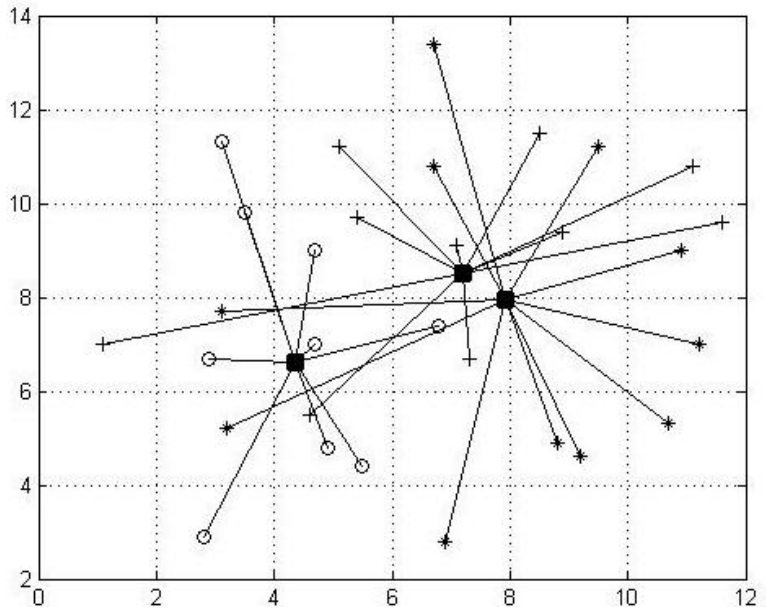
شکل ۴–۲ گروه های نقاط بار (m=3) در یک ذره نوعی

بعد از قرار دادن نقاط بار در گروه ها، یک پست فوق توزیع برای هر گروه اختصاص داده می شود و با استفاده از روابط (۴-۱۰) مختصات موقعیت قرار گیری این پست تعیین می گردد.

ظرفیت پست هایی که بایستی در مرکز چگالی بار هر گروه نصب گردند با توجه به قید مسئله با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شوند:

$$s.t. \quad \sum W_j \le S_i.e(S_i)$$
$$S_i = \{S_i \mid S_i \in Q\} \qquad i = 1,2,\ldots,m \tag{۱۱-۴}$$

و به این ترتیب حوزه تغذیه تمامی پست ها تعیین می گردند. که در شکل (۴-۳) نمایش داده شده است.

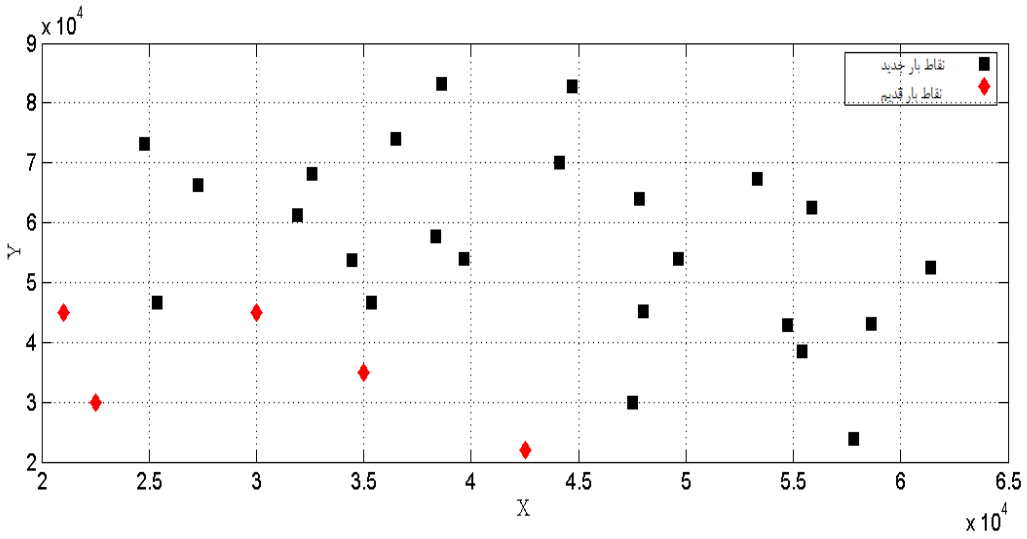


شکل ۴–۳ قرار دادن پست در مرکز چگالی بار هر گروه

۴-۴ سیستم توزیع نمونه

در این بخش با ارائه یک مثال، اجرای این الگوریتم را روی یک منطقه با ۲۴ نقطه بار نشان می دهیم:

فرض کنید که یک منطقه با ۲۴ نقطه بار به صورت شکل زیر موجود باشد.



شکل ۴–۴ مکان بیست و چهار نقطه بار در منطقه مورد مطالعه

نقاطی که به شکل مربع نمایش داده شده اند نقاط بار کاندید و نقاطی که لوزی شکل هستند نقاط بار موجود می باشند.

و همچنین اطلاعات مربوط به طول (X) و عرض جغرافیایی (Y) نقاط بار به همراه توان آنها در این نقاط در جدول (۴-۱) آورده شده است.

جدول ۴–۱: مختصات قرار گیری نقاط بار به همراه ظرفیت هر کدام [۲۵].

شماره بار	مرکز ثقل نقاط بار		میزان بار MVA	نرخ رشد بار (٪)
	Y	X		
1	73250	24770	5	2
2	66230	27300	7	2
3	68240	32600	1.2	2
4	61250	31910	3	2
5	57630	38360	2	2
6	53660	34450	3	2
7	46640	35370	1.9	2
8	53950	49650	1.4	2
9	63890	47810	4	2
10	67400	53340	2.7	2
11	62430	55880	2.5	2
12	52490	61410	6	2
13	43130	58640	2.5	2
14	42840	54720	5	2
15	38450	55420	3.7	2
16	46640	25370	1	2
17	53950	39650	3.5	2
18	23890	57810	4	2
19	74000	36500	3	2
20	30020	47500	4.5	2
21	70000	44100	6	2
22	83130	38640	1.8	2
23	82840	44720	4	2
24	45100	48000	3.5	2

فرض بر این است که حداکثر بار در پایان سال سوم با افزایش ۲٪ روبه رو خواهد شد.

لیست ظرفیت های استاندارد پست های فوق توزیع و همچنین هزینه احداث پست های فوق توزیع در جدول (۴-۲) نشان داده شده است.

جدول ۴–۲: لیست ظرفیت های استاندارد و هزینه احداث[13]

ظرفیت های قابل نصب (MVA)	هزینه احداث (میلیون تومان)
15	2500
30	3000
60	4000
75	4500

اطلاعات مربوط به طول (X) وعرض جغرافیایی (Y) نقاط بار موجود به همراه توان مصرفی در این نقاط و همچنین موقعیت جغرافیایی و توان پست موجود در جدول های (۴-۳) و (۴-۴) آورده شده است.

جدول ۴–۳: مختصات نقاط بار قدیم و ظرفیت آنها

تعداد بارهای موجود	مرکز ثقل نقاط بارقدیم		ظرفیت بارهای موجود(MVA)
	X	Y	
1	35000	35000	1
2	30000	45000	1.4
3	22500	30000	1.1
4	42500	22000	0.8
5	21000	45000	1

فرض بر این است که این نقاط بدون افزایش بار می باشد.

جدول ۴–۴: مشخصات پست های موجود

تعداد پست ها	مختصات پست موجود		ظرفیت پست های موجود(MVA)
	X	Y	
1	25000	30000	7.5

در این آزمایشات پارامترهای K_c، K_l، K_v، به ترتیب ۱/۰ ، ۱/۷۹، ۳/۰ در نظر گرفته شده اند. پارامترهای K_l، K_v، طبق روابط (۴-۶) و (۴-۷) بدست می آیند که برای هادیهای کابل $185\ mm^2$ خط هوایی داک استفاده شده است. وهمچنین نرخ بهره و نرخ تورم در تابع هدف برای افت ولتاژ برابر ۱۲و ۹ درصد و برای افت توان برابر ۱۲و ۱۰ درصد فرض شده اند.

برای گام اول، بایستی m را محاسبه کنیم، که مقدار اولیه تعداد پست ها برای تغذیه نقاط بار می باشد. با استفاده از معادله (۴-۸) و (۴-۹)، m بین $2 \le m \le 7$ محاسبه می گردد. حال، جمعیت اولیه را که به صورت تصادفی با استفاده از اعداد صحیح تولید می شود را تشکیل می دهیم. و باید توجه داشت که در هیچ یک از ردیف ها (کروموزم ها) با توجه به مقدار m نمیتوان فقط از یک پست برای بارها استفاده کرد.

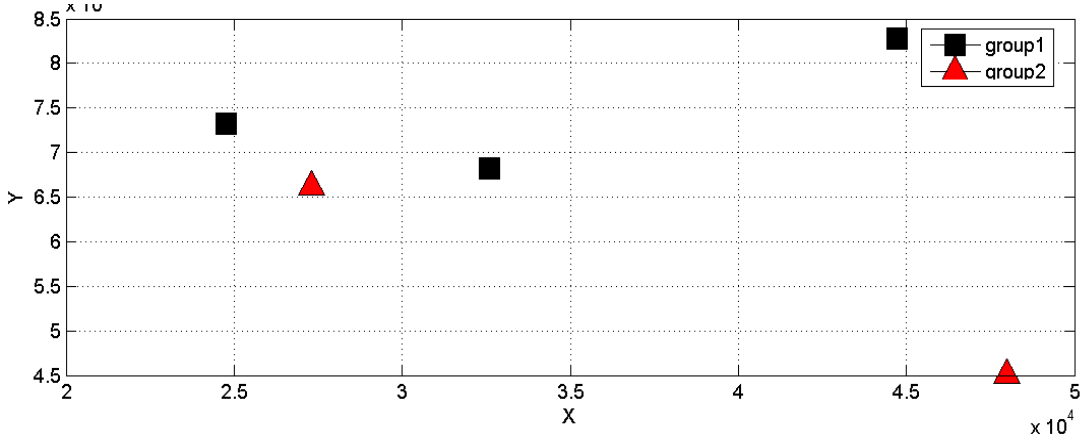
فرض کنید ۴۰ جمعیت اولیه تولید شده است و با ۲۴ نقاط بار که به صورت جدول زیر ترسیم شده اند:

	1	2	3	. . .	23	N=24
1	2	3	2		2	3
2	1	2	5		1	2
3	5	6	5		5	3
.	.			.		
.	.			.		
.	.			.		
P=40	1	2	6	. . .	2	1

شکل ۴–۵ نحوه کدبندی مسئله جایابی پست فوق توزیع

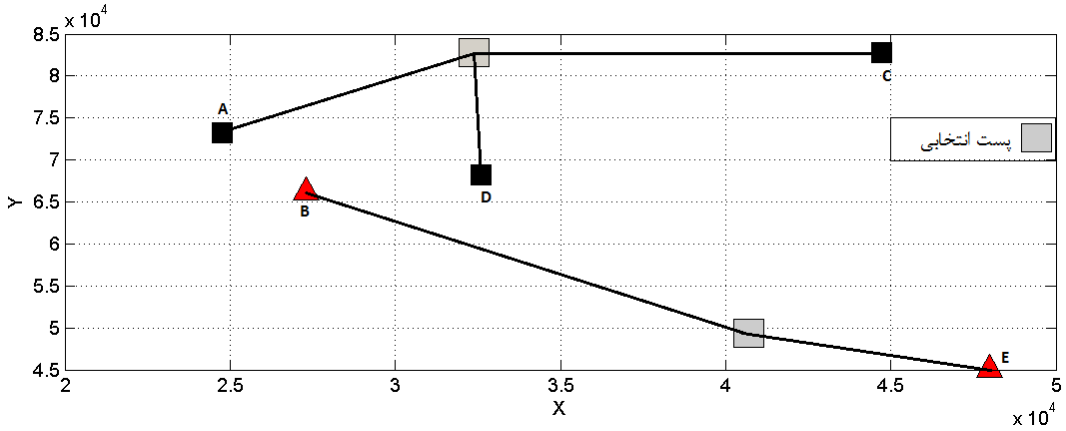
توجه داشته باشید که در این مثال مطابق با ذرات تولیدشده جمعیت فوق، ما نقاط بار را گروه بندی می کنیم. برای مثال، در ذره اول اولین نقطه بار به گروه دوم، دومین نقطه بار به گروه سوم، سومین نقطه بار به گروه دوم، و به همین ترتیب تا بیست وسومین نقطه بار که به گروه دوم و بیست و چهارمین نقطه بار که به گروه سوم اختصاص می یابد.

گروههایی که هر نقطه بار در ردیف اول به آن اختصاص یافته اند دیکد شده و در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.



شکل ۴–۶ گروه بندی نقاط بار در یک ذره

در این مرحله، بایستی برای هر گروه جهت تغذیه نقاط بار مربوطه شان یک پست تعریف کنیم. بنابراین با استفاده از رابطه (۴-۱۰) مختصات پست ها و با استفاده از رابطه (۴-۱۱) ظرفیت هر پست را که بایستی در مرکز چگالی هر گروه نصب گردد محاسبه کنیم.

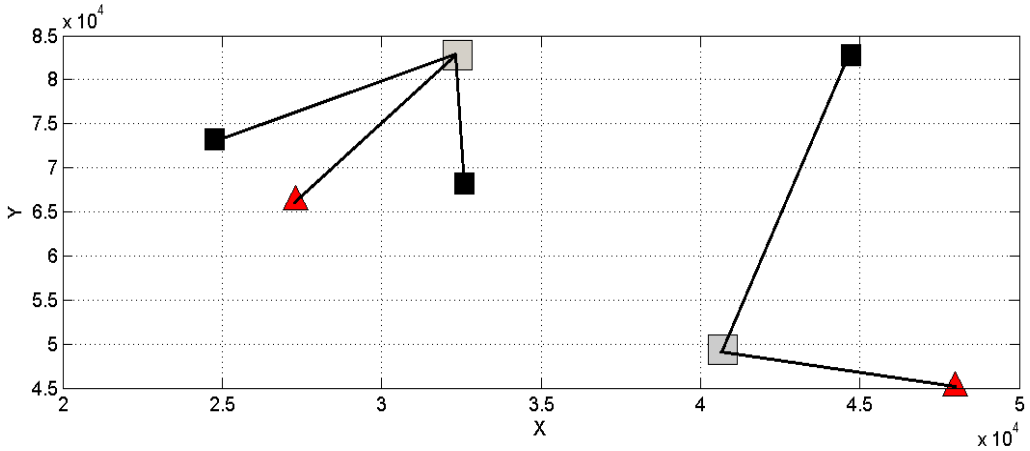


شکل ۴–۷ ظرفیت ها و مختصات قرار گیری هر پست برای ذره اول

و بنابراین، تعداد، مکان و حوزه تغذیه هر پست برای هر ذره تعیین می گردد. سپس تابع هدف با استفاده از روابطی که در بالا توضیح داده شد برای هر ذره محاسبه می گردد و سپس وارد الگوریتم های هوشمند شده و ، تولید نسل جدید بر اساس شایستگی هر ذره صورت گرفته و مقایسه و بکار گرفته می شوند.

۴-۵ الگوریتم ابتکاری استفاده شده در برنامه

در طول برنامه علاوه بر الگوریتم PSO و الگوریتم ژنتیک از یک الگوریتم ابتکاری نیز استفاده شده است که به این ترتیب عمل می کند: فاصله تمامی نقاط بار هر گروه را با تمامی سایر پست های موجود در گروه های دیگر مقایسه کرده و در صورتیکه فاصله نقطه بار موجود در یک گروه نسبت به پست دیگر نزدیک از حالت موجود باشد تغییر گروه می دهد به عنوان مثال در شکل (۴-۷) همانطور که ملاحظه می شود فاصله نقطه بار B که به گروه شماره ۲ تعلق دارد از فاصله پستی که گروه ۱ را تغذیه می کند به مراتب دورتر است، و همین طور فاصله نقطه بار C که به گروه ۱ تعلق دارد از فاصله پستی که گروه ۲ را تغذیه می کند دورتر است حالت بخش ابتکاری برنامه، نقطه بار B را از گروه دو جدا کرده و به گروه شماره یک منتقل می کند و نقطه بار C را از گروه یک جدا کرده و به گروه شماره دو منتقل می کند و به این ترتیب امیدوار است که با کاهش فاصله تغذیه نقاط بار تلفات شبکه را کاهش دهد. البته توجه داشته باشید که پس از تغییر گروه نقاط بار بایستی مجدداً مختصات جدید پست محاسبه گردد.



شکل ۴–۸ تغییر گروه نقاط بار برای ذره اول با استفاده از الگوریتم ابتکاری

در هر نسل مقدار تابع هدف محاسبه می‌شود که در طول کل فرآیند سعی در کمینه شدن دارد. پس از اعمال اپراتورهای الگوریتم اجتماع ذرات و عملگر های الگوریتم ژنتیک و با اعمال شرط خاتمه برنامه، مکان و

ظرفیت پست‌ها و حوزه تغذیه‌شان تعیین می‌شود.

۴-۶ نتایج حاصل از اجرای الگوریتم های هوشمند

برای مقایسه الگوریتم های هوشمند از نظر سرعت همگرایی و رسیدن به جواب نمی توان بر نتایج حاصل از یکبار تکرار و اجرای برنامه تکیه کرد وعلت این امر نیز وجود و دخالت تصادف و احتمال در ساختار این الگوریتم ها می باشد. ازاین رو در اینجا برای مقایسه این الگوریتم ها، هرالگوریتم به تعداد دفعات ۱۰ مرتبه (که برای تثبیت ادعا درمورد سرعت یک روش عددی معقول می باشد) اجرا شده و بهترین و بدترین جواب ها و میانگین حاصل از نتایج این ۱۰ مرتبه از نظر زمان همگرایی مقایسه شده است و نتایج در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۴–۵: هزینه حاصل از اجرای الگوریتم های اکتشافی

شماره الگوریتم	نام الگوریتم	بدترین جواب (میلیون تومان)	میانگین جواب ها (میلیون تومان)	بهترین جواب (میلیون تومان)	انحراف معیار
1	PSO	24860	23801.4	22725	606.7842
2	GA	23527	23126.9	22509	376.1695
3	LDW-PSO	23741	23080.6	22249	411.6679
4	NDW-PSO	23738	22780	22249	364.0201
5	DIW-PSO	23192	22649.8	22249	332.2444
6	IPSO	24604	23020.1	22249	650.044
7	HPSO	23526	22782.2	22340	430.8767
8	IBPSO	23619	22868.3	22249	514.2284
9	H-GA-PSO	23000	22593.8	22249	186.8587

در الگوریتم LDW-PSO مقدار میانگین تابع هدف برابر ۲۳۰۸۰/۶ و انحراف معیار جواب ها برابر ۴۱۱/۹۷۶۶ بوده است. این مقادیر برای الگوریتم GA به ترتیب برابر ۲۳۱۲۶/۹ و۳۷۶/۱۶۹۵ است. و با مقایسه بهترین جواب ها در الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع ذرات در می یابیم که در الگوریتم ژنتیک هزینه طراحی سیستم توزیع نسبت به هزینه طراحی سیستم توزیع بدست آمده از الگوریتم اجتماع ذرات ۲۱۶ میلیون تومان

بیشتر می باشد و برای این که الگوریتمی قوی تر ایجاد کنیم، می توانیم نقاط ضعف یک الگوریتم با نقاط قوت الگوریتم دیگری بپوشانیم، که به این نوع از الگوریتم ها الگوریتم تر کیبی گفته می شود. در الگوریتم H-GA-PSO مینیمم مقدار تابع هدف (مجموع هزینه احداث ،هزینه افت ولتاژ و افت توان در طول ۳ سال) که هزینه نهایی طراحی سیستم توزیع می باشد برابر با ۲۲۲۴۹ میلیون تومان بدست آمده است و همانطور که در جدول(۴-۵) مشاهده می شود میانگین جواب ها در الگوریتم H-GA-PSO نسبت به سایر الگوریتم های هوشمند مطلوب تر است یعنی دارای درستی مناسبی است وهمچنین انحراف معیار کمتری نسبت به الگوریتم های دیگر دارد، یعنی دقت خوبی دارد. ظرفیت بدست آمده برای پست های فوق توزیع و همچنین تعداد پست های بدست آمده از اجرای الگوریتم برای بهترین جواب و بدترین جواب در جدول (۴-۶) و جدول (۴-۷) نشان داده شده است.

جدول ۴–۶: ظرفیت های بدست آمده برای پست های فوق توزیع در بهترین جواب

شماره الگوریتم	نام الگوریتم	تعداد پست های بدست آمده از اجرای الگوریتم	ظرفیت بدست آمده برای پست های فوق توزیع		
1	PSO	3	30	60	60
2	GA	3	30	60	60
3	LDW-PSO	3	30	60	60
4	NDW-PSO	3	30	60	60
5	DIW-PSO	3	30	60	60
6	IPSO	3	30	60	60
7	HPSO	3	30	60	60
8	IBPSO	3	30	60	60
9	H-GA-PSO	3	30	60	60

همانطور که در جدول ۴-۶ مشاهده می شود در تمام الگوریتم ها تعداد پست های بدست آمده از اجرای الگوریتم و همچنین ظرفیت های بدست آمده برای پست های فوق توزیع برابر می باشند واین موجب نمی شود که هزینه های بدست آمده برای طراحی سیستم توزیع برابر باشند زیرا در شکل های ۴-۹ تا شکل ۴-۱۷

مشخص است که نوع گروه بندی ها در بعضی از شکل ها متفاوت است و این یعنی فاصله های بین پست ها و مرکز ثقل بارها متفاوت شده و هزینه ها تغییر می کند. جدول ۴-۷ تعداد پست های بدست آمده از اجرای الگوریتم و همچنین ظرفیت های بدست آمده برای پست های فوق توزیع برای بدترین جواب را نشان می دهد .

جدول ۴–۷: ظرفیت های بدست آمده برای پست های فوق توزیع در بدترین جواب

شماره الگوریتم	نام الگوریتم	تعداد پست های بدست آمده از اجرای الگوریتم	ظرفیت بدست آمده برای پست های فوق توزیع				
1	PSO	5	15	15	30	30	60
2	GA	3	60	60	60	0	0
3	LDW-PSO	3	30	60	60	0	0
4	NDW-PSO	3	60	60	60	0	0
5	DIW-PSO	4	30	30	30	60	0
6	IPSO	3	30	30	30	60	0
7	HPSO	3	60	60	60	0	0
8	IBPSO	4	30	30	60	60	0
9	H-GA-PSO	4	15	30	60	60	0

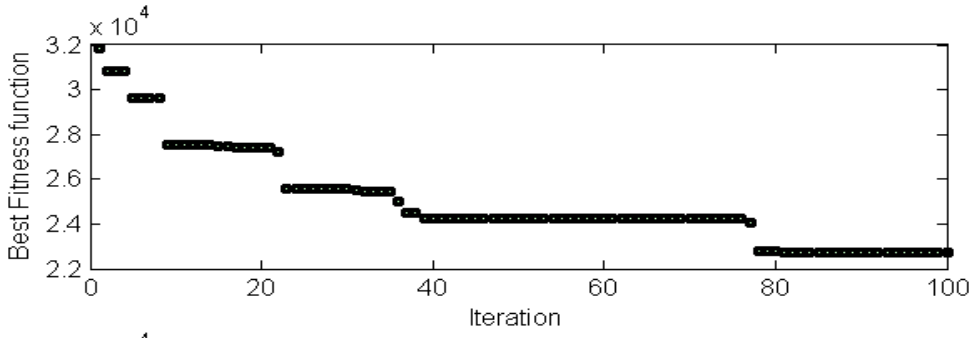
برای الگوریتم PSO، مقدار C1 و C2 برابر۱/۷ و ۱/۸ و همچنین مقدار w در این الگوریتم برابر ۰/۵ در نظر گرفته شده است. در الگوریتم LDW-PSO مقدارC1 و C2 برابر ۱/۵ و ۱/۶ و مقدار w در این الگوریتم به صورت خطی در طول فرآیند بهینه سازی کاهش می یابد. در الگوریتم NDW-PSO مقدار C1 و C2 برابر ۱/۷ و ۱/۹و مقدار w در این الگوریتم به صورت غیر خطی در طول فرآیند بهینه سازی کاهش می یابد و در الگوریتم DIW-PSO مقدارC1 و C2 برابر۱/۵ و ۱/۵و در الگوریتم IPSO مقدارC1 و C2 برابر۱/۷ و ۱/۸ در نظر گرفته شده است و در الگوریتم H-GA-PSO مقدارC1 و C2 برابر۱/۷ و ۱/۹و مقدار w در این الگوریتم به صورت خطی کاهش می یابد. در الگوریتم HPSO مقدار C1 و C2 برابر ۱/۴۹۶۲ و ۱/۴۹۶۲ در نظر می گیریم. انتخاب ها به گونه ای بوده که الگوریتم ها به فضای مطلوب مساله هدایت شوند و مقادیر بهینه را بیابند.

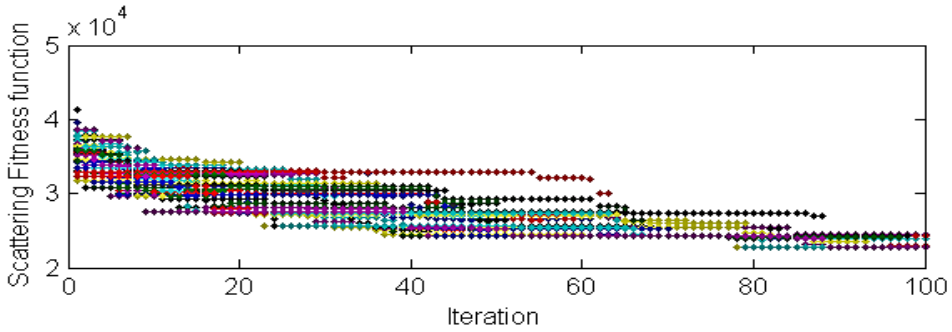
جدول۴-۷موقعیت جغرافیایی بدست آمده از اجرای الگوریتم های هوشمند را نشان می دهد. و همچنین نمایش بهترین مقدار بدست آمده برای تابع هزینه از آغاز اجرای برنامه تا شماره تکرار درج شده بر روی محور افقی و نمایش چگونگی تراکم جمعیتی جواب ها در الگوریتم ها در شکل(۹-۴) تا (۱۷-۴) نشان داده شده است.

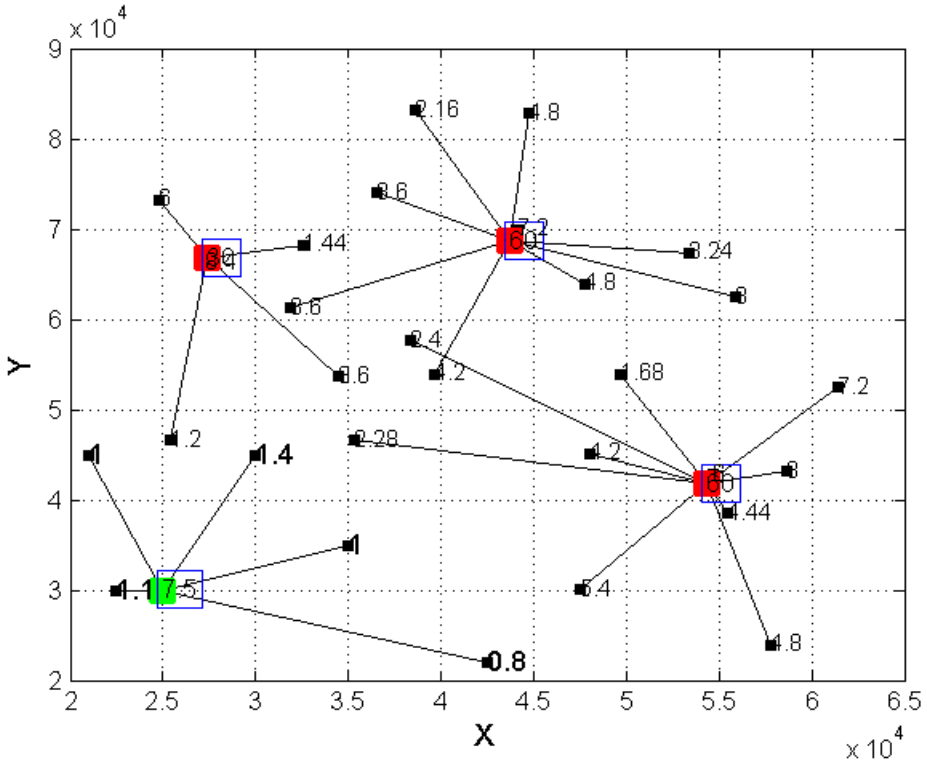
۴–۷ جدول موقعیت جغرافیایی بدست آمده برای پست های فوق توزیع

شماره الگوریتم	نام الگوریتم	موقعیت جغرافیایی پست های فوق توزیع	
		Y	X
1	PSO	66765	27380
		68649	43752
		41751	54365
2	GA	41281	54839
		67705	43763
		67564	27112
3	LDW-PSO	68846	44370
		41281	54839
		66208	27737
4	NDW-PSO	68846	44370
		41281	54839
		66208	27737
5	DIW-PSO	68846	44370
		41281	54839
		66208	27737
6	IPSO	68846	44370
		41281	54839
		66208	27737
7	HPSO	41320	54622
		68846	44370
		66421	27763
8	IBPSO	68846	44370
		41281	54839
		66208	27737
9	H-GA-PSO	41281	54839
		68846	44370
		66208	27737

الگوریتم اجتماع ذرات (PSO):

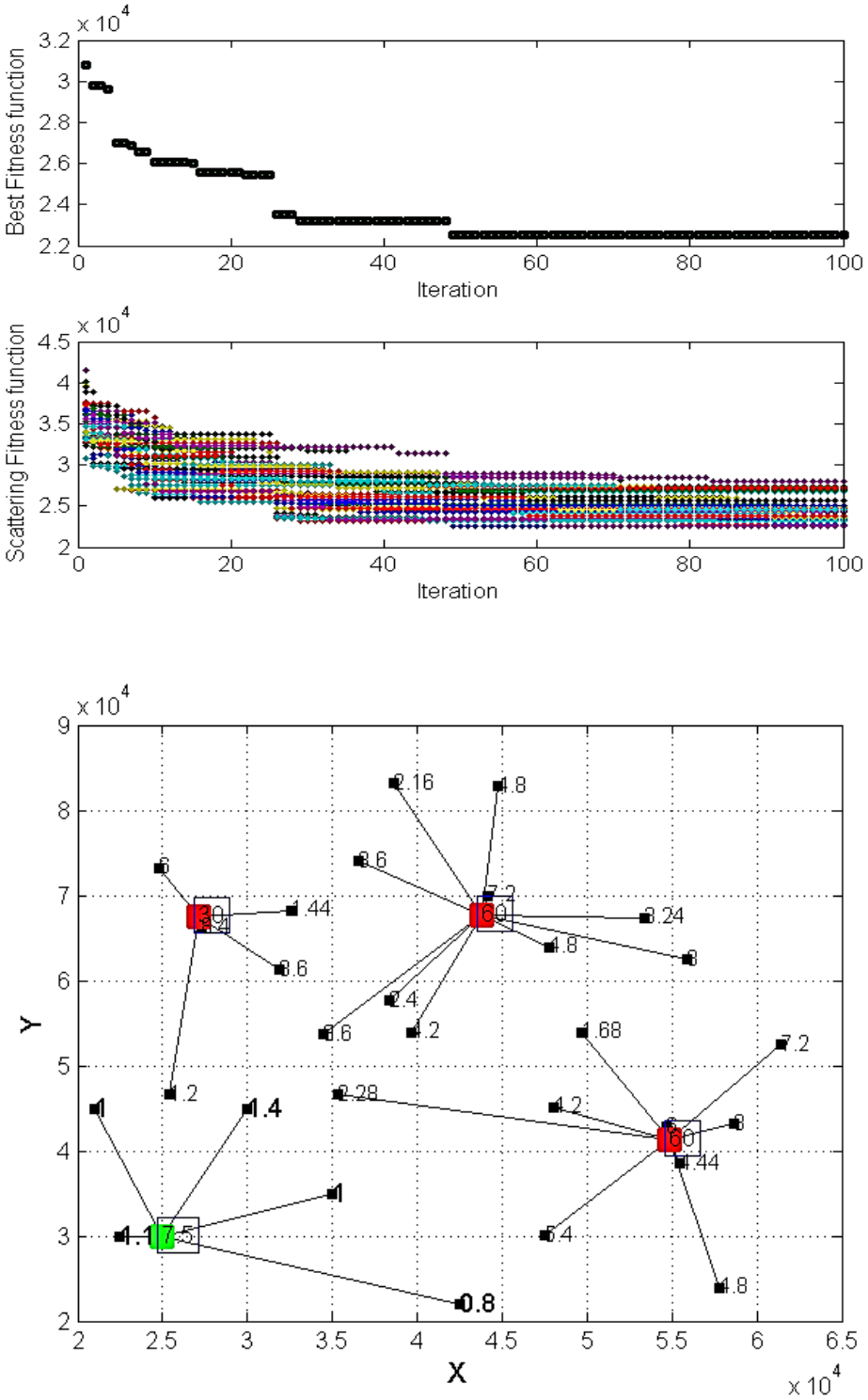






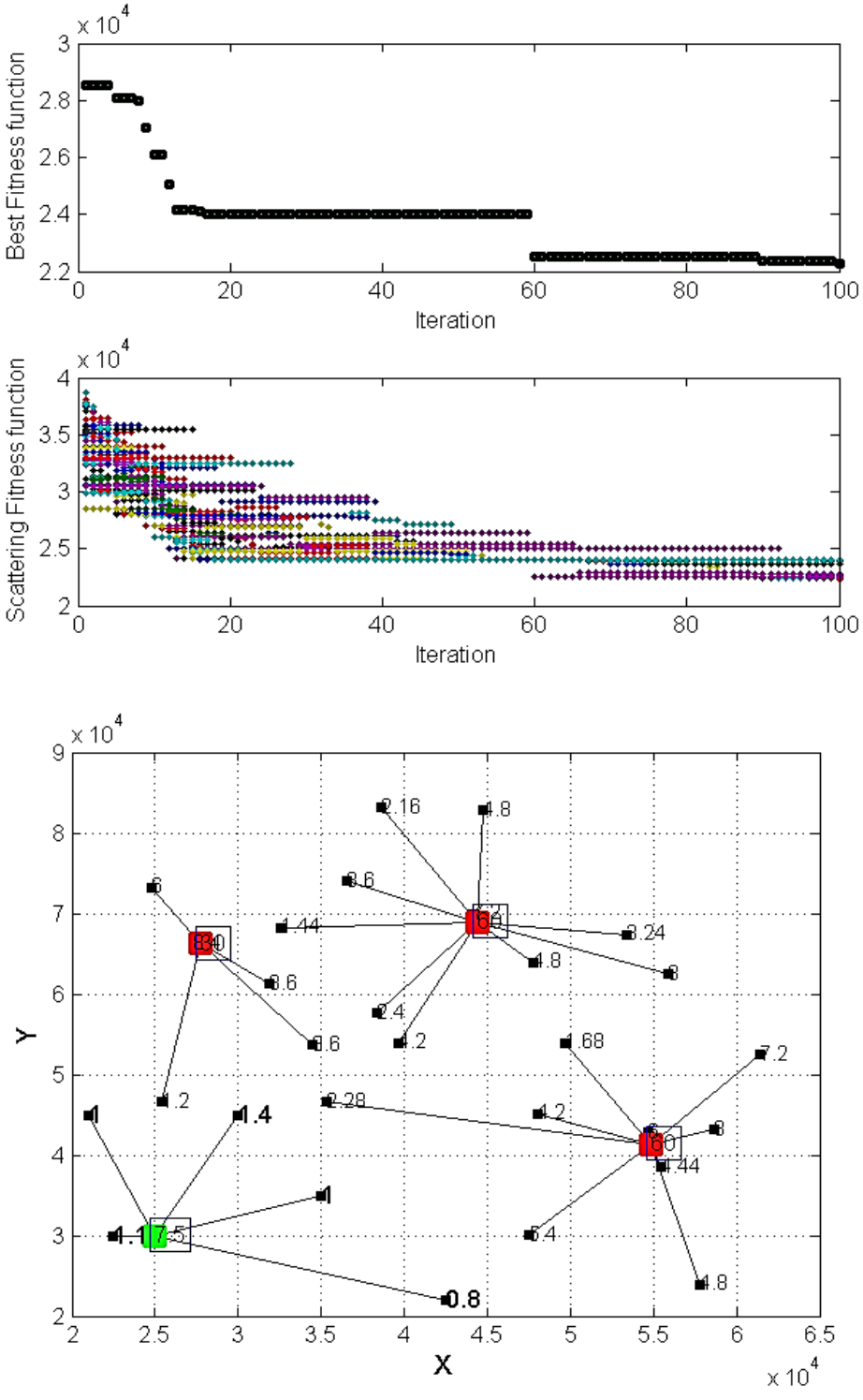
شکل ۴–۹ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم ژنتیک (GA) :



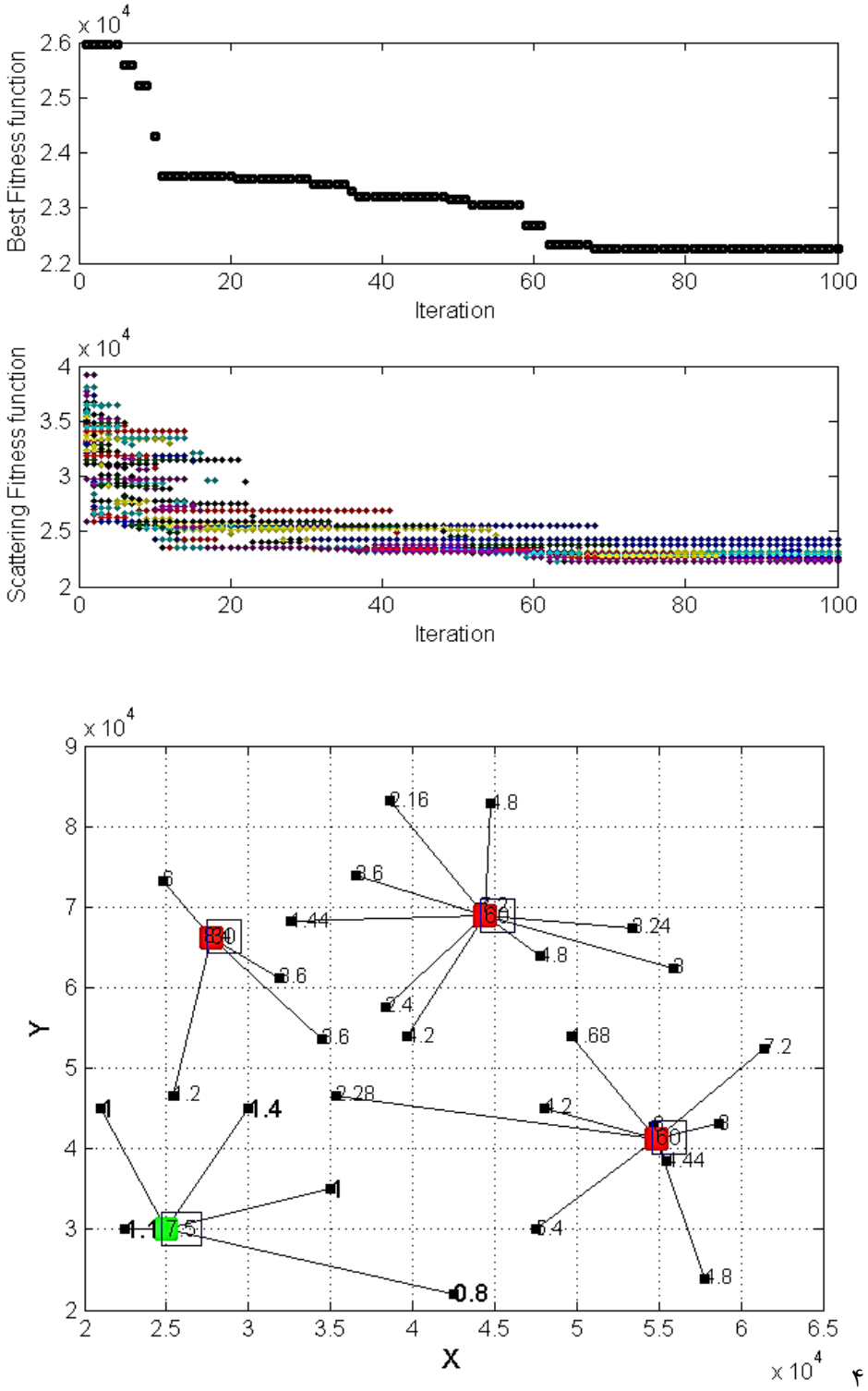
شکل ۴–۱۰ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم LDW-PSO:



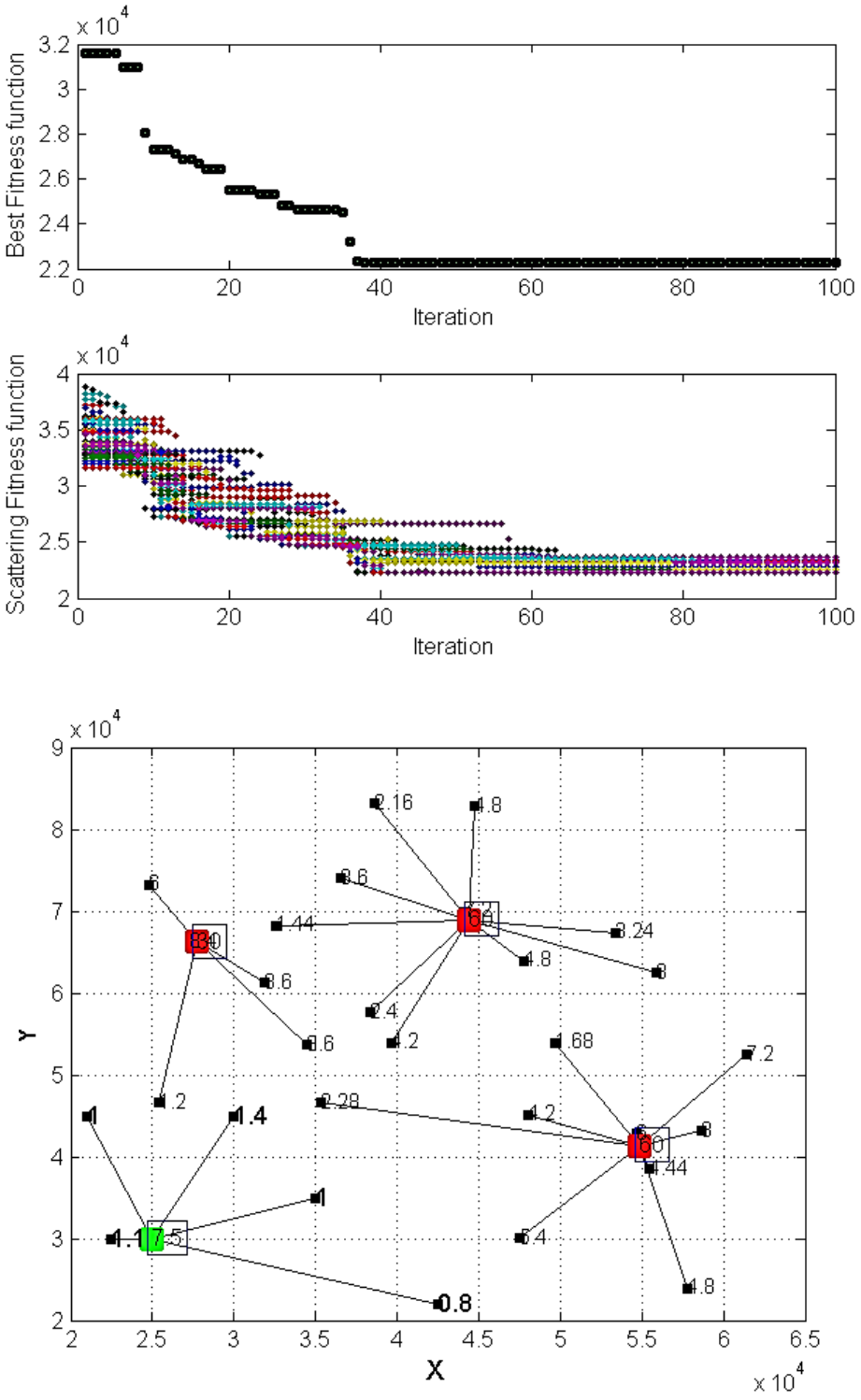
شکل ۴–۱۱ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم NDW-PSO :



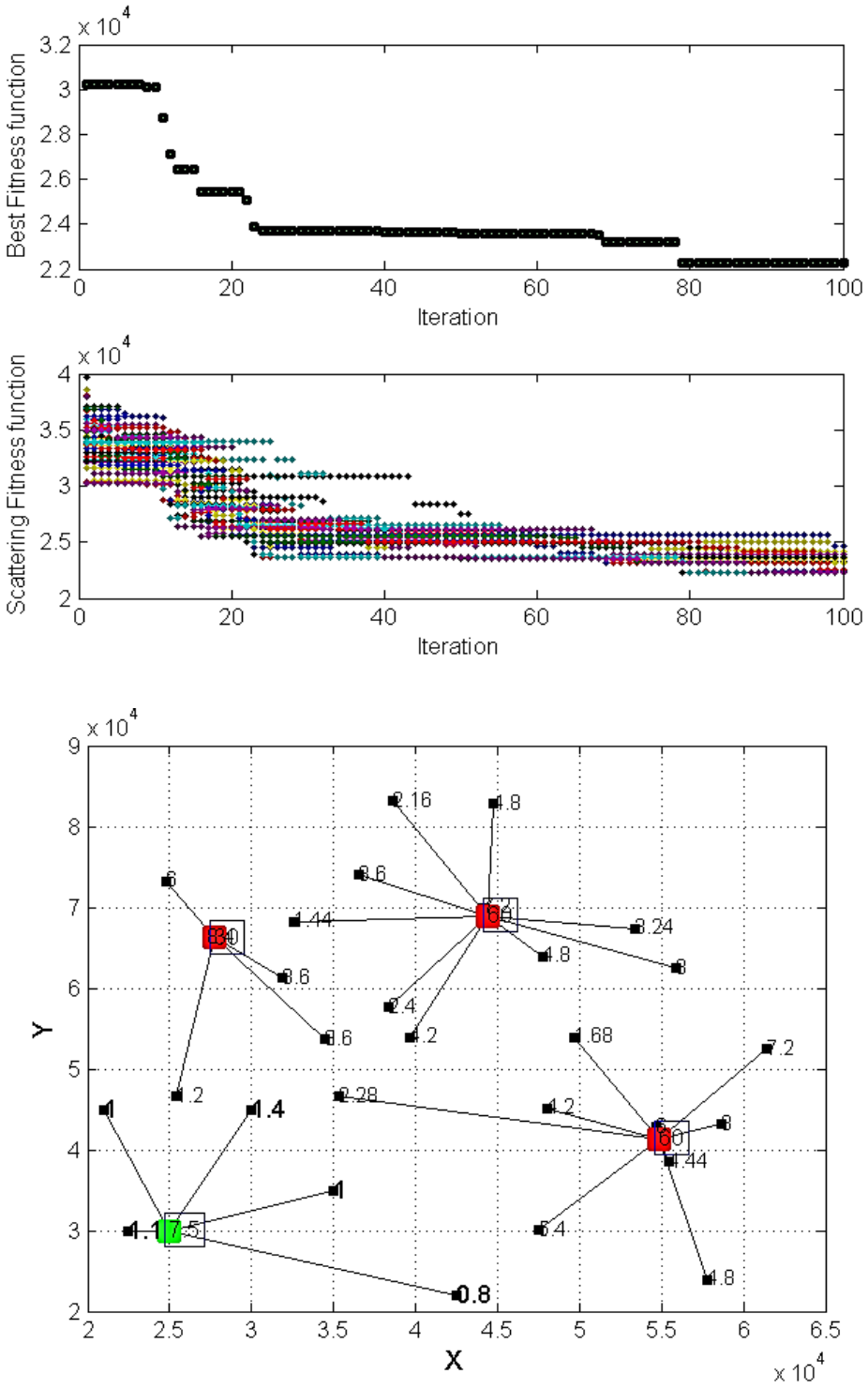
شکل ۴–۱۲ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم DIW-PSO :



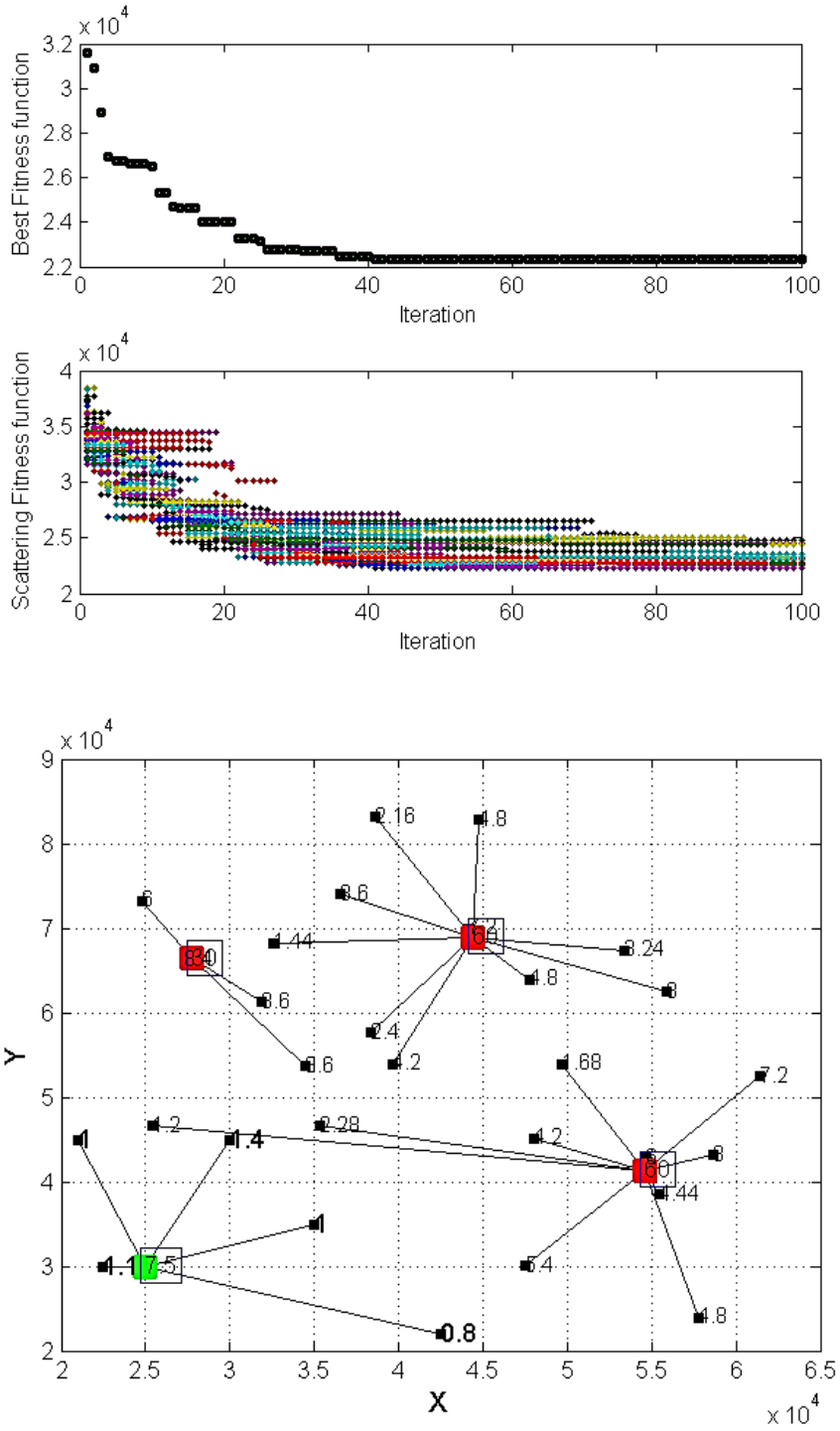
شکل ۴–۱۳ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم IPSO:



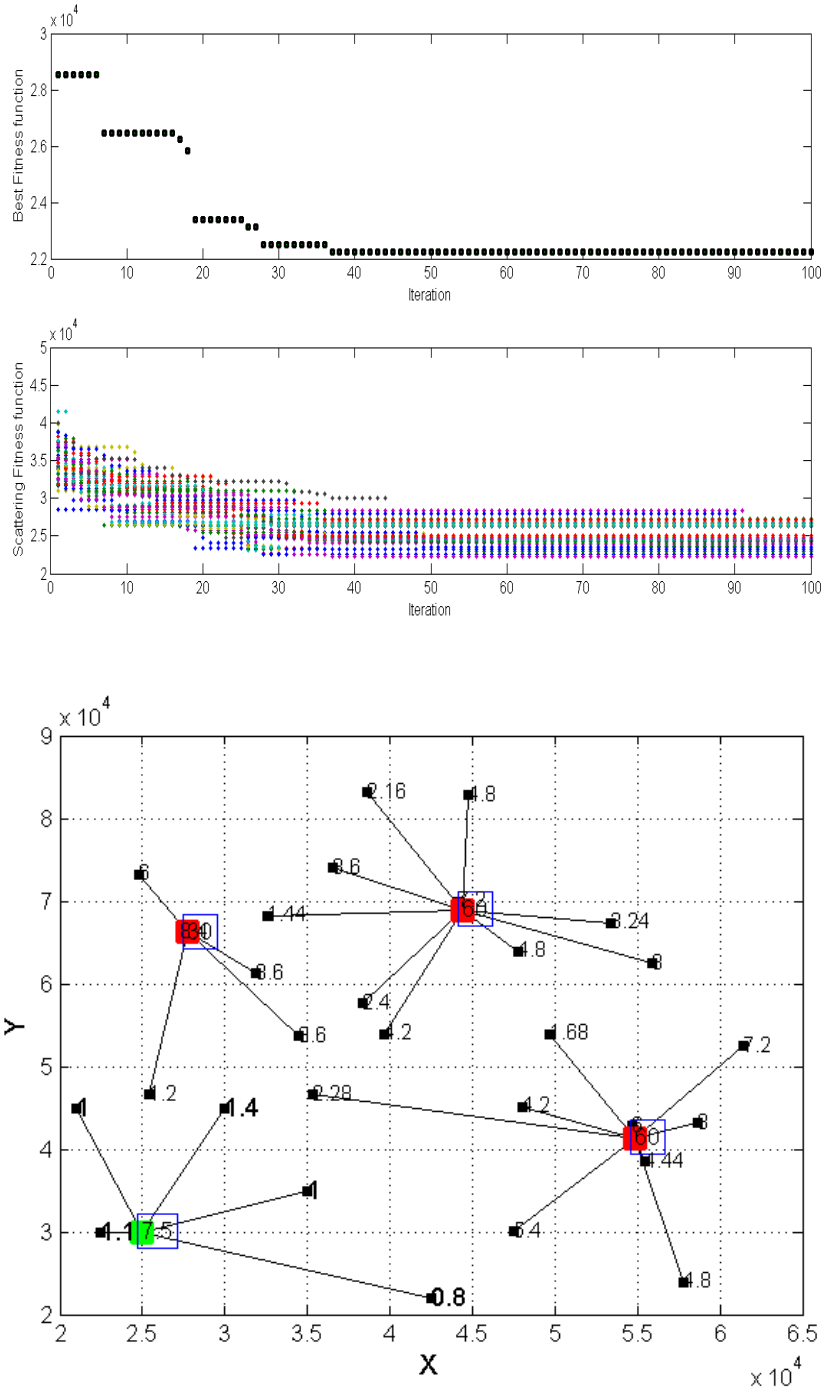
شکل ۴–۱۴ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم HPSO:



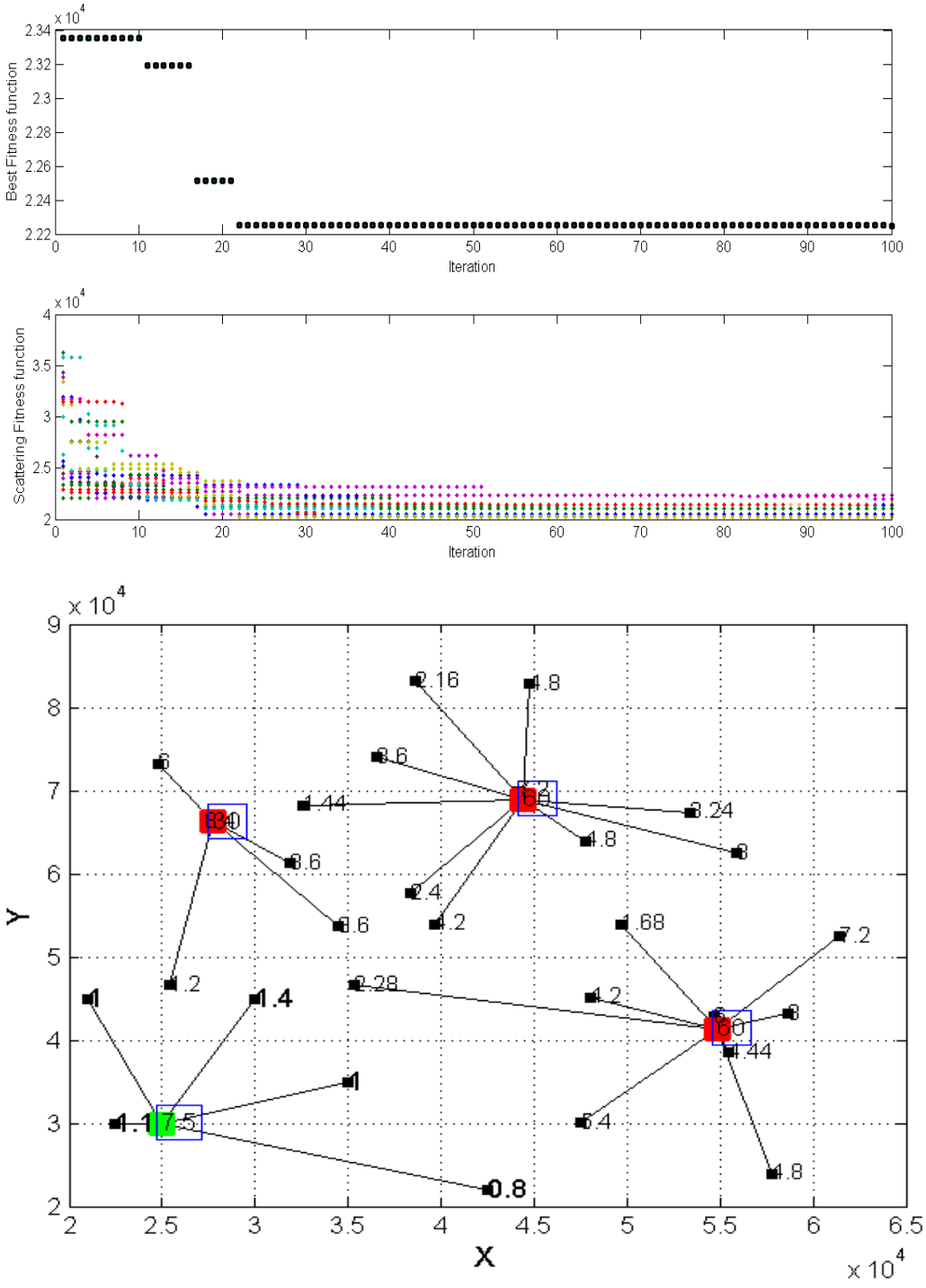
شکل ۴–۱۵ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم IBPSO:



شکل ۴–۱۶ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

الگوریتم H-GA-PSO:



شکل ۴–۱۱ نمایش کوتاهترین مسیر یافت شده و تراکم جمعیتی ذرات و چگونگی طراحی سیستم توزیع

برای حل مسئله طراحی پست های فوق توزیع، با بررسی جمعیت جواب ها مطابق شکل ۴-۴ که بر روی یک شبکه با ۲۴ نقطه بار جدید انجام گرفته، مشخص می شود الگوریتم ژنتیک دارای پراکندگی بیشترجمعیتی نسبت به الگوریتم اجتماع ذرات (PSO) در شکل ۴-۹ است و این برای پیداکردن جواب بهتر، مناسب می باشد. ولی در عوض سرعت بهبود متوسط جمعیت جوابها به سمت جواب بهینه در این الگوریتم کم است و این باعث می شود که شاید جواب ها به سمت جواب بهینه مطلق همگرا نشود. این در حالی است که الگوریتم اجتماع ذرات دارای پراکندگی جمعیتی کم است وجمعیت جواب ها زود همگرا می شوند ولی در عوض سرعت میل جواب ها به سمت جواب بهینه، بالا است. این درست همان چیزی است که فکرترکیب این دو الگوریتم و ایجاد بهبود عملکرد جمعیت جواب ها و درنتیجه بهترشدن جواب ها را باعث می شود. لذا در این روش، با نصف کردن جمعیت اولیه و با ترکیب الگوریتم اجتماع ذرات والگوریتم ژنتیک سعی شده به نحوی از این خصوصیت متضاد در این دو الگوریتم استفاده شود. نتیجه حاصله از اجرای ترکیبی الگوریتم اجتماع ذرات و الگوریتم ژنتیک با نصف کردن جمعیت اولیه در شکل ۴-۱۷ نشان داده شده است.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه گیری

تحویل توان با ویژگی های مطلوب نیازمند طراحی مناسب سیستم توزیع می باشد. تا کنون روش های مختلفی برای طراحی سیستم توزیع پیشنهاد شده است. در این تحقیق، در آغاز مقدمه ای بر طراحی سیستمهای توزیع بیان گردید، سپس برخی کارهای ارائه شده در سالهای اخیر برای مکان‌یابی پستهای فوق توزیع معرفی شد در ادامه به تشریح الگوریتم های هوشمند مانند الگوریتم PSO و الگوریتم ژنتیک(GA) و غیره پرداخته شد. در پایان با تعریف مدلی از مسئله، ضمن بهینه‌سازی آن بر اساس الگوریتم های هوشمند، نتایج بدست آمده بررسی و مقایسه گردید. در این تحقیق علاوه بر استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، الگوریتم ابتکاری H-GA-PSO نیز معرفی شد که نتایج حاصل کارایی الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. همانطور که در جواب های حاصله از اجرای الگوریتم های هوشمند مشاهده می شود میانگین جواب ها در الگوریتم ابتکاری H-GA-PSO نسبت به سایر الگوریتم های هوشمند مطلوب تر است یعنی دارای درستی مناسبی است و همچنین انحراف معیار کمتری نسبت به الگوریتم های دیگر دارد، یعنی دقت خوبی دارد.

۵-۲ پیشنهادات

به منظور بهبود و توسعه روش پیشنهادی در این پایان نامه می توان به موارد زیر اشاره کرد.

- در نظر گرفتن چگونگی ارتباط با خطوط فوق توزیع و شبکه فوق توزیع در مسئله جایابی بهینه پستهای فوق توزیع
- استفاده از منابع تولید پراکنده به عنوان گزینه ای دیگر برای بهبود شبکه و هزینه حاصله از آن در اجرای برنامه .
- استفاده از سایر روشهای بهینه‌سازی مانند الگوریتم بهینه سازی غذایابی باکتری یا (به اختصار BFO[۱]) برای طراحی سیستم توزیع و بهینه سازی تابع هدف

[۱] Bacterial Foraging Optimization

پیوست الف: الگوریتم ژنتیک

الف-۱- مقدمه

محدوده کاری الگوریتم ژنتیک بسیار وسیع می باشد و هر روز با پیشرفت روزافزون علوم و تکنولوژی استفاده از این روش در بهینه سازی و حل مسائل بسیار گسترش یافته است. الگوریتم ژنتیک یکی از زیر مجموعه های محاسبات تکامل یافته می باشد. الگوریتم ژنتیک را می‌توان یک روش جستجوی کلی نامید که از قوانین تکامل بیولوژیک طبیعی تقلید می‌کند. الگوریتم ژنتیک برروی یکسری از جواب‌های مسئله به امید بدست آوردن جوابهای بهتر قانون بقای بهترین را اعمال می کند. درهر نسل به کمک فرآیند انتخابی متناسب با ارزش جواب‌ها و تولید مثل جواب های انتخاب شده به کمک عملگرهایی که از ژنتیک طبیعی تقلید شده‌اند ,تقریب‌های بهتری از جواب نهایی بدست می‌آید. این فرایند باعث می‌شود که نسلهای جدید با شرایط مسئله سازگارتر باشد.

الف-۲- تاریخچه

حساب تکاملی, برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط آقای ریچنبرگ ارائه شد که تحقیق وی در مورد استراتژی تکامل بود. بعدها نظریه او توسط محققان زیادی مورد بررسی قرار گرفت تا اینکه الگوریتم ژنتیک (GA) توسط جان هولند(John Holland) و در سال ۱۹۷۵ در دانشگاه میشیگان, ارائه شد.

در سال ۱۹۹۲ نیز جان کوزا (John Koza) از الگوریتم ژنتیک (GA) برای حل و بهینه سازی مسائل مهندسی پیشرفته استفاده کرد و توانست برای اولین بار روند الگوریتم ژنتیک (GA) را به زبان کامپیوتر در آورد و برای آن یک زبان برنامه نویسی ابداع کند که به این روش برنامه نویسی, برنامه نویسی ژنتیک (GP) گویند و نرم افزاری که توسط وی ابداع گردید به نرم افزار LISP مشهور است که هم اکنون نیز این نرم افزار کاربرد زیادی در حل و بهینه سازی مسائل مهندسی پیدا کرده است .

الف-۳- تاریخچه بیولوژیکی

بدن هر موجود زنده ای از سلول تشکیل یافته است و هر سلول هم از کروموزوم تشکیل یافته است. کروموزومها نیز از رشته های DNA تشکیل یافته اند.کروموزومها هم از ژن تشکیل یافته اند و به هر بلوک DNA یک ژن می گویند و هر ژن نیز از یک پروتئین خاص ومنحصر به فرد تشکیل یافته است. و به مجموعه از ژنها یک ژنوم (Genome) می گویند.

الف-۴- ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی

به طور کلی, الگوریتم‌های ژنتیکی از اجزاء زیر تشکیل می‌شوند:

الف-۴-۱- کروموزوم[۱]

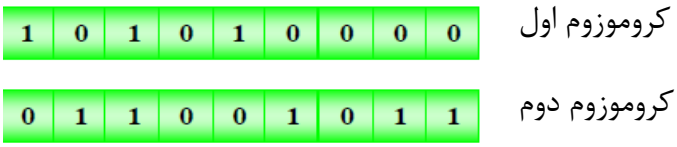
در الگوریتم‌های ژنتیکی, هر کروموزوم نشان دهنده یک نقطه در فضای جستجو و یک راه‌حل ممکن برای مسئله مورد نظر است. خود کروموزوم‌ها (راه حل‌ها) از تعداد ثابتی ژن[۲] (متغیر) تشکیل می‌شوند. برای نمایش کروموزوم‌ها, معمولاً از کدگذاری‌های مختلفی استفاده می شود روشهای کدگذاری متداول در الگوریتم ژنتیک، کدگذاری دودویی[۳]، کدگذاری جهشی [۴]، کدگذاری ارزشی[۵]، کدگذاری درختی[۶] می باشد که ما در اینجا به دو نوع از آن اشاره می کنیم.

---

[۱] Chromosome
[۲] Gene
[۳] Binary Encoding
[۴] Permutation Encoding
[۵] Value Encoding
[۶] Tree Encoding

الف-۴-۱-۱-کدگذاری دودویی

این کدگذاری، متداولترین نوع کدگذاری است. در این روش، هر کروموزوم یک رشته از بیت های شامل 0 و 1 میباشد. کدگذاری دودویی میتواند حالتهای زیادی را پوشش دهد در شکل زیر کدگذاری دودویی نمایش داده شده است.



شکل ۰الف–۱ کدگذاری دودویی

از طرف دیگر این نوع کدگذاری برای خیلی از مسایل حالت طبیعی ندارد و اغلب اوقات لازم است که بعد از عملگرهای ترکیب و جهش اصلاحاتی صورت بگیرد.

الف-۴-۱-۲-کدگذاری جهشی

در کدگذاری جهشی، هر کروموزوم یک رشته از اعداد می باشد شکل زیر نمونهای از این نوع کدگذاری را نمایش میدهد. این نوع کدگذاری می تواند در مسایل ترتیبی نظیر مساله فروشنده دوره گرد استفاده شوند.

شکل الف–۲ کد گذاری جهشی

کدگذاری به روش جهشی تنها برای مسایل ترتیبی مفید است. حتی برای همین مسایل نیز گاهی اوقات باید عملگرهای ترکیب و جهش به صورت اصلاح شده برای ایجاد کروموزومهای سازگار و مناسب انجام گیرد.

الف-۴-۲- جمعیت[۱]

مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها یک جمعیت را تشکیل می‌دهند. با تاثیر عملگرهای ژنتیکی بر روی هر جمعیت, جمعیت جدیدی با همان تعداد کروموزوم تشکیل می‌شود.

الف-۴-۳- تابع برازندگی[۲]

به منظور حل هر مسئله با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیکی, ابتدا باید یک تابع برازندگی برای آن مسئله ابداع شود.

الف-۵-عملگرهای الگوریتم ژنتیک

در الگوریتم‌های ژنتیکی, در طی مرحله تولید مثل[۳] ازعملگرهای ژنتیکی استفاده می‌شود. با تاثیر این عملگرها بر روی یک جمعیت, نسل[۴] بعدی آن جمعیت تولید می‌شود. عملگرهای انتخاب[۵] , آمیزش و جهش معمولاً بیشترین کاربرد را در الگوریتم‌های ژنتیکی دارند.

الف-۵-۱-عملگر انتخاب:

این عملگر از بین کروموزوم‌های موجود در یک جمعیت, تعدادی کروموزوم را برای تولید مثل انتخاب می‌کند. کروموزوم‌های برازنده‌تر شانس بیشتری دارند تا برای تولید مثل انتخاب شوند. از جمله این روشها می توان به انتخاب چرخ گردان ، انتخاب نخبگان ، انتخاب حالت پایدار، و... اشاره کرد. دو نمونه از این روش های انتخاب در ادامه توضیح داده می شود.

---

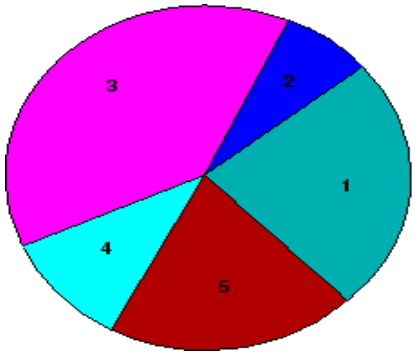
[۱] Population
[۲] Fitness Function
[۳] Reproduction
[۴] Generation
[۵] Selection

الف-۵-۱-۱-انتخاب نخبگان[۱]

مناسب‌ترین عضو هر اجتماع انتخاب می‌شود. با توجه به مقدار شایستگی که از تابع ارزیاب دریافت کرده است.

الف-۵-۱-۲-چرخ رولت[۲]

والدین با توجه به مقدار تابه برازندگی آنها انتخاب می شوند لذا بهترین کروموزم ها شانس بیشتری برای انتخاب شدن دارند. در تصویر زیر همه کروموزم های یک نسل نشان داده شده است. قسمت های مختلف این نمودار برای هر کروموزم در نظر گرفته شده است. همان طور که دیده می شود اندازه این قسمت ها با هم برابر نیست بلکه این اندازه ها به ارزشی که تابع برازندگی به هر کروموزم می دهد وابسته است.



Population	Fitness
1	25.0
2	5.0
3	40.0
4	10.0
5	20.0

شکل الف–۳ نحوه ارزیابی شایستگی در چرخ رولت

در پیاده سازی چرخ رولت با این روش، افراد روی چرخ رولت قرار داده می شوند و بر طبق مقادیر برازندگی بخشی از چرخ را اشغال می کنند .سپس چرخ چرخانده می شود و بعد از توقف، کروموزوم نشان داده شده به وسیله شاخص انتخاب می شود .فرآیند انتخاب چرخ رولت را به تعداد لازم می چرخاند و در هر بار کروموزومی را

[۱] Elitist Selection
[۲] Roulette Wheel Selection

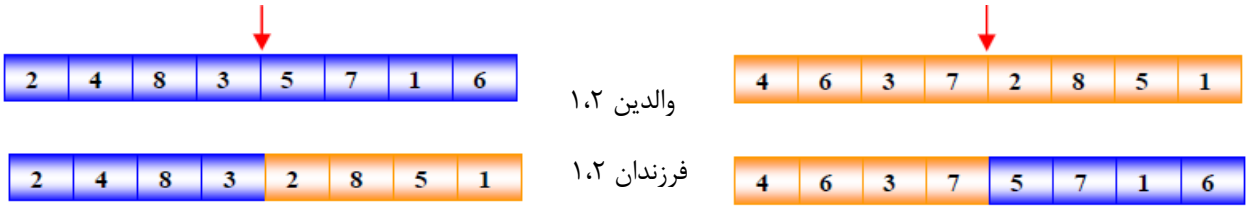
که شاخص چرخ رولت پس از متوقف شدن چرخ به آن اشاره می کند انتخاب می شود وبا توجه به شکل در می یابیم که اگر کروموزمی سطح بیشتری از چرخ را اشغال کرده باشد احتمال انتخاب شدن بیشتری دارد.

الف-۵-۲-عملگر آمیزش (Crossover):

در جریان عمل تلفیق به صورت اتفاقی بخشهایی از کروموزوم ها با یکدیگر تعویض می شوند. این موضوع باعث می شودکه فرزندان[۱]ترکیبی از خصوصیات والدین خود را به همراه داشته باشند و دقیقاً مشابه یکی از والدین نباشند.در کل هدف،تولید فرزند جدید می باشد به این امید که خصوصیات خوب دو موجود در فرزندشان جمع شده و یک موجود بهتری را تولید کند. دو نمونه از این روش های آمیزش در ادامه توضیح داده می شود.

الف-۵-۲-۱-تلفیق تک نقطه ای[۲]

اگر عملیات تلفیق را در یک نقطه انجام دهیم به آن تلفیق تک نقطه ای می گویند. تلفیق بدین صورت انجام می گیرد که حاصل ترکیب کروموزومهای پدر و مادر می باشد. روش تولید مثل نیز بدین صورت است که ابتدا بصورت تصادفی ,نقطه ای که قرار است تولید مثل از آنجا آغاز گردد ,انتخاب می گردد. سپس اعداد بعد از آن به ترتیب از بیت های کروموزومهای پدر و مادر قرار می گیرد که در شکل زیر نیز نشان داده شده است.



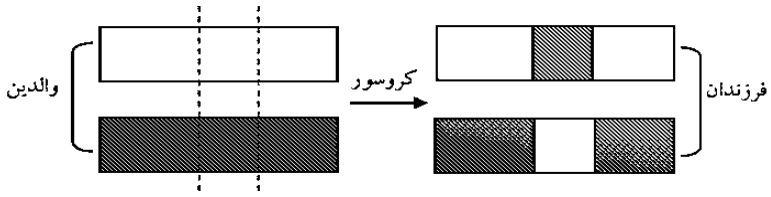
شکل ۰-۴ یک نمونه تلفیق (آمیزش)

[۱] Offspring
[۲] Single Point Crossover

در شکل بالا کروموزومهای ۱ و۲ در نقش والدین هستند. و حاصل تولید مثل آنها در رشته هائی بنام Offspring ذخیره شده است. دقت شود که علامت ↓ مربوط به نقطه شروع تولید مثل می باشد و در رشته های Offspring اعدادی که بعد از نقطه شروع تولید مثل قرار می گیرند مربوط به کروموزومهای مربوط به خود می باشند.

الف-۵-۲-۲-روش ادغام دو نقطه ای [۱]

در این روش دو مکان را به صورت تصادفی انتخاب کرده و مقادیر بین این دو نقطه را جابجا می کنیم.



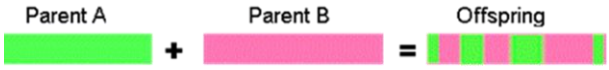
شکل الف–۵ روش ادغام دو نقطه ای

الف-۵-۲-۳-تلفیق نقطه ای[۲]

میتوانیم این عملیات را در چند نقطه انجام دهیم ، که به آن بازترکیبی چند نقطه ای می گویند.

الف-۵-۲-۴-تلفیق جامع[۳]

اگر تمام نقاط کروموزوم را بعنوان نقاط بازترکیبی انتخاب کنیم به آن بازترکیبی جامع می گوئیم.

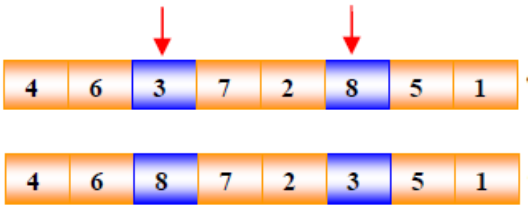


شکل ۰–۶ روش تلفیق جامع

[۱] Two-point CrossOver
[۲] Multipoint Crossover
[۳] Uniform Crossover

الف-۵-۳-عملگر جهش (Mutation)

پس از اتمام عمل آمیزش, عملگر جهش بر روی کروموزوم‌ها اثر داده می‌شود. این عملگر یک ژن از یک کروموزوم را به طور تصادفی انتخاب نموده و سپس محتوای آن ژن را تغییر می‌دهد. اگر ژن از جنس اعداد دودویی باشد, آن را به وارونش تبدیل می‌کند و چنانچه متعلق به یک مجموعه باشد, مقدار یا عنصر دیگری از آن مجموعه را به جای آن ژن قرار می‌دهد.



شکل ۰-۷ نحوه انجام عمل جهش

پس از اتمام عمل جهش, کروموزوم‌های تولید شده به عنوان نسل جدید شناخته شده و برای دور بعد اجرای الگوریتم ارسال می‌شوند.

الف-۶-روند کلی بهینه سازی و حل مسائل در الگوریتم ژنتیک

۱- شروع(Start): تولید تصادفی یک جمعیت(Population) که شامل تعداد زیادی کروموزم(روشهای حل مسئله است) می باشد.

۲- صحت و درستی(Fitness): ارزیابی صحت برای تابع f(x) به ازای هر کروموزوم x درجمعیت.

۳- ایجاد یک جمعیت جدید(New Population): تولید یک جمعیت جدید با انجام تمامی زیر گروههای زیر تا آنکه یک جمعیت جدید ایجاد گردد.

۴- انتخاب(Selection): انتخاب کروموزومهای پدر و مادر از جمعیت قبلی با توجه به صحت و درستی آن (Fitness).بطوریکه هر چه Fitnees بهتر باشد (دقت جواب در همگرائی بیشتر باشد) شانس بیشتری برای انتخاب دارد.

۵- تولید مثل(Crossover): انجام زادو ولد و ایجاد یک نسل جدید.

۶- جهش(Mutation): مشخص شدن مکان فرزند تولید شده در کروموزوم.

۷- پذیرش(Accepting): جا دادن فرزند جدید در داخل جمعیت.

۸- جایگزینی(Replace): جایگزینی جمعیت جدید به جای جمعیت قبلی و مورد استفاده قرار دادن جمعیت جدید در مراحل بعدی الگوریتم

۹- امتحان: (Test): اگر شرائط مطلوب در حل مسئله ارضا شد اعلام میکنیم که به بهترین جواب رسیده ایم و از الگوریتم خارج می شویم در غیر این صورت به مرحله ۲ یعنی Fitneess میرویم و دوباره همین روند را تکرار می کنیم.

الف-۷-شرط پایان الگوریتم

چون که الگوریتم های ژنتیک بر پایه تولید و تست می باشند، جواب مسئله مشخص نیست و نمی دانیم که کدامیک از جواب های تولید شده جواب بهینه است تا شرط خاتمه را پیدا شدن جواب در جمعیت تعریف کنیم. به همین دلیل، معیارهای دیگری را برای شرط خاتمه در نظر می گیریم:

۱- تعداد مشخصی نسل: میتوانیم شرط خاتمه را مثلاً ۱۰۰ دور چرخش حلقه اصلی برنامه قرار دهیم.

۲- عدم بهبود در بهترین شایستگی جمعیت در طی چند نسل متوالی

۳- بهترین شایستگی جمعیت تا یک زمان خاصی تغییری نکند.

مراجع:

[1] Crawford , Dale M. ,Holt , Stewort B.” **A Mathematical Optimization Technique for Locating and Sizing Distributions ,and Deriving their Optimal Service Areas**.”IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems ,Vol. PAS –94, no.2 , (1975) 230-235

[۲] طراحی ومحاسبات سیستم های توزیع انرژی الکتریکی " محمد مهدی همدانی گلشن، (۱۳۸۶)، " چاپ سوم، دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی

[3] H.K.Temraz, M.M.A.Salama,”**A Planning Model for Sitting Sizing and Timing of Distribution Substations and Defining the Associated Service Area**”, Electric Power Systems Research 62, 2002, pp.145-151.

[4] D.E.Bouchard , M.M.A.Salama, A.Y.Chi Kani , “**Optimal Distribution Feeder Routing and Optimal Substation Sizing and Placement Using Evolutionary Strategies**” , IEEE, 1994, pp.661-664

[5] Dai Hongwei, Yu Yixin, Huang Chunhua, Wang chengshan, Ge Shaoyun, “**Optimal Planning of Distribution Substation Locations and Sizes Model and Algorithm**”,IEEE TENCON’ 93BEIJING, 1993, PP.351-354

[6] O.M.Mikic,“**Mathematical Dynamic Model for Long-term Distribution System Planning**” , IEEE Transactions on power systems, Vol.1,no.1,February 1986,pp.34-40

[7] K.Aoko, K.Nara, T.Satoh, M.Kitagawa, and K.Yamanaka, “**New Approximate Method for Distribution System Planning**”, IEEE Transactions.PWRS, vol.5,no.1,1990,pp.126-132

[8] M.R. Haghifam, M. Shahabi, “**Optimal Location and Sizing of Sizing of HV/MV Substations in Uncertainty Load Environment Using Genetic Algorithm**”, Electric Power Systems Research 63 (2002) 37_50, 2002, pp.37-50

[۹] دکتر بشیری و حسین کریمی، (۱۳۸۹)،" کاربرد الگوریتم های ابتکاری و فرا ابتکاری در طراحی سیستم های صنعتی" ، چاپ اول، انتشارات صانعی .

[۱۰] اولادی م، (۱۳۸۹)، پایان نامه ارشد:" جایابی بهینه پست های فوق توزیع و فیدرهای شبکه توزیع با درنظرگرفتن تولیدات پراکنده"دانشکده برق و روباتیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

[۱۱] شهابی مجید، محمودرضا حقی فام، و غلامرضا خوش خلق، ۱۳۷۸، مکان یابی و تعیین ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پستهای فوق توزیع با روش ابتکاری، پانزدهمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو،

[12] V.Miranda, J.V.Ranito and L.M.Proenca, "**Genetic Algorithms in Optimal MultiStage Distribution Network Planning**" IEEE Transact. On Power Systems, vol.9, no.4, 1994, pp . 1927 -1933.

[۱۳] نجار، مهدی، مهدی ستوده، هادی حسینی، و ایمان ویسی، ۱۳۸۸، برنامه ریزی توسعه و جایابی پستهای فوق توزیع خراسان با روشی نوین، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو.

[۱۴] امیر باقری، سید هادی حسینی، محسن پارسا مقدم، ۱۳۸۸، "برنامه ریزی توسعه توأم پستها و خطوط فوق توزیع با در نظرگرفتن امکان احداث منابع تولید پراکنده در پستهای فوق توزیع" ، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو.

[۱۵] حسین سیفی، وحید امیر، محمد صادق سپاسیان وغلام رضا یوسفی، ۱۳۸۷،" برنامه ریزی توسعه توام پست ها و خطوط فوق توزیع به کمک الگوریتم ژنتیک GA، اجتماع مورچگان AC وترکیب ژنتیک با اجتماع مورچگان GA&AC "، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، شماره ۱.

[۱۶] فرشاد مریخ بیات، (۱۳۹۱)، الگوریتم های بهینه سازی الهام گرفته شده از طبیعت ، چاپ اول، انتشارات نص، تهران.

[17] j. Kennedy and R.Eberhart, (1995) ,'' **Particle swarm optimization**,''IEEE international conference on neural network, Piscataway, NJ, USA, pp 1942-1948.

[18] Eberhart,R.C. and Shi,Y.,(1998),''**A modified particle swarm optimizer**,''Proc. of IEEE world congress on computational intelligence,Piscataway, NJ, USA, pp 69-73.

[19] Hamidreza Modares, Alireza Alfi, Mohammad-Bagher Naghibi Sistani," **Parameter estimation of bilinear systems based on an adaptive particle swarm optimization**", Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 23, pp. 1105-1111, 2010.

[20] Alireza Alfi**, Parameter identification of chaotic dynamic systems through an improved particle swarm optimization**, Expert Systems with Applications, vol. 37, no. 5, pp. 3714-3720, 2010.

[21] Clerc, M. and Kennedy,J,''**The Particle Swarm-Explosion, Stability, and Convergence in a Multidimensional Complex Space**,''IEEE Transaction On Evolutionary Computation,6(1),pp 58-73, (2002).

[۲۲] حبیب مطیع قادر، شهریار لطفی و مهدی سید اسفهلان،(۱۳۸۹)، مروری بر برخی از روش های بهینه سازی هوشمند، چاپ اول، انتشارات شبستر

[23] Xiaohui Yuan, Hao Nie, Anjun Su, Liang Wanga, Yanbin Yuan, "**An improved binary particle swarm optimization for unit commitment problem**", Expert Systems with Applications pp. 8049–8055,

[24] K.Yahav and G.Oron, "**Optimal Location of Electrical Substation in Regional Energy Supply Systems**", Proceeding of the 1996, 19th Convention of Electrical and Electronics Engineers in palestin.

[25] صالحی مهرداد، و فریبرز اقتدارنیا، ۱۳۸۲، تهیه یک آلگوریتم جهت تعیین تعداد، محل بهینه و تخصیص بار بهینه پست های برق و پیاده سازی آن در محیط GIS، همایش ژئوماتیک ۸۲، تهران، سازمان نقشه برداری کشور

Abstract