مقاله علمی-ترویجی

تعیین مکان و اندازه بهینه پست‌های توزیع باهدف کاهش هزینه و تلفات و بهبود قابلیت اطمینان

حشمت‌الله نوری زاده/ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد/دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر/ دانشگاه سمنان/سمنان-ایران / heshmat_norizadeh@semnan.ac.ir

محسن نیاستی/ استادیار/ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر/ دانشگاه سمنان/ سمنان- ایران / Mniasati@Semnan.ac.ir

چکیده

افزایش فزاینده بارهای مصرفی و همچنین توسعه روزافزون شبکه‌های توزیع، متخصصان صنعت برق را بر آن داشته که به روش‌های دقیق‌تر و مناسب‌تری جهت استفاده بهینه از بیشترین ظرفیت شبکه‌های موجود روی‌آورند. ازجمله مهم‌ترین اقدامات در این خصوص می‌توان به انتخاب بهینه‌ی محل و ظرفیت پست‌های توزیع جهت کاهش هزینه‌ها و بهبود قابلیت اطمینان و جلوگیری از افزایش تلفات به‌منظور بالا بردن ظرفیت بارپذیری شبکه توزیع اشاره نمود. با توجه به اهمیت مسایل بهینه‌سازی در شبکه‌های توزیع، در این مقاله به جایابی بهینه پست‌های توزیع (تعیین تعداد، محل نصب، ظرفیت بهینه و حوزه سرویس‌دهی) پرداخته‌شده است. همچنین محدودیت‌های الکتریکی از قبیل افت ولتاژ مجاز، حداکثر ظرفیت بارگذاری پست‌ها، حد بارگذاری مجاز خطوط فشار ضعیف، تغذیه کلیه بارها و محدودیت ساختار شعاعی در نظر گرفته‌شده به‌نحوی‌که آرایش بهینه شبکه توزیع برای افق برنامه‌ریزی سال موردنظر حاصل شود. نتایج حاصله از مطالعات انجام‌شده بر روی شبکه توزیع نمونه، با نتایج حاصل از الگوریتم دیگر مقایسه شده که کارایی تابع هدف پیشنهادی را به‌خوبی نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: پست‌های توزیع، قابلیت اطمینان، ظرفیت بارپذیری، افت ولتاژ، ساختار شعاعی

Determination of Optimal Location and Size of Distribution Substations to Reduce Cost, Losses and Improve Reliability

Heshmatallah Nourizadeh/ Master›s Graduate/ Department of Electrical and Computer Engineering, Semnan University, Semnan, Iran/ heshmat_norizadeh@semnan.ac.ir

Mohsen Niasati*/ Assistant Professor/Department of Electrical and Computer Engineering/ Semnan University/ Semnan, Iran/ Mniasati@Semnan.ac.ir

Abstract

The increasing growth of load consumption and the increasing development of distribution networks have led the specialists of the electrical industry to take more accurate and suitable approaches into con-

sideration to use the maximum capacity of existing networks efficiently. Optimal selection of location and capacity of distribution substations to reduce the cost and improve reliability and prevent the increase of losses for increasing the loadability capacity of the distribution network are among the most important measurements. In the present paper, the optimal placement of distribution transformers (quantity, installation location, optimal capacity, and service area) has been discussed due to the importance of optimization problems in distribution networks. Moreover, electric restrictions such as permitted voltage drop, permitted loading maximum capacity of transformers, permitted limits of loading for low-voltage line, feeding all the loads, and radial structure constraint have been considered, the efficient arrangement of the distribution network for the planning horizon of the desired year is probably to be achieved. Results of studies on the sample distribution network have been compared with the results of another algorithm, which appropriately indicates the efficiency of the proposed objective function

Keywords: Distribution substations, Reliability, Loadability capacity, Voltage drop, Radial structure

۱- مقدمه

در شبکه‌های توزیع امروزی به‌خصوص با روند رو به رشد خصوصی‌سازی و افزایش چگالی بارها به دلیل افزایش رشد روزافزون بار، همواره طراحی و توسعه شبکه توزیع که جوابگوی رشد بار مصرف‌کنندگان باشد موردتوجه محققان و شرکت‌های توزیع بوده است[۱]. هدف اولیه شرکت‌های توزیع پایین آوردن هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری، نگهداری و ساخت شبکه و هم‌زمان بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه و مشترکان هم ازلحاظ فنی و هم ازلحاظ اقتصادی می‌باشد. این هدف از طریق تقویت فیدرها و پست‌های موجود و یا احداث فیدرها و پست‌های جدید با رعایت قیود فنی و بهره‌برداری محقق می‌گردد[۲]. در همین راستا، یکی از موثرترین روش‌ها برای پاسخگویی به رشد بار و نیز افزایش قابلیت اطمینان، جایابی بهینه پست‌های توزیع می‌باشد [۳]. ازآنجاکه مساله طراحی شبکه‌های توزیع یک مساله غیرخطی و گسسته می‌باشد طراحی شبکه‌های توزیع را می‌توان به سه بخش زیر تقسیم‌بندی نمود[۴].

- برآورد بار بلندمدت
- جایابی بهینه پست‌های توزیع
- مسیریابی بهینه فیدرهای فشار متوسط

برای طراحی شبکه‌های توزیع، نخستین مرحله برآورد بار بلندمدت منطقه مورد مطالعه می‌باشد در این مرحله توزیع جغرافیایی بار در سال‌های هدف پیش‌بینی می‌شود. دومین مرحله طراحی، جایابی بهینه پست‌های توزیع با توجه به پراکندگی جغرافیایی بار در سال‌های هدف است. در این مرحله محل و ظرفیت بهینه پست‌های توزیع و حوزه تغذیه آن‌ها تعیین می‌گردد. آخرین مرحله از مساله طراحی شبکه آینده، مسیریابی بهینه فیدرهای فشار متوسط برای تغذیه پست‌های توزیع جایابی شده در سال هدف است[۵-۴]. در همین راستا، تاکنون مطالعات گوناگونی در زمینه جایابی و تعیین اندازه بهینه پست‌های توزیع در شبکه‌های توزیع انجام‌شده است که در برخی از این مطالعات از روش‌های مختلفی شامل روش‌های کلاسیک مانند برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح و روش‌های مدرن مانند الگوریتم ژنتیک و الگوریتم اجتماع ذرات که به‌منظور کاهش هزینه‌های مرتبط با تلفات، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری به‌عنوان هدف طراحی استفاده‌شده است. بااین‌وجود تعداد تحقیقاتی که به موضوع تحلیل اثر پست‌های توزیع روی قابلیت اطمینان و جایابی آن‌ها در سیستم قدرت پرداخته باشد بسیار اندک است.

در مرجع [۶]، یک رویکرد جدید برای تعیین مکان و ظرفیت بهینه،اندازه و حوزه سرویس‌دهی پست‌های LV/MV ارایه و از روش‌های ریاضیاتی برای حل مساله استفاده شده و مدل تلفات لحاظ نشده است.در مرجع [۷]، از تقسیم بار کلی اندازه‌گیری شده در راس یک فیدر توزیع به مجموعه‌ای از بارهای منفرد برای جایابی بهینه استفاده می‌کند. تابع هدف بر اساس هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه تلفات با مدل بار موجود بررسی گردیده است و هزینه‌های بهره‌برداری و همچنین تعمیرات و نگهداری پست‌ها در نظر گرفته نشد. در مرجع [۸]، از الگوریتم ژنتیک به‌منظور تعیین اندازه، ظرفیت و مکان ترانسفورماتورهای توزیع باهدف کاهش هزینه‌های (سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری) استفاده‌شده و در تابع هدف تلفات و هزینه مرتبط با آن لحاظ نشده و مدل بار توان ثابت در نظر گرفته‌شده است. در مرجع [۹]، یک روش جدید برای حل مساله چند هدفه برنامه‌ریزی توسعه تولید شبکه توزیع (MDEP) ارایه‌شده است اما قابلیت اطمینان و هزینه‌های مربوط در نظر گرفته نشده است. مرجع [۱۰]، یک راه‌حل جدید برای برنامه‌ریزی توسعه بهینه پست‌های توزیع را ارایه می‌دهد. از بردار شاخص هزینه برای پیدا کردن محل بهینه سرویس‌دهی پست، استفاده‌شده است. اما مدل بار به‌صورت فازی در نظر گرفته‌شده و مدل هزینه لحاظ نشده است. مساله مکان‌یابی بهینه پست‌های توزیع MV / LV توسط الگوریتم رقابتی استعماری (ICA) باهدف کاهش هزینه و تلفات سیستم در [۱۱] انجام‌شده است. در مرجع [۱۲]، برای حل مساله مکان‌یابی پست‌های توزیع یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح (MILP) با دو تابع هدف (هزینه بهره‌برداری و انرژی تامین نشده) ارایه‌شده است. در مرجع [۱۳]، یک روش جدید مبتنی بر الگوریتم خوشه‌بندی(k-means) برای تعیین محل، اندازه و ظرفیت بهینه پست‌های توزیع ارایه‌شده است. تابع هدف شامل تلفات و هزینه‌های (سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و تلفات) می‌باشد اما محدودیت‌های الکتریکی به‌طور کامل لحاظ نشده است. در مرجع [۱۴]، یک مدل بهینه‌سازی برای مدیریت ظرفیت پست‌های توزیع در طول اجرا دوره برنامه‌ریزی پیشنهادشده است که تلفات و هزینه‌های (سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری، هزینه تعمیرات و نگهداری) در نظر گرفته شده است.در مرجع [۱۵]، یک مدل برنامه‌ریزی سیستم توزیع محدب چندمرحله‌ای برای یافتن بهترین مکان بهینه پست توزیع برای یک افق مشخص ارایه‌شده است.در مرجع [۱۶]، برای حل مساله مکان‌یابی پست‌های توزیع از الگوریتم ترکیبی مبتنی بر موقعیت جغرافیایی با روش رقابت جمعیت (BBOPC) استفاده‌شده است. در

مدل پیشنهادی، تلفات و هزینه‌های ارزش فعلی سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری، هزینه تعمیرات و نگهداری و ارزش پست‌ها لحاظ شده است اما تاثیر قابلیت اطمینان در سیستم توزیع در مساله بهینه‌سازی صرفه نظر شده است. از نوآوری‌های این مقاله در نظر گرفتن قابلیت اطمینان و هزینه‌های آن در سیستم توزیع و تاثیر آن بر شبکه توزیع می‌باشد.

در همین راستا، هدف از این مقاله در نظر گرفتن قابلیت اطمینان و بهبود آن با استفاده از تعیین بهترین مکان نصب پست‌های توزیع و کاهش تلفات فیدرها و هزینه‌های مربوط به پست‌های توزیع می‌باشد. علاوه بر این، برای نزدیک بودن روش به طراحی‌های واقعی از هر دو نوع پست‌های هوایی و زمینی استفاده‌شده است. جهت انجام بهینه‌سازی از الگوریتم جستجوی موجودات همزیست (SOS) استفاده‌شده و با نتایج حاصل از الگوریتم‌های (GA،ICA،BBO) مقایسه شده است. در این مقاله ضمن معرفی الگوریتم پیشنهادی و تعریف تابع هدف مساله و قیود حاکم بر آن، مطالعات و شبیه‌سازی‌ها برای یک سیستم نمونه انجام می‌شود و نتایج آن موردبررسی قرار میگیرد.

۲- الگوریتم جستجوی موجودات همزیست (SOS)

یکی از کاربردی‌ترین روش‌های مورداستفاده در زمینه بهینه‌سازی، الگوریتم جست‌وجوی موجودات همزیست (SOS) است. الگوریتم جستجوی موجودات همزیست توسط چنگ و پرایوگو [۱۷] برای اولین بار در مجله کامپیوتر و ساختارها معرفی شد. این روش یکی از جدیدترین روش‌های حل مساله فرا ابتکاری است که رفتار تعاملی بین موجودات در طبیعت را شبیه‌سازی می‌کند. موجودات به‌ندرت تنها زندگی می‌کنند، چون برای تامین مواد غذایی و حتی برای بقا به گونه‌های دیگر احتیاج دارند. این رابطه‌ی مبتنی بر وابستگی را همزیستی می‌نامند. روابط همزیستی ممکن است اجباری باشد، یعنی دو موجود برای بقا به یکدیگر وابسته‌اند، یا اختیاری باشد، به این معنی که رابطه‌ی غیرضروری بین دو موجود وجود دارد که برای هر دو سودمند است. روابط همیاری، هم‌سفرگی و انگلی رایج‌ترین روابط موجود در طبیعت هستند. برای اجرا الگوریتم ابتدا مقداردهی اولیه اکوسیستم انجام می‌شود که شامل (تعداد ارگانیسم‌ها،اکوسیستم اولیه و شرط خاتمه) می‌باشد و در مرحله بعد به شناسایی بهترین ارگانیسم می‌پردازد. بعد از مشخص شدن بهترین ارگانیسم به‌منظور تعامل با سایر ارگانیسم‌ها وارد سه فار همیاری، هم‌سفرگی و انگلی می‌شود که شبیه مدل تعامل بیولوژیک دنیای واقعی می‌باشد.

۲-۱- فاز همیاری

در این فاز از الگوریتم که تقلیدی از رابطه همیاری است، X_i ، iامین موجود اکوسیستم است. سپس، موجود دیگری، X_j به‌طور تصادفی از اکوسیستم انتخاب می‌شود تا با تعامل کند. جواب‌های کاندید جدید برای X_i و X_j بر اساس همزیستی همیاری بین موجود X_i و موجود X_j، محاسبه می‌گردد که در معادلات زیر مدل‌سازی شده است:

$$X_{inew} = x_i + rand(0.1)\,(X_{best} - Mutual_Vector \times BF_1) \quad (۱)$$

$$X_{jnew} = x_j + rand(0.1)\,(X_{best} - Mutual_Vector \times BF_2) \quad (۲)$$

$$Mutual_Vector = \frac{x_i + x_j}{2} \quad (۳)$$

X_{inew}، X_{jnew} i،j اُمین موجود جدید در اکوسیستم در فاز همیاری می‌باشد. X_i ، i اُمین موجود اکوسیستم است و X_j به‌طور تصادفی از اکوسیستم انتخاب می‌شود. rand(0,1) در معادله (۱) و (۲) بردار اعداد تصادفی است. بر اساس مطابق نظریه تکامل داروین، «تنها موجودات مناسب برتری خواهند یافت» و همه موجودات مجبور به افزایش درجه سازگاری خود با اکوسیستم خود خواهند شد. در این میان برخی از آن‌ها برای افزایش سازگاری بقا از روابط همزیستی با دیگر موجودات استفاده می‌کنند. کاربرد x_{best} در این بخش نمایان است زیرا x_{best} نشان‌دهنده بالاترین درجه سازگاری است. بردار Mutual_vectorرابطه بین ارگانیسم X_i و X_j را نشان می‌دهد. نقش BF1 و BF2 به شرح زیر توضیح داده می‌شود. در طبیعت، برخی از روابط متقابل ممکن است برای یک موجود نسبت به یک موجود دیگر داری نفع بیشتری برای ماندن در اکوسیستم باشد. به‌عبارت‌دیگر موجود A ممکن است هنگام تعامل با موجودB نفع بیشتری را کسب کند. به همین منظور، ضریب‌های سود(BF2وBF1) به‌طور تصادفی به بین ۱ یا ۲ تعیین می‌شوند. (به‌طور مثال BF2 =2 و BF1=1) این عوامل نشان‌دهنده میزان سود هرکدام از دو موجود X_i و X_j است. در قسمت ($x_{best} - Mutual_vector \times BF2$)، تلاش موجودات برای رسیدن به بالاترین حد سازگاری موجود در طبیعت شبیه‌سازی می‌شود. مراحل اجرای فاز همیاری به شرح زیر است:

۱- انتخاب تصادفی یکی از ارگانیسم X_j به‌طوری‌که $X_j \neq X_i$

۲-تعیین بردار روابط متقابل(Mutual_vector) طبق رابطه (۳) و ضریب بهره‌وری (BF) مطابق روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$BF1=randnum\ (either\ 1\ or\ 2) \quad (۴)$$

$$BF2=randnum\ (either\ 1\ or\ 2) \quad (۵)$$

۳- انتخاب تصادفی یکی از ارگانیسم X_j به‌طوری‌که $X_j \neq X_i$ مطابق روابط (۱) و (۲).

۴- محاسبه تابع برازش برای ارگانیسم‌های تغییریافته $num_{fit_{eval}} = num_{fit_{eval}} + ۲$ که درآن $num_{fit_{eval}}$ بهترین مقدار ارگانیسم می‌باشد که با مقدار جدید و در صورت تغییر مقدار ثابت ۲ جمع می‌شود. در مرحله بعد چک می‌شود که آیا ارگانیسم‌های تغییریافته مناسب هستند؟ درصورتی‌که این ارگانیسم‌های تغییریافته قابل‌قبول نباشد، ارگانیسم‌ها قبلی حفظ می‌شود و درصورتی‌که این ارگانیسم‌های تغییریافته قابل‌قبول باشند این ارگانیسم‌ها، جایگزین ارگانیسم‌های قبلی می‌شود و وارد فاز هم‌سفرگی می‌شود.

۲-۲ فاز هم‌سفرگی

مانند فاز همیاری، در فاز هم‌سفرگی یک موجود X_j به‌طور تصادفی از اکوسیستم انتخاب می‌گردد تا با X_i تعامل کند. جواب کاندید جدید X_i بر طبق همزیستی هم‌سفرگی بین موجود X_i و X_j موجود محاسبه می‌گردد که در معادله (۶) مدل‌سازی شده است.

$$X_{inew} = x_i + rand(-۱.۱)\,(X_{best} - x_j) \quad (۶)$$

که در این رابطه، rand(-۱.۱)درواقع محدوده شروع فاز هم‌سفرگی تعیین‌شده است. که درواقع محدودی مقداردهی اولیه متغیرهای موجود در اکوسیستم در فاز هم‌سفرگی را تعیین می‌کند و (X_{best}-X_j) مزیت منفعتی تامین‌شده توسط X_j برای کمک به X_i جهت افزایش دادن مزیت بقای آن در اکوسیستم را نشان می‌دهد.

مراحل اجرای فاز هم‌سفرگی به شرح زیر است:

۱- انتخاب تصادفی یکی از ارگانیسم X_j به‌طوری‌که $X_j \neq X_i$

۲-ایجاد تغییر در ارگانیسم‌های X_i به کمک ارگانیسم X_j طبق رابطه (۶).

۳- محاسبه تابع برازش برای ارگانیسم‌های تغییریافته $num_{fit_{eval}} = num_{fit_{eval}} + 1$

۴-در مرحله بعد چک می‌شود که آیا ارگانیسم‌های تغییریافته مناسب‌تر هستند؟ درصورتی‌که این ارگانیسم‌های تغییریافته قابل‌قبول نباشند، ارگانیسم‌های قبلی حفظ می‌شود و درصورتی‌که

این ارگانیسم‌های تغییریافته قابل‌قبول باشند این ارگانیسم‌ها، جایگزین ارگانیسم‌های قبلی می‌شود و وارد فاز انگلی می‌شود.

۲-۳- فاز انگلی

در این فاز از الگوریتم، موجود X_i از طریق ایجاد انگلی مصنوعی به نام (بردار واسط انگل) نقشی شبیه پشه آنوفل دارد. با تکثیر موجود X_i در فضای جستجو و سپس با استفاده از یک عدد تصادفی برای تعدیل ابعادی که به‌طور تصادفی انتخاب‌شده‌اند، بردار واسط انگل ایجاد می‌گردد. موجود X_j به‌طور تصادفی از اکوسیستم انتخاب می‌گردد و در نقش میزبان بردار انگل عمل می‌کند. بردار انگل تلاش می‌کند جایگزین X_j در اکوسیستم شود. سپس هر دو موجود برای اندازه‌گیری سازگاری‌شان ارزیابی می‌شوند. مراحل اجرای فاز انگلی به شرح زیر است:

۱-موجود X_i یک انگل می‌باشد که یک بردار انگل ایجاد می‌کند.

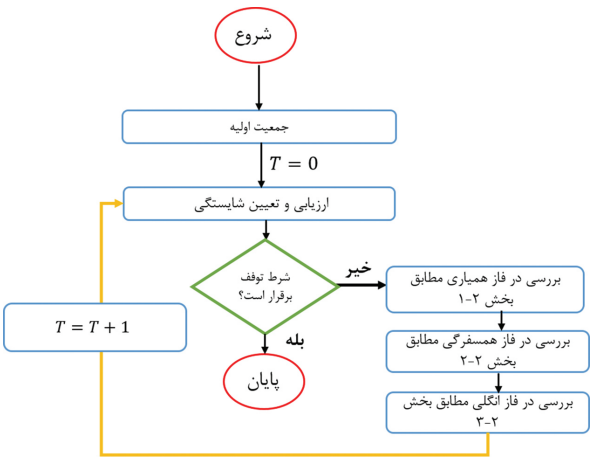
۲- انتخاب تصادفی یکی از ارگانیسم X_j به‌طوری‌که $X_j \neq X_i$

۳- محاسبه تابع برازش برای ارگانیسم‌های تغییریافته برای بردار انگل و X_j

۴- اگر مقدار سازگاری بردار انگل بیشتر باشد، موجود X_j را می‌کشد و جای آن را در اکوسیستم می‌گیرد

۵- اگر مقدار سازگاری موجود X_j بیشتر باشد، موجود X_j در برابر بردار انگل ایمنی خواهد داشت و بردار انگل دیگر نمی‌تواند در اکوسیستم زندگی کنند.

در این الگوریتم، تقلید تعامل بیولوژیک بین دو موجود در اکوسیستم، بر تولید جواب تازه حاکم است و هر موجود در تمام فازها با موجود دیگر تعامل می‌کند. این فرآیند تکرار می‌شود تا معیارهای خاتمه برآورده گردد.



شکل ۱:فلوچارت الگوریتم پیشنهادی حل مساله

استفاده از روش‌های کلاسیک جدایی از دقت بالای جواب‌ها و سادگی و قابل‌فهم بودن آن‌ها در توابعی که فضای جستجو بسیار گسترده باشد با توجه به روش زمان‌بر بوده، عدم همگرایی جواب‌ها در صورت زیاد بودن متغیرها و قیود و همچنین به‌علت شرایط سخت و پیچیده در نقاط مرزی فضای مساله و ناپیوستگی آن‌ها یافتن جواب بهینه در این روش، نیازمند صرف زمان زیادی است. وجود موارد و مشکلات بالا در محاسبه توابع هدف مسایل باعث شد به‌منظور حل مساله موجود الگوریتم فر ابتکاری انتخاب گردد که دارای الگوریتم و فرمولاسیون ساده و قابل‌درک، پیاده‌سازی ساده، سرعت بیشتر،رفع مشکل عدم همگرایی، کاهش بهینه فضای جستجو مساله باشد و به‌راحتی و در کمترین زمان ممکن جواب‌های مناسب و بهینه‌ای نزدیک به جواب بهینه کلی را برای یک مساله بهینه‌سازی پیدا کند.

۳- مدل‌سازی شبکه و تحلیل ریاضی مساله بهینه‌سازی

هدف از مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه توزیع، تامین انرژی مصرف‌کنندگان با کمترین هزینه و با در نظر گرفتن قیود فنی و اقتصادی و باقابلیت اطمینان مناسب هست. بدین ترتیب مساله جایابی بهینه پست‌های توزیع را می‌توان به‌صورت زیر مدل‌سازی نمود:

$$TCOP = min \sum_{i=1}^{N} (C_{Inv} + C_{Opa} + C_R) + \vartheta \sum_{j=1}^{j} \sum_{i=1}^{I_J} IL_{ij} \quad (۷)$$

کمینه‌سازی هزینه‌ها، تلفات و بهبود شاخص‌های قابلیت اطمینان اهداف در نظر گرفته‌شده در این مقاله می‌باشند. هزینه‌ها در این تابع هدف در سه بخش در نظر گرفته‌شده است. در بخش نخست هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری، در بخش دوم هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری و در بخش سوم هزینه‌های مربوط به قابلیت اطمینان بررسی می‌شود. در بخش دوم این تابع هدف به تلفات توان به‌عنوان یک شاخص مهم پرداخته‌شده است.در بخش دوم از تابع هدف شاخص تلفات در فیدر فشار ضعیف بر اساس کمینه کردن تلفات ارایه‌شده است. با توجه به این‌که مقدار تلفات به‌صورت RI^2 می‌باشد بنابراین برای کمینه کردن تلفات ازآنجاکه I متناسب با P_i و R متناسب $Dist_{ij}$ می‌باشد بنابراین شاخص تلفات به‌صورت $P_i^2\ Dist_{ij}$ است که برای هرکدام از بارها و پست‌ها تعریف می‌شود.در مبحث جایابی پست‌های توزیع، هدف انتخاب بهترین مکان از بین نقاط کاندیدا است به‌نحوی‌که کمترین هزینه‌ها و کمترین تلفات ممکن حاصل شود. مزیت عمده‌ی این تابع هدف، دقت بالا به علت در نظر گرفتن بیشتر محدودیت‌های بهره‌برداری سیستم توزیع است. به‌منظور واقعی‌تر شدن مساله یک ضریب تصحیح به علت عدم تغذیه بار بلوک ضرب می‌شود که مقداری بسیار بزرگ دارد. در ادامه مدل ریاضی هرکدام از توابع بالا ارایه می‌شود.

۱-۳- هزینه‌های سرمایه‌گذاری

این بخش از تابع هدف، شامل هزینه خرید زمین، هزینه خرید تجهیزات اولیه، هزینه‌ای اولیه فیدرها و در صورت لزوم هزینه خرید و نصب فیدر و کابل که در این تابع هدف در نظر گرفته‌شده است. بنابراین، هزینه‌های سرمایه‌گذاری به‌صورت زیر مدل‌سازی می‌شود:

$$C_{Inv} = C_{BL} + C_{PPe} + C_{Inflv} + C_{Dflv} + C_{Ins_trans} \quad (۸)$$

که در آن:

$$C_{BL} = \sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i * C_{Bgi} * Dimensions \quad (۹)$$

$$C_{PPe} = \sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i . C_{Trans_eque} \quad (۱۰)$$

$$C_{Inflv} = \sum_{i=1}^{n_{sub}} \sum_{j=1}^{n_{loadi}} V_{mf} . Dist_{ij} \quad (۱۱)$$

$$C_{Dflv} = D_c(KVA) * 3 * R * \frac{{I_{LOADn}}^2}{1000} \quad (۱۲)$$

$$C_{Ins_trans} = \sum_{i=1}^{n_{Bloak}} CB_{PTi}\,(F_i(KVA) * W) \quad (۱۳)$$

این بخش از تابع هدف خود به پنج قسمت تقسیم می‌شود که قسمت نخست آن مربوط به هزینه خرید زمین موردنیاز برای احداث پست‌های توزیع موردنظر می‌باشد درواقع این هزینه از نوع هزینه ثابت می‌باشد و در ابتدای دوره مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود و شامل هزینه احداث هرکدام از پست‌های توزیع در شبکه توزیع می‌باشد که به نوع و ظرفیت آن وابسته است. قسمت دوم که مربوط هزینه سرمایه‌گذاری اولیه مربوط به (هزینه خرید ترانسفورماتورها و تجهیزات مرتبط با آن و ساخت پست‌ها) می‌باشد. قسمت سوم مربوط به هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه فیدرهای فشار ضعیف هزینه‌های (سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه احداث)، قسمت چهارم مربوط به هزینه دیماند فیدرهای فشار ضعیف می‌باشد. درواقع هزینه دیماند، هزینه‌ای است که به‌صورت پرداخت‌های سالیانه دریافت می‌شود و شامل هزینه تلفات فیدر و هزینه مربوط به افزایش سرمایه‌گذاری در بخش انتقال توان می‌باشد. قسمت پنجم به‌عنوان بخش پایانی به‌منظور مدل کردن هزینه‌های مربوط به نصب ترانسفورماتورها ارایه‌شده است. به‌منظور کمینه‌سازی فاصله بین بارها و پست‌های توزیع از معیار تلفات و معیار نزدیک‌ترین فاصله مطابق رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$Dist_{ij} = \sqrt{\left(X_{subi} - X_{loadj}\right)^2 + \left(Y_{subi} - Y_{loadj}\right)^2} \quad (۱۴)$$

با توجه به افزایش رشد بارها و چگالی بار در منطقه موردنظر شبکه دچار افت ولتاژ یا کمبود ظرفیت پست‌های موجود می‌شود. در این حالت اگر پست‌های توزیع مربوط توانایی تامین اضافه‌بار پیش‌بینی‌شده را داشته باشند می‌توان با افزایش ظرفیت مشکل اضافه‌بار پیش‌بینی‌شده را برطرف کرد در غیر این صورت دچار اضافه‌بار می‌شود. به این منظور در این بخش ضریب اضافه‌بار در ظرفیت پست‌های توزیع اعمال می‌شود و به‌صورت زیر تعیین می‌گردد.

$$W = \frac{(1+G)^{Year}}{F_{LS} + F_{ols}} \quad (۱۵)$$

۳-۲-هزینه‌های بهره‌برداری

این بخش از تابع هدف شامل دو قسمت است که بخش اول مربوط به هزینه‌های تلفات پست‌ها و فیدرهای موجود می‌باشد. در بخش دوم آن نیز هزینه تعمیر و نگهداری از پست‌های توزیع و فیدرها بیان‌شده که با توجه به نوع و ظرفیت هر پست توزیع برابر با یک مقدار مشخص است و شامل هزینه بهره‌برداری از پست‌ها می‌باشد که با توجه نوع پست‌های انتخاب شده تعیین می‌گردد. بنابراین، هزینه‌های بهره‌برداری به‌صورت زیر مدل‌سازی می‌شود:

$$C_{Opa} = C_{losses_flv} + C_{losses_cu} + C_{Losses_core} + C_{Rm_sub} + C_{Rm_feede} \quad (۱۶)$$

که به‌صورت:

$$C_{losses_flv} = [\sum_{i=1}^{n_{sub}} \sum_{j=1}^{n_{loadi}} 3.zm_{ij}.{Im_{ij}}^2] LSF.\alpha.\varphi \quad (۱۷)$$

$$C_{losses_cu} = [\sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i.P_{cui}.(F_{Oper})^2]\, LSF.\alpha.\varphi \quad (۱۸)$$

$$C_{Losses_core} = [\sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i.P_{corei}]\, \alpha.\varphi \quad (۱۹)$$

$$C_{Rm_sub} = 0.15 * [\sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i.C_{ope-subi}]\, \alpha.\varphi \quad (۲۰)$$

$$C_{Rm_feeder} = [\sum_{i=1}^{n_{sub}} \sum_{i=1}^{n_{loadi}} C_{ope-fdij}.Dist_{ij}]\, \alpha.\varphi = \%20V_{mf} \quad (۲۱)$$

در این بخش از تابع هدف، در قسمت نخست به هزینه تلفات در فیدرها قسمت دوم و سوم به هزینه تلفات در ترانسفورماتورها (شامل تلفات مسی و تلفات آهنی)، قسمت چهارم هزینه‌های تعمیرات و نگهداری پست‌ها و درنهایت در قسمت پنجم هزینه تعمیرات و نگهداری فیدرها ارایه شده است. این قسمت از تابع هزینه جزء هزینه‌های متغیر است، یعنی در طول دوره برنامه‌ریزی صرف می‌گردد بنابراین با استفاده از یک ضریب اقتصاد مهندسی هزینه‌های جاری را به ارزش کنونی تبدیل می‌کنیم.

$T=T_h*۳۶۵*۲۴$ زمان در ساعت (برای دوره پایه $T_h=1$ و برای دوره بلندمدت $T_h=10$) در نظر گرفته‌شده است. در واقع به‌منظور بررسی دقیق‌تر و همچنین رسیدن به جواب بهینه‌تر این مطالعات با این فرض انجام‌شده که شبکه توزیع مورد مطالعه به شبکه بالادست متصل شده و با توجه به این فرض در این بخش هزینه‌ای مرتبط با زمین و اتصال پست‌های توزیع در مکان کاندید به شبکه بالادستی فرمول دوم هزینه سرمایه‌گذاری C_{ppe} در نظر گفته‌شده است.

$$\varphi = \left(\frac{1+Infr}{1+Intr}\right)^T \quad (۲۲)$$

$$f_{ope_trans} = \frac{S_i}{S_{ni}} \quad (۲۳)$$

۳-۳- هزینه‌های قابلیت اطمینان

بررسی و مطالعه قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع با توجه به بالا بودن نرخ خاموشی و قطعی مشترکان در شبکه‌های توزیع، محاسبه قابلیت اطمینان در این بخش نسبت به دو بخش دیگر (تولید و انتقال) دارای اولویت و اهمیت بالایی می‌باشد. در همین راستا، در این بخش تابع هدف شامل دو قسمت می‌باشد که در قسمت اول شاخص‌های مربوط به مصرف‌کننده و سیستم و در قسمت دوم شاخص‌های مربوط به بار و انرژی ارایه‌شده است. بنابراین هزینه‌های قابلیت اطمینان به‌صورت زیر مدل‌سازی می‌شود:

$$C_R = C_{Inter\,SAIFI} + C_{Inter\,SAIDI} + C_{InterASAI} + C_{InterENS} \quad (۲۴)$$

شاخص‌های مربوط به مصرف‌کننده و سیستم به‌صورت زیر می‌باشد:

$$C_{Inter\,SAIFI} = (SAIFI * C_{SAIFI} * N_C) \rightarrow C_{Inter\,SAIFI} = (SAIFI * W_{SAIFI}) * \varphi \quad (۲۵)$$

$$C_{InterSAIDI} = (SAIDI * C_{SAIDI} * N_C) \rightarrow C_{InterSAIDI} = (SAIDI * W_{SAIDI}) * \varphi \quad (۲۶)$$

$$C_{InterASAI} = (ASAI * C_{ASAI} * N_C) \rightarrow C_{InterASAI} = (ASAI * W_{ASAI}) * \varphi \quad (۲۷)$$

در قسمت نخست شاخص‌ها درواقع برای سیستم و مصرف‌کننده

بیان‌شده و این شاخص‌های تمام مصرف‌کنندگان (مصرف‌کننده خانگی کوچک و یا مصرف‌کننده صنعتی بزرگ) دارای اهمیت یکسانی می‌باشند. در قسمت دوم شاخص‌های مربوط به بار و انرژی بررسی می‌شود. این شاخص‌ها به علت واقعی‌تر بودن شرایط ارزیابی عادلانه‌تری از قابلیت اطمینان سیستم فراهم می‌آورند. شاخص‌های مربوط به بار و انرژی به شرح زیر می‌باشد:

$$C_{InterENS} = (ENS * C_{ENS} * N_C) \rightarrow C_{InterENS} = (ENS * W_{ENS}) * \varphi \quad (۲۸)$$

۴-۳- معرفی قیود فنی حاکم بر شبکه

برای رسیدن به نقطه بهینه در مساله بهینه‌سازی باید محدودیت‌هایی اعمال شود که باعث افزایش سرعت رسیدن به جواب بهینه شود. در این پژوهش از ۱۲ قید کاربردی برای مساله جایابی بهینه پست‌های توزیع استفاده‌شده است که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود.

۱- تغذیه شدن تمامی بارها

$$\left(\sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i . s_i\right) . cos\varphi = load_{total} \quad (۲۹)$$

هیچ‌یک از گره‌های بار یا مجموعه‌ای از آن‌ها نباید از شبکه اصلی جدا بمانند. به‌عبارت‌دیگر تمام بارهای شبکه باید تغذیه شوند.

۲- حد بارگذاری مجاز ترانسفورماتورها

$$s_{ni} . f_{ope_trans} \geq s_i \quad (۳۰)$$

به‌منظور بهره‌برداری مطمئن و پایدار، توان تحویلی ترانسفورماتورهای شبکه در حین طراحی شبکه‌های توزیع، ضریب بهره‌برداری اقتصادی ترانسفورماتورها باید به‌صورت درصدی از توان نامی آن‌ها در نظر گرفته شود.

۳- بیشترین ظرفیت ترانسفورماتور

$$\%50 s_i < s_i^{Cap} < \%90 s_i \quad (۳۱)$$

به‌منظور افزایش طول عمر پست‌ها و نیز مسایل مربوط به بهره‌برداری و قابلیت اطمینان آن‌ها، هر پست تا حد معینی از ظرفیت نامی خود اجازه‌ی بارگذاری داشته و به‌طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرد. این قید به‌صورت رابطه‌ی بالا در مساله مدل شده است

۴- حد بارگذاری مجاز خطوط فشار ضعیف

$$|I_{ij}| \leq |I_{max}| \quad (۳۲)$$

این محدودیت از اهمیت زیادی برخوردار است و طبق آن جریان عبوری از فیدر باید در محدوده‌ی مجاز خود قرار گیرد.

۵- افت ولتاژ مجاز در محل بار

$$|\Delta v_{ij}| \leq |\Delta v_{max}| \quad (۳۳)$$

این محدودیت نیز از اهمیت زیادی برخوردار است و طبق آن ولتاژ باید در محدوده‌ی مجاز خود قرار گیرد، افت ولتاژ در سیستم توزیع فشار ضعیف به‌طور معمول نباید از ۵ درصد مقدار نامی شبکه تجاوز نماید.

۶- محدودیت تعداد نصب ترانسفورماتور

$$\sum_{i=1}^{n_{Bloak}} \delta_i \leq N_{MAX} \quad (۳۴)$$

با توجه به شبکه موردمطالعه تعداد ترانسفورماتورهای توزیع متفاوت است.

۷- محدودیت تعداد فیدر خروجی از پست

$$NP_{ij} \leq N_{ij_feeder} \quad (۳۵)$$

با توجه به شبکه موردمطالعه تعداد پست‌های توزیع متفاوت است.

۸- ظرفیت گرمایی فیدر

$$s_{fi} < s_{max}{}^{f} \quad (۳۶)$$

بیشترین توان عبوری در فیدرهای شبکه توزیع باید محدود به ظرفیت هادی‌ها باشد.

۹- پروفیل ولتاژ

$$0.95 < V_i < 1.05 \quad (۳۷)$$

دامنه ولتاژ هر شین باید طبق رابطه در رنج قابل قبولی باشد.

۱۰- شعاع تغذیه پست‌های توزیع

$$Dist_{ij} \leq R_{max}{}^{i} \quad (۳۸)$$

این قید برای جلوگیری از تغذیه بارهایی که خارج از شعاع سرویس‌دهی پست می‌باشد تعیین‌شده است.

۱۱- بیشترین طول فیدر فشار ضعیف

$$0 < L_f < 0.4 \quad (۳۹)$$

بر اساس استاندارد شبکه‌های فشار ضعیف ایران بیشترین طول فیدر فشار ضعیف ۴۰۰ متر فرض گردیده است.

۱۲- شرط شعاعی بودن شبکه

برای حفظ ساختار شعاعی شبکه توزیع باید هر نقطه بار متمرکز به‌طور کاملاً مستقیم و فقط از یک پست مشخص و معین تغذیه شود.

۴-تشریح الگوریتم حل مساله جایابی بهینه پست‌های توزیع

برای محاسبه اجزای تابع هدف که در بالا به آن‌ها اشاره گردید، با توجه به این‌که هدف اصلی مقاله جایابی بهینه پست‌های توزیع با رویکرد کاهش هزینه و تلفات و بهبود قابلیت اطمینان می‌باشد بنابراین با استفاده از الگوریتم زیر توابع هدف موجود محاسبه‌شده‌اند.

۱- داده‌های ورودی یک سری داده‌های موردنیاز برای جایابی پست‌ها می‌باشند که شامل: اطلاعات جغرافیایی منطقه موردمطالعه (طول و عرض جغرافیایی)، داده‌های مورد پیش‌بینی بار، مشخصات و داده‌های مربوط به پست‌های توزیع، داده‌های مربوط به هزینه‌های (سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری)، تعیین پارامترهای مهم در بحث بهینه‌سازی است.

۲- تشکیل ماتریس شاخص تلفات و بار: به‌منظور حداقل سازی تابع هزینه مساله جایابی و جابجایی بهینه پست‌های توزیع، بارها باید به‌گونه‌ای به پست‌های توزیع اختصاص یابند که کمترین تلفات و هزینه حاصل شود. پس از محاسبه شاخص تلفات با توجه به تابع هدف برای هریک از بلوک‌ها نسبت به هرکدام از پست‌ها، ماتریس شاخص تلفات بدین‌صورت تشکیل می‌شود که درایه ij آن، برابر با شاخص تلفات بلوک j ام نسبت به پست i ام است.

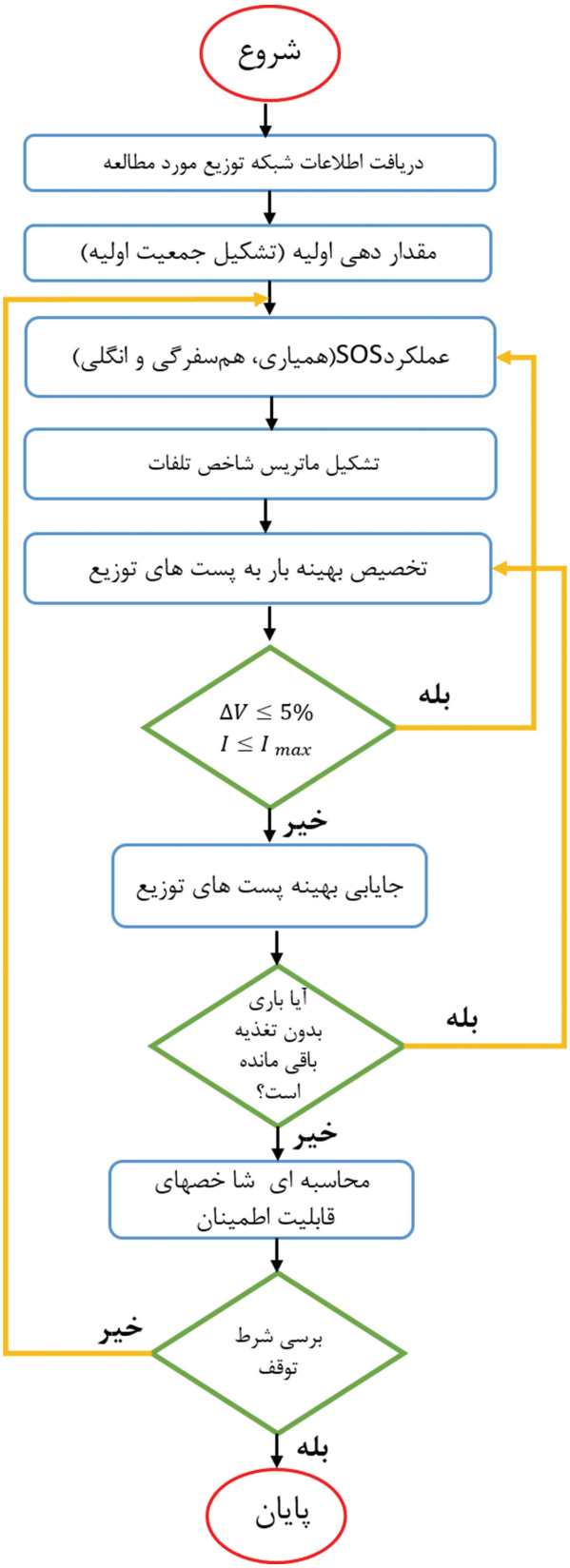
۳- تقسیم ناحیه موردمطالعه بر اساس موقعیت جغرافیایی

۴- اولویت‌بندی بهترین پست‌ها برای هر بلوک بر اساس شاخص تلفات

۵- اولویت‌بندی بلوک‌ها بر اساس حداقل شاخص تلفات آن‌ها: پس از مشخص شدن بهترین پست‌ها بر اساس ترتیب اولویت، هرکدام از بلوک‌های بار موجود با توجه به درایه اول سطر ماتریس شاخص تلفات به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند.

۶- جایابی بهینه پست‌ها بر اساس ماتریس شاخص تلفات: در این حالت بر اساس ماتریس شاخص تلفات جایابی بهینه پست‌ها صورت می‌گیرد.

۷- تخصیص بار بلوک‌ها به بهترین پست‌ها: در این بخش با توجه



شکل ۲: الگوریتم جایابی بهینه پست‌های توزیع

بـه جایابی بهینه پسـت‌های توزیع بار بلوک‌هـای متناظر با توجه اولویت‌بندی آن در مرحله قبل به بهترین پست‌ها به ترتیب اولویت اختصاص داده می‌شوند.

۸- اعمال محدودیت افت ولتاژ مجاز

۹- بررسی قید تغذیه تمام بارها

۱۰- محاسبه قابلیت اطمینان(مطابق استاندارد IEEE-1366)

۱۱- برای محاسبه تابع هدف که شامل تلفات، هزینه‌ها (سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و قابلیت اطمینان)، بهبود قابلیت اطمینان است باید با توجه به الگوریتم پیشنهادی مینیمم شود.

۱۲- استفاده از الگوریتم پیشنهادی برای مینیمم‌سازی

۱۳- در صـورت برقـراری شـرط همگرایـی الگوریتم بهینه‌سـازی پیشنهادی خاتمه پیدا می‌کند.

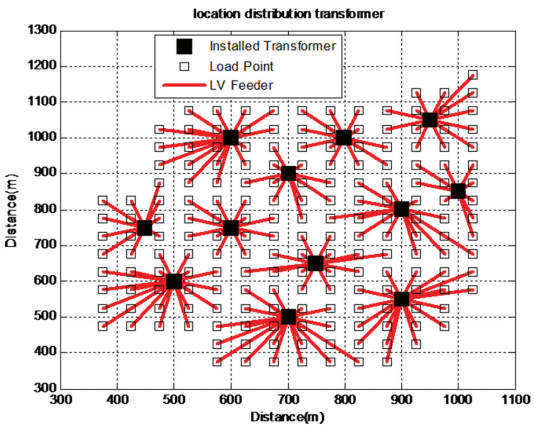
۵-پیاده‌سازی الگوریتم و تحلیل نتایج مطالعات

در ایـن مرحلـه به‌منظور تایید و بررسـی صحت عملکـرد الگوریتم ارایه‌شده نتایج مطالعه شبیه‌سازی بر روی قسمتی از یک شبکه واقعی با فرض معلوم بودن نتایج برآورد بار نشـان داده‌شـده است. هدف از بهینه‌سـازی این مسـاله تعیین بهترین مکان، ظرفیت، اندازه و زمان بهینه نصب پسـت‌های توزیع با توجه به تمـام پارامترهای مدنظر در مسـاله ارایه‌شده است. سیستم تحت مطالعه در حالت پایه‌یک منطقه با مسـاحت ۱۱۰۰*۱۳۰۰مترمربع و در حالت۱۰ساله یک منطقه با مسـاحت ۱۲۰۰*۱۶۰۰ مترمربع می‌باشد. این مطالعات به‌صورت دو سـناریو: یک‌ساله (پایه) و ۱۰ سال (دوره بلندمدت)تعریف‌شده است. همچنین پسـت‌های توزیع با ظرفیت بیشـتر از KVA ۴۰۰ به‌عنوان پسـت‌های زمینی و کمتر از این ظرفیت به‌عنوان پست هوایی در نظر گرفته‌شـده است. تعداد نقاط بار در سـناریو اول ۱۹۰در سناریو دوم ۵۸۰ نقطه بار متمرکز می‌باشـد. همچنین شـعاع مجـاز تغذیه بارها ۴۰۰ متر در نظر گرفته‌شـده است و مکانهای غیرموجه جهت احداث پست‌ها شناسایی‌شده است. در این پژوهش، ضریب بار ۰٫۷ و ضریب توان واحد و همچنین حداکثر ظرفیت بارگذاری پسـت‌ها ۹۰٪ فرض شده است.

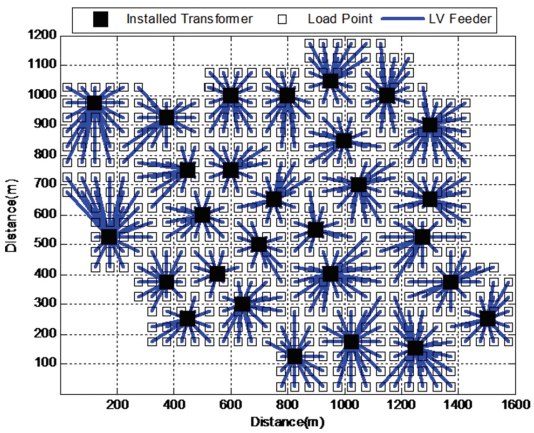
در این مطالعات از دو سناریو استفاده‌شده است. در سناریو اول جایابی بهینه پست‌های توزیع انجام‌شده و از میان پست‌های کاندید، پست‌های انتخابـی جهت تغذیه تمام بارهای موجود در شـبکه مشخص‌شـده اسـت. حال با توجه به بار مصرفی شـبکه موردمطالعه میزان رشد بار مشخص‌شـده که با توجه به برآورد بار جایابی بهینه پست‌های توزیع برای دوره ده‌سـاله با فرض بودن پسـت‌های توزیع سناریو اول(دوره پایه) در سـناریو دوم (دوره ده‌سـاله) انجام می‌شود. علت انتخاب دو سـناریو بالا بردن دقت در انتخاب بهینه پسـت‌ها و درنتیجه کاهش تلفـات و هزینه و بهبود قابلیت اطمینان می‌باشـد. همچنین انتخاب دو سناریو برای شبکه موردمطالعه باهدف برنامه‌ریزی بلندمدت برای شـبکه موردمطالعه برای جلوگیری از ایجاد مشکلات در مطالعات در طول دوره برنامه‌ریزی انجام‌شده است.

در ایـن مرحله به‌منظور انتخاب پسـت‌های جدید پیشـنهادی ابتدا مطالعات پیش‌بینی بار انجام‌شـده و با توجه به مشـخص شـدن نیاز منطقـه موردمطالعـه امکان‌سـنجی و نیازسـنجی مکان‌های نصب پسـت‌های توزیـع با توجه بـه پسـت‌های موجود ازنظـر قیود فنی و فیزیکـی (اقتصـادی) انجام می‌شـود. با توجه شـرایط گفته‌شـده پسـت‌های جدید پیشنهادی بر اساس ماتریس شاخص تلفات و معیار نزدیک‌ترین فاصله توسـط الگوریتم بهینه‌سـازی پیشنهادی انتخاب می‌شـوند و هر آرایشی که نتواند قیود فنی و اقتصادی را برآورده کند از چرخه الگوریتم خارج می‌شـود. همچنین به‌منظور رسیدن به یک

الگوی اقتصادی برای پست‌های توزیع، آن دسته از پست‌های توزیع با اولویت‌های کمتر با توجه به معیارهای سـرمایه گذری و بهره‌برداری به‌عنوان پسـت‌های پرهزینه شناخته‌شده و تابع هدف این آرایش در یک مقدار بزرگ یا بی‌نهایت ضرب شـده که باعث بزرگ شـدن تابع هدف آن آرایش‌شـده و از چرخه الگوریتم خارج می‌شـوند. تمام این مراحل توسط الگوریتم بهینه‌سازی و تابع هدف پیشنهادی با توجه به قیود موجود بر اساس ماتریس شاخص تلفات انجام می‌شود.



شکل ۳: جایابی بهینه پست‌های توزیع برای برآورد بار حالت پایه



شکل ۴: جایابی بهینه پست‌های توزیع برای حالت برآورد بار ده‌ساله

در این مطالعات،به‌منظور بررسـی کلی شـبکه موردنظر از هر دو نوع پسـت‌های توزیع زمینی و هوایی با ظرفیت‌های متنوع استفاده‌شـده است. برای مشـخص کردن نوع شبکه(هوایی و یا زمینی) با توجه به آرایش انتخاب‌شده نهایی نوع پست‌های توزیع (هوایی یا زمینی بودن ان)در منطقه موردمطالعه تعیین می‌شـود و با توجه به محدود بودن میزان هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری در رابطه (۳۴)یک قید تعیین‌شـده که در آن بیشـترین مکان مجاز پست‌های توزیع با توجه به شـرایط فنی و اقتصادی مشخص‌شده که به‌عنوان مکان‌های مجاز به الگوریتم داده‌شده است تا تعداد بهینه و اقتصادی پست‌های توزیع انتخاب شود.

با توجه به توضیحات گفته‌شـده تعداد پسـت‌های توزیع انتخابی در سناریو اول ۱۲ عدد است درحالی‌که در سناریو دوم، تعداد پست‌های توزیع انتخابی، ۲۸ عدد می‌باشـد. در هر دو سناریو موردمطالعه، تمام پسـت‌های انتخاب‌شده توسط الگوریتم بهینه‌ترین حالت می‌باشد که در آن هزینه و تلفات کاهش و سایر پارامترهای شبکه بهبود پیداکرده اسـت. در سناریو نخسـت که افق برنامه‌ریزی برای یک سال است در منطقـه مورد مطالعه تعداد ۱۲ عدد پسـت توزیع از نوع‌های هوایی و زمینی با ظرفیت‌های مختلف برای تغذیه بار مشـترکان پیشنهادشده اسـت. در این حالت اگر پسـتی دچار اضافه‌بار شـود، با از بین بردن میزان اضافه‌بار بیش‌ازحد بر روی پسـت‌های توزیع که دچار اضافه‌بار شـده‌اند علاوه بر کاهش هزینه‌های احداث پست‌های توزیع جدید با استفاده بهینه از ظرفیت پست‌های توزیع مجاور میزان تلفات و هزینه ناشـی احداث فیدرهای توزیع جدید و تلفات را کاهش داد. در هر بار اتصـال بار پسـت‌های توزیع دچار اضافه‌بار به پسـت‌های مجاور تابع هدف دوباره توسـط الگوریتم بهینه‌سازی اجرا و بهینه‌سازی می‌شود و دوباره مقدار بهینه پسـت توزیع از لحاظ فنی و اقتصادی مشـخص می‌شود.درصورتی‌که تحت هر شرایطی پست‌های توزیع مجاور نتوانند اضافه‌بار پست‌های توزیع دچار اضافه‌بار را تامین نمایند در این صورت الگوریتم بهینه‌سازی دریکی از مکان‌های پیشنهادی نزدیک به پست توزیـع دچار اضافه‌بار امکان‌سـنجی را انجـام داده و بهترین مکان با توجه به اولویت‌بندی آن‌ها به ترتیب جهت نصب پسـت توزیع جدید پیشنهادی اختصاص داده می‌شود.

با توجه به جدول (۱) مشـخص اسـت که میزان انرژی تامین نشـده حدود۵۷,۵۴درصـد و تلفات در شـبکه اصلاح‌شـده حدود۵۱ درصد کاهش‌یافته اسـت. هزینه کل بعـد از جایابی بهینـه، نیز حدود ۱۹ درصد کاهش پیداکرده اسـت. اما در سـناریو دوم، با توجه به این‌که میزان رشـد بار در سـال‌های هدف به‌طور تقریبی ۲۰ درصد در نظر گرفته‌شده و با توجه به میزان بارگذاری قبل از جایابی دوباره مشخص می‌شود که به دلیل افزایش چگالی بار و هم‌چنین رشد بار منطقه در افق ۱۰ سـاله پست‌های موجود نمی‌توانند بارهای خود را به‌طورکامل تغذیه کنند. بنابراین با توجه به رشـد بار و شـرایط فنی و اقتصادی مکان‌های کاندید مناسـب برای احداث پسـت‌های جدید با توجه به امکان‌سـنجی بهینه پیشنهاد داده‌شده اسـت که در جداول پیوست الـف محـل قرارگیری پسـت‌های کاندید برای هر دو سـناریو آورده شـده است. در سناریو دوم که افق برنامه‌ریزی برای ده سال است در منطقـه موردمطالعه تعداد ۲۸ عدد پسـت توزیع از نوع‌های هوایی و زمینی با ظرفیت‌های مختلف برای تغذیه بار مشـترکان پیشنهادشده اسـت. همچنین، به‌منظور دسـتیابی به عملکرد بهتر و درک بیشتر از شاخص‌های اسـتاندارد IEEE-1366 برای محاسبه‌ای شاخص‌های قابلیت اطمینان در شـبکه‌های توزیع شـعاعی استفاده‌شده است. با توجه به جدول (۱) مشخص است که میزان انرژی تامین نشده حدود ۴۹ درصد و تلفات در شبکه اصلاح‌شده حدود ۴۳ درصد کاهش‌یافته اسـت. همچنین هزینه کل بعد از جایابی بهینه، نیز حدود ۳۲ درصد کاهش پیداکرده است.

هم‌چنین بیشـترین درصد بارگذاری در سـناریوی نخست مربوط به پست هوایی با ظرفیت ۱۸۶.۸کیلوولت آمپر و درصد بارگذاری ۷۴.۴۰ درصد و در سـناریو دوم مربوط به پسـت زمینی بـا ظرفیت۵۵۷.۱ کیلوولت آمپر و درصد بارگذاری ۸۸,۴۰ درصد می‌باشد.

۶- نتیجه‌گیری

در ایـن مقاله، یک مـدل جامع چندمنظوره و هدفمنـد برنامه‌ریزی بهینه سیسـتم‌های توزیع برای تعیین تعـداد، مکان، ظرفیت و حوزه سـرویس‌دهی پسـت‌های توزیـع با توجه به شـرایط فعلی شـبکه، به‌منظورکاهـش هزینه و تلفات و بهبود قابلیت اطمینان شـبکه ارایه گردیـد. در ایـن پژوهش، مدل‌سـازی و مطالعات بـا در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی در شـبکه توزیع انجام‌شده و به‌منظور ارایه

جدول ۱ :نتایج قابلیت اطمینان برای دو سناریو موردمطالعه

	سناریو اول		سناریو دوم	
شاخص	قبل از جایابی	بعد از جایابی	قبل از جایابی	بعد از جایابی
SAIFI	۱.۵۶۹۸	۰.۷۴۴۵	۱.۸۹۷۴	۱.۰۹۸۱
SAIDI	۱.۲۱۹۲	۰.۸۲۳۱	۲.۱۳۲۵	۱.۲۰۸۱
ASAI	۰.۹۹۸	۰.۰۹۹۹۵	۰.۹۹۸۹	۰.۹۹۹۱
ENS	۹۸.۴۲۱	۵۸.۴۷۰	۹۶۸.۳۶	۴۹۴.۵۴

جدول ۲: نتایج برنامه‌ریزی سناریو دوم

	سناریو اول		
تعداد پست	ظرفیت پست توزیع (KVA)	ظرفیت بارگذاری (KVA)	درصد بارگذاری پست
۱	۳۱۵	۱۹۱.۱۳	۶۰,۶۳
۲	۳۱۵	۲۰۳,۱۲	۶۴,۴۸
۳	۲۵۰	۱۷۴.۸۹	۶۹.۹۵
۴	۲۵۰	۱۸۶.۸	۷۴.۴
۵	۲۵۰	۱۲۳.۴۱	۵۶.۵۰
۶	۲۰۰	۹۸.۹	۴۹.۴۵
۷	۲۰۰	۱۲۷.۵	۶۳.۵
۸	۲۰۰	۱۰۹.۸۶	۵۴.۹۳
۹	۲۰۰	۱۳۹	۶۹.۵۱
۱۰	۲۰۰	۱۳۶.۴	۶۸.۴
۱۱	۲۰۰	۱۲۲.۹	۶۱.۴۱
۱۲	۲۰۰	۸۴,۶	۴۲,۳

جدول ۳: نتایج برنامه‌ریزی سناریو اول

	سناریو دوم				سناریو دوم		
تعداد پست	ظرفیت پست توزیع (KVA)	ظرفیت بارگذاری (KVA)	درصد بارگذاری پست	تعداد پست	ظرفیت پست توزیع (KVA)	ظرفیت بارگذاری (KVA)	درصد بارگذاری پست
۱	۶۳۰	۵۰۷.۳	۸۰.۵۰	۱۵	۴۰۰	۳۴۱.۴	۸۵.۲۵
۲	۶۳۰	۵۵۷.۱	۸۸.۴۰	۱۶	۴۰۰	۳۰۰.۶۱	۷۵.۱۲
۳	۵۰۰	۴۰۶.۸	۸۱.۴۶	۱۷	۴۰۰	۲۹۰.۱۰	۷۲.۵۰
۴	۵۰۰	۴۳۵.۸۸	۸۷.۱۷	۱۸	۳۱۵	۲۴۷.۳۴	۷۸.۲۵
۵	۵۰۰	۳۷۱.۷	۷۴.۳۰	۱۹	۳۱۵	۲۱۳.۴۵	۶۷.۷۶
۶	۵۰۰	۴۱۳.۲۳	۸۲.۶۴	۲۰	۳۱۵	۲۲۹.۲۶	۷۲.۷۶
۷	۵۰۰	۴۳۱.۴	۸۶.۰۰	۲۱	۳۱۵	۲۵۲.۳۱	۸۰.۱۴
۸	۵۰۰	۳۶۰.۹	۷۲.۱۰	۲۲	۳۱۵	۲۰۵.۲۳	۶۵.۱۵
۹	۴۰۰	۲۸۳.۵	۷۰.۷۵	۲۳	۳۱۵	۱۹۸.۵۶	۶۳.۰۲
۱۰	۴۰۰	۳۳۳.۶۶	۸۳.۴	۲۴	۲۵۰	۱۲۹.۶۷	۵۱.۸۶
۱۱	۴۰۰	۳۰۵.۴۱	۷۶.۴۷	۲۵	۲۵۰	۱۴۱.۹۸	۵۶.۹۷
۱۲	۴۰۰	۲۹۱.۹	۷۲.۹۷	۲۶	۲۵۰	۱۴۶.۳۹	۵۸.۵۵
۱۳	۴۰۰	۳۳۶.۹	۸۴.۱۲	۲۷	۲۵۰	۱۸۳.۹	۷۳.۹۰
۱۴	۴۰۰	۳۱۲.۴۷	۷۸.۰۸	۲۸	۲۵۰	۱۵۳.۳۵	۶۱.۲۹

روشی واقعی‌تر از هر دو نوع پست‌هایی هوایی و زمینی با ظرفیت‌های متنوع استفاده‌شده است. همچنین به‌منظور بهینه‌سازی مساله جایابی بهینه پست‌های توزیع، از الگوریتم جستجوی موجودات همزیست (SOS) بهره گرفته است.

در این مطالعات دو سناریو تعریف‌شده است. سناریو اول و دوم به ترتیب برای یک دوره یک‌ساله و یک دوره ده‌ساله در نظر گرفته‌شده و در این دوره‌ها الگوریتم و تابع هدف پیشنهادی برای دوره یک‌ساله ۱۲ عدد پست توزیع هوایی و زمینی و برای دوره ده‌ساله ۲۸ پست توزیع هوایی و زمینی با ظرفیت‌های مختلف برای تغذیه تمام بارها پیشنهاد داده است. در سناریو اول، میزان انرژی تامین نشده حدود ۵۷ درصد و تلفات در شبکه اصلاح‌شده حدود ۵۱ درصد کاهش‌یافته است. هزینه کل بعد از جایابی بهینه، نیز حدود ۱۹ درصد کاهش پیداکرده است. در سناریو دوم، میزان انرژی تامین نشده حدود ۴۹ درصد و تلفات در شبکه اصلاح‌شده حدود ۴۳ درصد کاهش‌یافته است. همچنین هزینه کل بعد از جایابی بهینه، نیز حدود ۳۲ درصد کاهش پیداکرده است. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات برای یک شبکه توزیع نمونه، کارایی روش پیشنهادی را در طراحی شبکه‌های توزیع به‌خوبی نشان می‌دهد.

مراجع

[1] T. Gönen and I. J. Ramirez-Rosado, “Review of distribution system planning models: a model for optimal multistage planning,” IEE Proc. C Gener. Transm. Distrib., Vol. 133, No. 7, pp. 397, 1986.

[2] D. Hongwei et al., “Optimal planning of distribution substation locations and sizes - Model and algorithm,” Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 18, no. 6, pp. 353–357, 1996.

[3] K. Suresh and L. Lawrence, “Power Distribution Planning: A Review of Models and Issues,” IEEE Trans. Power Syst., vol. 12, p. 9, 1997.

[4] C.-S. Chen and T.-H. Wu, “Optimal distribution transformer sizing by dynamic programming,” Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 20, no. 3, pp. 161–167, 1998.

[5] A. Augugliaro, L. Dusonchet, and E. R. Sanseverino, “Genetic, simulated annealing and tabu search algorithms: Three heuristic methods for optimal reconfiguration and compensation of distribution networks,” Eur. Trans. Electr. Power, vol. 9, no. 1, pp. 35–41, Jan. 1999.

[6] H. K. Temraz and M. M. A. Salama, “A planning model for siting, sizing and timing of distribution substations and defining the associated service area,” Electr. Power Syst. Res., vol. 62, no. 2, pp. 145–151, 2002.

[7] Carmona Delgado, E. Romero Ramos, J. Riquelme Santos, and A. Gómez Expósito, “Distribution transformer load allocation from substation measurements and load patterns,” in IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe, ISGT Europe, pp. 76-82, 2010.

[8] J .E .Mendoza ,M .E .López ,H .E .Peña ,and D .A .Labra, ”Low voltage distribution optimization :Site ,quantity and size of distribution transformers “,Electr .Power Syst .Res ,.vol. ,91pp.2012 ,60–52 .

[9] M .Gitizadeh ,A .A .Vahed ,and J .Aghaei” ,Multistage distribution system expansion planning considering distributed generation using hybrid evolutionary algorithms“, Appl .Energy ,vol ,101 .pp.2013 ,666–655 .

[10] S .M .Mazhari ,H .Monsef ,and H .Falaghi” ,A hybrid heuristic and learning automata-based algorithm for distribution substations siting ,sizing and defining the associated service areas “,Int .Trans .Electr .Energy Syst ,.vol ,24 .no ,3 .pp. ,456–433Mar.2014 .

[11] S .N .Ravadanegh" ,A multistage expansion planning method for optimal substation placement ",Iran .J .Electr. Electron .Eng ,.vol ,10 .no ,1 .pp.2014 ,74–65 .
[12] R .R .Gonçalves ,J .F .Franco ,and M .J .Rider" ,Short-term expansion planning of radial electrical distribution systems using mixed-integer linear programming ",IET Gener. Transm .Distrib ,.vol ,9 .no ,3 .pp ,266–256 .Feb.2015 .
[13] S .Vahedi ,M .Banejad ,and M .Assili" ,Optimal location, sizing and allocation of sub transmission substations using K-means algorithm ",in IEEE Power and Energy Society General Meeting ,2015 ,vol-2015 .Septe.
[14] M .Humayun et al" ,.Optimal capacity management of substation transformers over long-run ",IEEE Trans .Power Syst ,.vol ,31 .no ,1 .pp.2016 ,641–632 .
[15] L .L .Li ,Y .F .Yang ,C .H .Wang ,and K .P .Lin" ,Biogeography-based optimization based on population competition strategy for solving the substation location problem ",Expert Syst. Appl ,.vol ,97 .pp.2018 ,302–290 .
[16] M .Home-Ortiz ,O .D .Melgar-Dominguez ,M .Pourakbari-Kasmaei ,and J .R .S .Mantovani" ,A stochastic mixed-integer convex programming model for long-term distribution system expansion planning considering greenhouse gas emission mitigation ",Int .J .Electr .Power Energy Syst ,.vol ,108 .pp. .2019 ,95–86
[17] M .Y .Cheng and D .Prayogo" ,Symbiotic Organisms Search :A new metaheuristic optimization algorithm", Comput .Struct ,.vol ,139 .pp.2014 ,112–98 .

پیوست الف

جدول ۱ : اطلاعات مربوط به محل قرارگیری پست‌های توزیع کاندید در سال پایه

X	Y
۵۰۰	۶۰۰
۴۴۹.۰۴۵	۷۵۰
۵۹۹.۳۶۳	۷۵۰
۷۰۰	۵۰۰.۶۴۹
۹۰۰	۵۴۹.۳۵۱
۷۴۹.۶۸۲	۶۴۸.۷۰۱
۹۰۰	۸۰۰.۶۴۹
۹۹۹.۳۶۳	۸۵۱.۲۹۹
۷۹۹.۳۶۳	۹۹۹.۳۵۱
۹۴۹.۶۸۲	۱۰۵۰
۷۰۰	۹۰۰
۵۹۹.۳۶۳	۹۹۹.۳۵۱

جدول۲: اطلاعات مربوط به محل قرارگیری پست‌های توزیع کاندید در دوره ده‌ساله

X	Y	X	Y
۴۴۸.۴۰۸	۲۵۱.۶۱۳	۱۰۴۹.۶۸	۶۹۹.۵۳۹
۸۲۲.۹۳	۱۲۴.۴۲۴	۱۲۹۹.۳۶	۶۴۹.۷۷
۱۰۲۴.۲	۱۷۴.۱۹۴	۱۲۹۹.۳۶	۸۹۸.۶۱۸
۶۳۹.۴۹	۳۰۱.۳۸۲	۹۹۸.۷۲۶	۸۴۸.۸۴۸
۳۷۴.۵۲۲	۳۷۶.۰۳۷	۷۴۹.۰۴۵	۶۴۹.۷۷
۵۵۰.۳۱۸	۴۰۰.۹۲۲	۳۷۴.۵۲۲	۹۲۳.۵۰۲
۱۷۳.۲۴۸	۵۲۵.۳۴۶	۱۲۲.۲۹۳	۹۷۳.۲۷۲
۱۲۴۸.۴۱	۱۵۲.۰۷۴	۱۱۴۹.۰۴	۹۹۸.۱۵۷
۱۵۰۰.۶۴	۲۵۱.۶۱۳	۵۹۸.۷۲۶	۹۹۸.۱۵۷
۹۵۰.۳۱۸	۴۰۰.۹۲۲	۸۰۰	۹۹۸.۱۵۷
۱۳۷۳.۲۵	۳۷۶.۰۳۷	۹۵۰.۳۱۸	۱۰۴۷.۹۳
۱۲۷۳.۸۹	۵۲۵.۳۴۶	-	-
۸۹۹.۳۶۳	۵۵۰.۲۳	-	-
۶۹۸.۰۸۹	۵۰۰.۴۶۱	-	-
۴۹۹.۳۶۳	۶۰۰	-	-
۴۴۸.۴۰۸	۷۴۹.۳۰۹	-	-
۶۰۱.۲۷۴	۷۴۹.۳۰۹	-	-

جدول۳: اطلاعات مربوط به ترانسفورماتورهای مورداستفاده در مطالعات انجام شده

Transformers Types (kVA)	Install Costs	Open-Circuit Losses (kW)	Short-Circuit Losses (kW)
۵۰	۲۵۹۶	۰.۱۹	۱.۱
۱۰۰	۲۹۵۹.۶	۰.۳۲	۱.۷۵
۲۰۰	۳۷۴۷.۵	۰.۵	۲.۳۵
۲۵۰	۴۱۳۱.۳	۰.۶۵	۲.۳۵
۳۱۵	۴۹۴۹.۵	۰.۸۵	۴
۴۰۰	۵۹۰۹.۱	۰.۹۳	۴.۶
۵۰۰	۷۲۶۲.۶	۱.۱	۵.۵
۶۳۰	۹۴۴۴.۴	۱.۳	۶.۵
۸۰۰	۱۲۶۶۷	۱.۶	۸
۱۰۰۰	۱۴۱۰۱	۱.۷	۱۰.۵
۱۲۵۰	۱۵۹۴۹	۲	۱۲
۱۶۰۰	۲۰۵۴۵	۲.۶	۱۷

کلمات اختصاری

TCOP	کل هزینه‌های جایابی بهینه
N	تعداد کل توابع هدف
C_{Inv}	هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری
C_{Opa}	هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری
C_R	هزینه‌های مربوط به قابلیت اطمینان
IL_{ij}	شاخص تلفات در فیدر فشار ضعیف در بار بلوک jام از پست توزیعiام
$Dist_{ij}$	فاصله بار jام از پست توزیع iام
C_{BL}	هزینه مربوط به خرید زمین
C_{PPe}	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه تجهیز و ساخت پست‌ها
C_{Inflv}	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه فیدرهای فشارضعیف
C_{Dflv}	هزینه‌های مربوط به دیماند فیدر فشار ضعیف
C_{Ins_trans}	هزینه‌های مربوط به نصب ترانسفوماتورها
δ_i	متغیر تصمیم‌گیری در صورت انتخاب برابر یک و در غیر اینصورت صفر
C_{Bgi}	هزینه خرید هر مترمربع زمین در بلوک موردنظر
dimension	ابعاد موردنیاز برای نصب و احداث پست iام
C_{Trans_eque}	هزینه خرید ترانسفورماتور و تجهیزات داخلی و مصالح ساختمان پست i ام
V_{mf}	هزینه احداث یک متر از فیدرهای فشارضعیف
n_{Bloak}	تعداد کل بلوک‌های تحت مطالعه
n_{sub}	تعداد پست توزیع پیشنهادی
n_{loadi}	تعداد بار تغذیه‌شده از پست i ام
R	مقاومت طول فیدرjام
I_{LOADn}^2	مقدار بار فیدرj ام در سالnام
D_c (KVA)	هزینه دیماند یا تقاضا فیدر jام
F_i(KVA)	متوسط تقاضای بار که توسط ترانسفورماتور i ام
W	ضریب اضافه‌بار
CB_{PTi}	هزینه خرید ترانسفورماتور خریداری شده
X_{subi} Y_{subi}	طول و عرض محل احداث پست توزیع i ام
X_{loadj}.Y_{loadj}	طول و عرض بلوک بار j ام
G	نرخ رشد سالیانه بار
F_{LS}	ضریب بار سیستم
F_{ols}	ضریب اضافه‌بار برای ترانسفورماتور
C_{losses_flv}	هزینه تلفات در فیدرهای فشارضعیف
C_{losses_cu}	هزینه تلفات مسی در پست‌های توزیع i ام
C_{Losses_core}	هزینه تلفات هسته در پست‌های توزیع i ام
C_{Rm_sub}	هزینه تعمیر و نگهداری از پست‌های توزیع iام
C_{Rm_seeder}	هزینه تعمیر و نگهداری از فیدرهای فشارضعیف
Zm_{ij}	مقاومت فیدر اتصال‌دهنده بار j ام به پست i ام
Lmij	جریان تک فاز عبوری از بار j ام به سمت پست توزیع i ام
LSF	ضریب تلفات
α	ارزش تلفات

C_{ope_fdij}	هزینه سرویس و نگهداری سالیانه از فیدر تغذیه بار jام از پست iام
C_{ope_subi}	هزینه سرویس و نگهداری سالیانه از فیدر تغذیه بار jام از پست توزیع iام
Si	توان بارگزاری شده بر روی پست توزیع iام
S_{ni}	ظرفیت نامی پست توزیع iام
T_h	طول دوره مورد مطالعه
Nc	تعداد مصرف‌کننده موجود در شبکه
$C_{InterSAIDI}$	ام i ام از پست j هزینه سرویس و نگهداری سالیانه از فیدر تغذیه‌کننده بار
$C_{InterASAI}$	ام i ام از پست توزیع j هزینه سرویس و نگهداری سالیانه از فیدر تغذیه‌کننده بار
$C_{InterENS}$	ام i توان بارگذاری شده بر روی پست توزیع
C_{SAIFI}	ام i ظرفیت نامی پست توزیع
C_{SAIDI}	طول دوره مورد مطالعه
C_{ASAI}	تعداد مصرف‌کننده موجود در شبکه
C_{ENS}	هزینه مربوط به‌کل متوسط تعداد وقفه‌ها در سیستم
W_{SAIFI}	هزینه مربوط به‌کل متوسط وقفه‌های زمانی در سیستم
W_{SAIDI}	هزینه مربوط به‌کل متوسط دسترس‌پذیری در طول دوره مطالعه
W_{ASAI}	هزینه مربوط به‌کل انرژی تامین نشده در دوره موردمطالعه
WENS	هزینه مربوط به متوسط تعداد وقفه‌ها در سیستم در یک سال
cosφ	هزینه مربوط به متوسط وقفه‌های زمانی در سیستم در یک سال
Load total	هزینه مربوط به متوسط دسترس‌پذیری در طول یک سال
s_i^{Cap}	هزینه مربوط به انرژی تامین نشده در یک سال
I_{ij}	ضریب وزنی برای شاخصSAIFI
I_{max}	ضریب وزنی برای شاخص SAIDI
Δv_{ij}	ضریب وزنی برای شاخص ASAI
Δv_{max}	ضریب وزنی برای شاخص ENS
N_{MAX}	ضریب توان شبکه
NP_{ij}	مجموع بار مصرفی تمام مشترکان
N_{ij_feeder}	ظرفیت پست توزیع iام
$s_f i$	جریان عبوری از بار j ام به سمت پست توزیع i ام
$s_{max}{}^f i$	حداکثر جریان عبوری مجاز از فیدرهای فشار ضعیف
V_i	افت ولتاژ در محل بار مشترکان
$R_{max}{}^i$	حداکثر افت ولتاژ در محل بار مشترکان
L_f	حداکثر تعداد مجاز ترانسفورماتورها
θ	تعداد بار j ام تغذیه‌شده از پست توزیع i ام
φ	حداکثر فیدر فشار ضعیف خروجی مجاز پست توزیع i ام به سمت بار j ام
f_{ope_trans}	توان عبوری از فیدر بار j ام
P_{corei}	تلفات آهنی پست توزیع i ام
P_{cui}	تلفات مسی پست توزیع i ام
Infr	نرخ تورم
Intr	نرخ بهره

***