طراحی بهینه شبکه های توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مهندس جعفر عبادی[1] مهندس مجیدرضا گلشن

محمد حاجیان[2]، حامد دونده[3]

دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد شرکت توزیع نیروی برق مرکز خراسان

چکیده

طراحی شبکه های توزیع مسئله پیچیده ای است که از ابعاد زیادی می تواند مورد بحث قرارگیرد. هر چند ابعاد مختلف طراحی شبکه های توزیع بر روی یکدیگر اثر متقابل دارند، اما از دیدگاه مهندسی این مسائل جد اگانه بررسی می شوند.درحل مسائل بهینه سازی با استفاده ازروش برنامه ریزی پویا نیز از همین روش استفاده می شود. در این مقاله سعی شده است با استفاده از الگوریتم ژنتیک طراحی بهینه شبکه های توزیع از چند جهت مورد توجه قرار گیرد.در این مقاله با فرض معلوم بودن مسیر فیدر فشار متوسط توزیع، ابتدا نوع هادی های مسیر تعیین می گردد، سپس با توجه به معلوم بودن نوع هادی ها، محاسبات مکانیکی انجام شده و پارامترهایی نظیر نوع تیرهای میانی، نوع تیرهای گره، طول اسپان میانی و ضریب اطمینان تعین شده است.

درانتها نتایج بدست آمده از محاسبات بهینه سازی برای شبکه نمونه با شبکه موجود مقایسه شده است. با استفاده از نتایج این محاسبات می توان مسائل دیگر طراحی بهینه شبکه توزیع، مانند مسیر یابی خط فشار متوسط را دقیقتر انجام داد.

واژه های کلیدی: طراحی شبکه توزیع ـ بهینه سازی ـ الگوریتم ژنتیک – نرم افزار MATLAB

۱- مقدمه

تا کنون کارهای قابل ملاحظه ای برروی کاربرد روشهای سیستماتیک برای طراحی سیستم تولید و انتقال و توزیع انجام شده است.کارآیی این روشهای سیستماتیک در سیستمهای تولید و انتقال بالا می باشد. اما در سیستم های توزیع بدلایل متعدد از جمله تنوع مسائل مربوط به آن وحجم زیاد اطلاعات مورد نیاز و همچنین تعداد زیاد قیدهای موجود، روشهای سیستماتیک کارآیی خود را از دست می دهند و معمولا در محدوده مطالعات آکادمیک باقی می مانند.

فرایند طراحی شبکه های توزیع، جستجو در فضای طرح های مختلفی است که محدودیتهای فنی آنرا تعریف می کنند و تعداد راه حلهای آن بسیار زیاد است. رفتار غیر خطی تابع هزینه مساله را بیشتر پیچیده می کند، مشکل بعدی در طراحی سیستماتیک شبکه های توزیع، اطلاعات است. که این اطلاعات ممکن است در دسترس نباشد یا هزینه‌ی جمع آوری زیادی داشته باشد یا اطلاعات مذکور به اندازه‌ی کافی دقیق نباشد.

---

۱ عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی

۲ دانشجوی کارشناسی مهندسی برق - قدرت

۳ دانشجوی کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک

به هرحال با افزایش روزافزون ابعاد و پیچیدگی های مناطق توزیع و ویژگی های بار، دست اندرکاران سیستمهای توزیع نیاز جدی به روشهای سریع و اقتصادی سیستماتیک بخش توزیع دارند تا بتوانند در توزیع انرژی الکتریکی مواردی از قبیل توزیع اقتصادی انرژی، قابلیت اطمینان آن و تداوم آن را برای مصرف کنندگان تضمین نمایند.

این مقاله بر اساس نتایج پروژه طراحی شبکه های توزیع با استفاده از روشهای هوشمند تدوین گردیده است. این پروژه در قالب طرح اینترشیپ با همکاری شرکت توزیع برق مرکز استان خراسان و دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد تعریف و اجرا شده است که یک گام عملی جهت استفاده‌ی کارشناسان و طراحان شبکه های توزیع فشار متوسط می باشد. در این پروژه با فرض معین بودن مسیر، نقاط بار و پست فوق توزیع، محاسبات الکتریکی و مکانیکی شبکه انجام شده است و بهترین آرایش برای شبکه انتخاب شده است و در اختیار طراح قرار می‌گیرد.نرم افزار این پروژه در واحد طرح ونظارت شرکت توزیع برق مرکز استان خراسان موجود است و در دسترس علاقه مندان می باشد.

برای بهینه سازی طراحی از روشهای مختلفی می توان استفاده کرد [1] الگوریتم ژنتیک بواسطه‌ی ویژگی خاص خود در بهینه سازی متغیرهای گسسته یکی از روشهای ساده و موثری است که در طراحی شبکه‌های توزیع قابل استفاده است. تعداد زیادی از پارامترهای طراحی شبکه های توزیع از نوع متغیرهای گسسته هستند، مانند نوع هادی، تعداد تیرهای میانی، نوع تیرهای انتهایی و ... . لذا از بین روشهای موجود برای بهینه سازی شبکه های توزیع این روش مورد استفاده قرار گرفته‌است.

این مقاله در چند بخش تدوین شده‌است در بخش دوم به تعریف مساله هم از جهت الکتریکی (تعیین نوع هادی) و هم ازجهت مکانیکی (مشخصات مکانیکی خط فشار متوسط) پرداخته شده است. در بخش سوم به اختصار به معرفی الگوریتم ژنتیک پرداخته و نحوه‌ی استفاده از آن در محاسبات پروژه ذکر گردیده است. در بخش چهارم نتایج بدست آمده از انجام محاسبات آمده است و بخش پنجم به نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲- تعریف مساله

یکی از مسائل متداول در طراحی شبکه های توزیع، طراحی خطوط فشار متوسط شبکه می باشد. در این مسئله محل پست فوق توزیع و محل بارها بصورت نقطه بار مشخص است و طراح باید شبکه مورد نیاز را طراحی نماید. در این طراحی، انتخاب مسیر یکی از وظایف طراح است.معمولا طراح پس از محاسبات ساده هزینه شبکه در مسیرهای مختلف، مناسبترین مسیر را انتخاب می کند .چون محاسبات انجام شده در مسیرهای مختلف دقیق نیست (بویژه هزینه ناشی از تلفات) لذا شبکه طراحی شده با شبکه بهینه اختلاف دارد.

در این پروژه سعی شده‌است راهکار مناسب ارائه گردد که بر فرض معلوم بودن یک مسیر ممکن، نوع هادی ها بصورت اقتصادی تعیین گردد. سپس بر مبنای نوع هادی، محاسبات مکانیکی انجام می‌شود. با توجه به بدست آمدن پاسخ بهینه برای این مسیرها، این امکان برای طراح فراهم است که مسیرهای متعدد ممکن دیگر را نیز آزمایش نماید و بهینه‌ترین مسیر را نیز انتخاب کند.

۲-۱ بخش الکتریکی

در این قسمت هدف از بهینه‌سازی تعیین نوع هادی از بین چهار نوع هادی پیشنهادی برای هر شاخه از مسیر شبکه است.چهار نوع هادی متداول در شبکه های توزیع عبارتند از: هادی Fox با مقطع $35\ mm^2$ هادی Mink با مقطع $70\ mm^2$ وهادی Hyena با مقطع $120\ mm^2$ وخط دو مداره هادیHyena با مقطع $120\ mm^2$ (Hyena ۲×) به گونه‌ای که

۱ـ افت ولتاژ در محدوده مجاز باشد.

۲ـ هزینه اجرای خط حداقل گردد

تابع هزینه در این مرحله از دو قسمت تشکیل شده است که شامل هزینه‌های ثابت و متغیر است. هزینه‌ی ثابت، هزینه‌ی متوسط تجهیزات و احداث شبکه است که هزینه‌ی هر کیلومتر از شبکه از سیم مورد نظر با C_{th} نمایش داده می شود. هزینه‌ی متغیر شامل هزینه ی تلفات خط در طول دوره‌ی بهره‌برداری(۳۰ سال) می باشد. با توجه به تفاوت ماهیت دو نوع هزینه، باید با استفاده از منحنی‌های

مختلف محاسبات اقتصادی، هزینه‌ها را به یک شکل تبدیل کرد. در این پروژه برمبنای [2] هزینه‌ی تلفات به ازاء یک کیلووات توان تلفاتی دربارحداکثر برابر P_C=1400 $/kW (یا ۱۱/۲ میلیون ریال برکیلووات) در نظر گرفته می شود. لذا تابع هزینه به صورت زیر تعریف می شود.

$$F = \sum_{K=1}^{M} \left\{ C_{br}(k)\, L_{br}(k) + 3 \times R_{br}(k)\, I_{br}(k)^2\, L_{br}(k)\, P_C \right\} \qquad (۱)$$

که $L_{br}(k)$ و $I_{br}(k)$ و $R_{br}(k)$ به ترتیب طول و جریان و مقاومت شاخه‌ی k ام و M تعداد شاخه‌های شبکه می باشند.

هدف حل مساله، حداقل سازی تابع فوق با رعایت قید افت ولتاژ است. یعنی شبکه‌ی بهینه ضمن کمترین هزینه‌ی ممکن، باید فاقد هرگونه افت ولتاژ غیر مجاز باشد. به عبارت دیگر ولتاژ در کلیه نقاط فیدربه عنوان مثال در محدوده‌ی 5%± 20 kv قرار گیرد. در این محاسبات برای تاثیر این قید در مساله تابع جریمه‌ی $\alpha(V_{K\max} - V_{err})$ به تابع هزینه اضافه شده‌است.

$$F = \sum_{K=1}^{M} \left\{ C_{br}(k)\, L_{br}(k) + 3 \times R_{br}(k)\, I_{br}(k)^2\, L_{br}(k)\, P_C \right\} + \alpha (V_{K\max} - V_{err}) \qquad (۲)$$

که V_{max}، ماکزیمم افت ولتاژ موجود در شبکه ، V_{err} مقدار مجاز افت ولتاژ که در این طراحی 1kv در نظر گرفته شد و α ضریب تصحیح افت ولتاژ می باشند.

۲-۲ بخش مکانیکی

بعد از تعیین نوع هادی برای تمام شاخه‌های شبکه به گونه‌ای که بهینه‌ترین شبکه را از لحاظ طراحی الکتریکی داشته باشیم. در طراحی مکانیکی، به دست آوردن نوع تیرها و ضریب اطمینان شبکه و طول اسپان میانی از اهداف بهینه‌سازی است.

با فرض اینکه نوع هادی وشرایط آب و هوایی منطقه و نوع آرایش خط و نوع مقره به عنوان ورودیهای مسئله باشند. هدف از طراحی بهینه، تعیین نوع تیرهای میانی و گره ضریب اطمینان و طول اسپان (تعداد تیرهای میانی) به گونه ای که هزینه حداقل گردد و همچنین فاصله‌ی فازها در محدوده مجاز قرار گیرد، می باشد. تابع هزینه ای که در این قسمت در نظر گرفته شده است به صورت زیر است.

$$F = t_p\, C_{t-p} + (2 \times C_{t-end}) \qquad (۳)$$

که در این رابطه:

t_p تعداد تیرهای میانی در شاخه k ام ، C_{t-p} قیمت هر تیر میانی و C_{t-end} قیمت هر تیرگره است.

همچنین قید فاصله فازها نیزباید رعایت شودکه این قید به صورت تابع جریمه زیر به تابع اصلی اضافه می شود.

$$\alpha(P_c - P_{err})^2$$

α: ضریب تصحیح فاصله مینیمم

P_c: می نیمم فاصلهٔ فاز

P_{cr} مقدار مجاز فاصلهٔ فازها که در این طراحی حداکثر ۱،۱m در نظر گرفته شده است.

هدف از بهینه سازی این است که تابع اصلی به همراه تابع جریمه حداقل گردد.

جزئیات روابط مکانیکی در مرجع [3] ذکر شده است.

۳- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک روشی جهت بهینه‌سازی است که با الهام از اصل بقای شایسته‌ترین در موجودات زنده عمل می‌کند. در این الگوریتم اعضا شایسته یک نسل، برای ایجاد نسلی از اعضای احتمالاً شایسته‌تر، ترکیب می‌شوند. تفاوت این روش با روشهای کلاسیک بهینه سازی در دومورد کلی است:

۱.در الگوریتم ژنتیک به جای تولید یک نقطه در هربار تکرار، یک جمعیت شامل تعدادی نقطه تولید می شود.

۲.در هنگام انتخاب جمعیت بعدی، برخلاف روشهای متداول، به جای انتخابهای قطعی از انتخابهای تصادفی در محاسبات استفاده می شود.

در این تحقیق، برای شبیه سازی از جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک موجود در نرم افزار MATLAB 7.0 استفاده شد. این جعبه ابزار دارای دستوراتی برای اجرای بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک در دو حالت گرافیکی و استفاده در خط فرمان است که انتخابهای زیادی به کاربر برای کنترل تمام مراحل اجرای الگوریتم می دهد.

۳-۱ ساختار رشته‌ها در الگوریتم پیشنهادی

هر رشته در الگوریتم، برای بخش الکتریکی مساله دارای 2M بیت (ژن) می باشد. M تعداد شاخه های شبکه است که برای هرشاخه دو بیت اختصاص داده شده است. علت آن نیز پیشنهاد چهار نوع هادی برای شبکه است. در نتیجه ساختار رشته‌ی ژنتیک برای قسمت الکتریکی مساله به صورت شکل (۱) است:

G_1	G_2	...	G_M

شکل ۱. رشته‌ی ژنتیک برای قسمت الکتریکی مساله

هادی های در نظر گرفته شده در چهار نوع fox و Mink و Hyena و Hyena *2 می باشند که به ترتیب دارای مقاومت کمتر و هزینه‌ی بیشتر می باشند.

در قسمت مکانیکی، رشته‌ی ژنتیک دارای دو قسمت است. بخش اول به محاسبه‌ی ضریب اطمینان می پردازد و بخش دوم نیز برای تعدادتیر میانی اختصاص داده شده است. تعداد بیتهای در نظر گرفته شده برای هر بخش نیز به میزان دقت تخصیص داده شده بستگی دارد. بعنوان نمونه برای ساختاری که در شکل (۲) نشان داد شده است. برای تعداد تیر میانی ۴ بیت اختصاص داده شده است.برای ضریب اطمینان نیز ۴ بیت اختصاص داده شده است که در بازه‌ی [4 1] با دقت ۰.۱۸ تغییر می کند.

n_4	n_3	n_2	n_1	S_4	S_3	S_2	S_1

شکل ۲. رشته‌ی ژنتیک برای قسمت مکانیکی مساله

۳-۲ جمعیت ابتدایی

برای رسیدن به پاسخ سریعتر، در اجرای الگوریتم، جمعیت اولیه را به صورت هدف دار در نظر می گیریم. به این منظوردر محاسبات مربوط به بخش الکتریکی، جمعیت اولیه‌ی تصادفی را به گونه‌ای می سازیم که حتما دارای رشته های ژنتیک تماما ۱ و همچنین بیتهای تکراری بفرم 10 باشد تا شبکه حتما ساختار تماما Hyena *2 و همچنین تماما Hyena را برای رسیدن به پاسخ بهینه و همچنین کمترین مقدار افت ولتاژ برآورد

در بخش مکانیکی به دلیل کوچک بودن طول رشته‌ی ژنتیک در نظر گرفتن این ملاحظات ضروری نمی باشد.

۳-۳ عملگر جابجایی

برای یافتن مقدار بهینه‌ی عملگر جابجایی، الگوریتم با مقادیر متفاوت اجرا شده وپاسخ به ازای مقادیر مختلف آن بررسی شده است.بر اساس این بررسی[4] مشاهده می شود که به ازاء مقدار عملگر جابجایی ۰.۹۵ بهترین پاسخ را خواهیم داشت.

۳-۳ عملگر جهش

برای این عامل از مقادیر پیش فرض موجود در نرم افزار MATLAB استفاده کردیم. در این نرم افزار برای جهش از جهشهای گوسی استفاده می شود.

۳-۴ روند اجرای الگوریتم ژنتیک

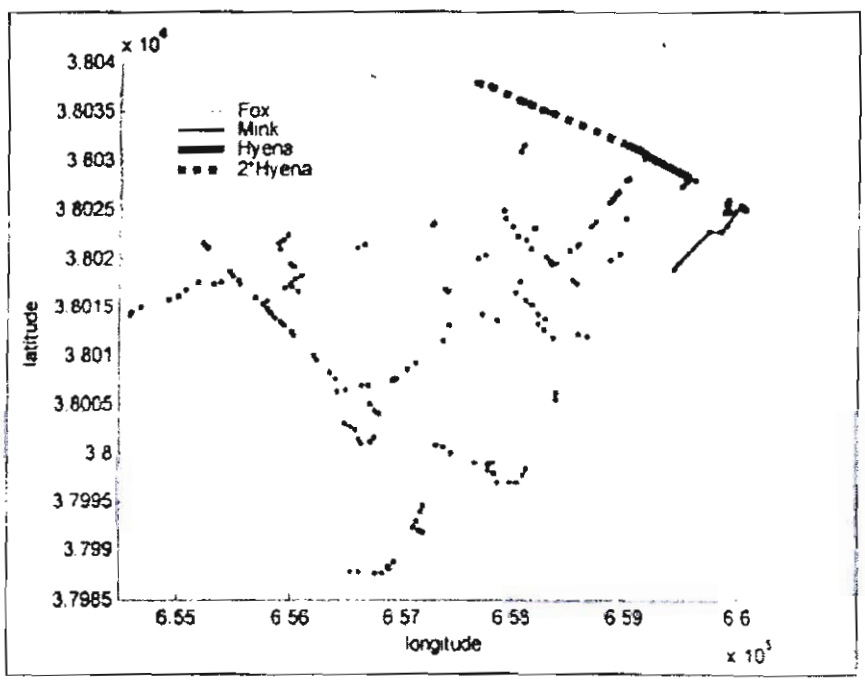
اجرای الگوریتم برای محاسبات الکتریکی و مکانیکی شبکه جداگانه انجام می شود. برای اجرای الگوریتم در محاسبات الکتریکی شبکه دو قسمت در نظر گرفتیم در بخش اول شبکه را بدون لحاظ کردن قید افت ولتاژ تحلیل می کنیم. سپس اگر در این مرحله از اجرای الگوریتم حداکثر افت ولتاژ موجود درشبکه فراتر از قید درنظر گرفته شده باشد، آنگاه باردیگر الگوریتم را اجرا می کنیم، این بار جمعیت اولیه برای اجرای دوم، همان آخرین جمعیت حاصل از اجرای قبل خواهد بود. زیرا در اجرا های مکرر الگوریتم مشاهده کردیم که هرگاه تابع هزینه (رابطه‌ی ۱ با ضریب تصحیح افت ولتاژ صفر) حداقل گردد، آنگاه به صورت خودکار قید افت ولتاژ نیز برآورده خواهد شد و درنتیجه جز درموارد محدودی، نیاز به لحاظ کردن قید افت ولتاژ در مساله نداریم. به همین دلیل این قید را به صورت یک شرط که در حالتهای بسیار غیر عادی وارد مساله می گردد لحاظ کردیم.[4]

شرط توقف الگوریتم را تعداد نسلهایی که بهترین پاسخ ثابت می گردد قرار دادیم.

رعایت این ملاحظات در اجرای الگوریتم در محاسبات مکانیکی شبکه لازم نیست.

۴- نتایج

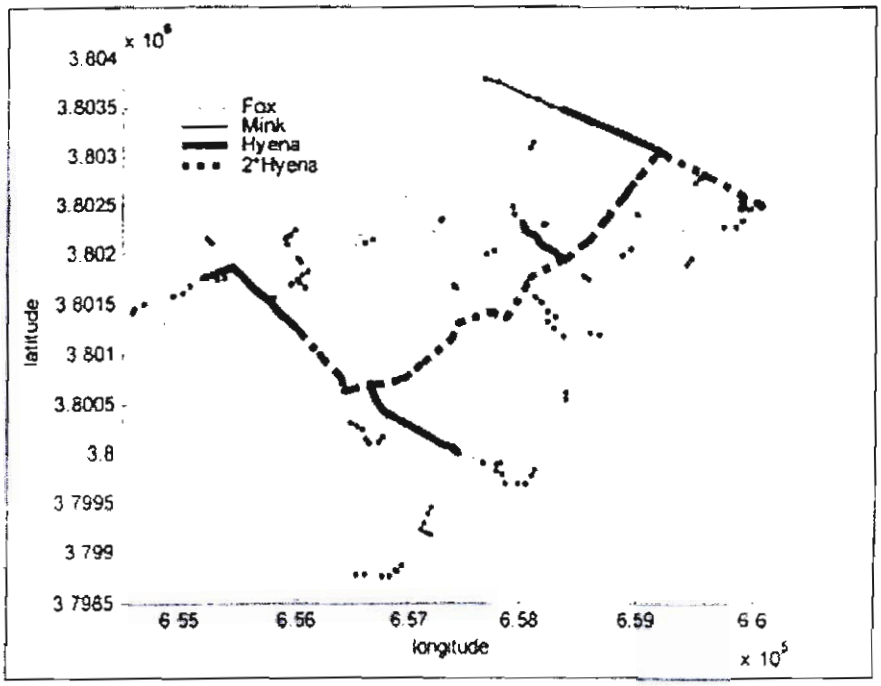
. مساله ای که برای بهینه سازی در این بخش مورد آزمایش قرار گرفته یک شبکه‌ی فشار متوسط بین شهری از نواحی جنوب خراسان با ۱۷۳ گره می باشد. اطلاعات فنی مربوط به این شبکه از طرف شرکت توزیع برق استان خراسان در اختیار مجریان این پروژه قرار گرفته است. شکل ۴ آرایش هادی های این شبکه قبل از بهینه سازی را نشان می دهد.



شکل۴. آرایش شبکه‌ی نمونه، قبل از بهینه سازی

۴-۱ نتایج بخش الکتریکی

شبکه‌ی بهینه سازی شده توسط الگوریتم ژنتیک در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود در آرایش بهینه‌ی جدید روند نزولی ضخامت هادیها رعایت شده و شبکه شکلی کاملا منظم دارد.



شکل۵ آرایش هادیهای شبکه‌ی نمونه پس از بهینه سازی

جدول ۱ هزینه و حداکثر افت ولتاژ دو شبکه‌ی نشان داده شده در شکلهای ۴ و ۵ را مقایسه می کند. همانطور که دیده می شود با بهینه سازی هادیهای شبکه، علاوه بر کاهش ۴۰٪ هزینه، حداکثر افت ولتاژ شبکه نیز به میزان ۶۰٪ کاهش پیدا کرده است. (حداکثر افت ولتاژ مجاز برای شبکه‌ی مورد آزمایش ۵٪ ولتاژ فیدر می باشد که در این مورد ۱ کیلوولت می گردد)

جدول ۱. مقایسه‌ی مشخصات شبکه قبل وپس از بهینه سازی

شبکه	هزینه (میلیون تومان)	حداکثر افت ولتاژ موجود درشبکه(V)	تعداد شاخه های با سیم نوع Fox	تعداد شاخه های با سیم نوع Mink	تعداد شاخه های با سیم نوع Hyena	تعداد شاخه های با سیم نوع 2× Hyena
قبل از بهینه سازی	۳۱۶,۱۴۱	۱۵۲۸,۷۱	۱۵۱	۶	۴	۱۱
پس از بهینه سازی	۱۹۱,۴۸۸	۴۷۱,۲۰۷	۱۲۲	۲	۱۳	۳۵

در ادامه برای آزمایش بهترنرم افزار شبکه و وارد کردن قید افت ولتاژ، الگوریتم را برای شبکه ی با بارهای ۲۰۵ برابر می ازماییم. علت انتخاب این مقدار نیز این است که اگر بارها را بیشتر از این افزایش دهیم آنگاه اگر شبکه را تماما با هادیهای 2* Hyena آرایش دهیم بازهم قید افت ولتاژ برطرف نخواهد شد و اگرمقدار بارها را کمتر از این مقدار بگیریم ،حداکثر افت ولتاژدر محدوده مجاز خواهد بود

با توجه به نتایج محاسبات مشاهده می شودکه در این حالت برای حذف افت ولتاژ لازم است یک مورد از شاخه ها تقویت شوند[4] . آرایش هادیها روند نزولی ضخامت را رعایت نکرده است. علت این امر نیز، تغییر نوع هادی آن شاخه برای رسیدن به افت ولتاژ مجاز در شبکه بوده است. این پاسخ از نظر الگوریتم کاملا درست است و منحر به حداقل هزینه با رعایت قید افت ولتاژ شده است. اما از نظر عملی شبکه پیشنهادی قابل پیاده سازی نیست. برای رفع این مشکل به الگوریتم پیشنهادی، بخشی برای "عملی سازی"پاسخ اضافه شد[4] . به این ترتیب که پس از بدست آوردن پاسخ، شبکه‌ی حاصل پس از گذشت این قسمت الگوریتم، از نظر عملی نیز قابل پیاده سازی باشد.(ترتیب نزولی هادی ها رعایت شود) بهایی که برای این امر پرداخته می شود افزودن هزینه طرح است که این مقادیر در جدول ۲ مقایسه شده اند.بخش عملی سازی پروژه برخی از محدودیتهای عملی موجود را نیز به محاسبات اعمال می کند.

جدول ۲. پاسخ ها برای شبکه با بار ۲.۵ برابر و همچنین شبکه‌ی عملی سازی شده.

شبکه	هزینه (میلیون تومان)	حداکثر افت ولتاژ موجود درشبکه(V)	تعداد شاخه های با سیم نوع Fox	تعداد شاخه های با سیم نوع Mink	تعداد شاخه های با سیم نوع Hyena	تعداد شاخه های با سیم نوع 2× Hyena
قبل از عملی سازی	۴۲۳.۶۵۰۶	۹۹۹.۵۰۶۰	۹۴	۵	۲۲	۵۱
پس ازعملی سازی	۴۲۳.۸۱۴۵	۹۹۶.۵۵۳۰	۹۴	۵	۲۱	۵۲

۴-۲ نتایج بخش مکانیکی

همانطور که در بخش ۲-۲ توضیح داده شد، هدف از تحلیل بخش مکانیکی بدست آوردن مقدار بهینه برای ضریب اطمینان و تعداد تیر میانی(طول اسپان میانی) و سپس محاسبه‌ی نوع تیرهای میانی و تیرهای گره باتوجه به مقادیر بهینه‌ی بدست آمده است. نتایج حاصل برای طولهای مختلف هر شاخه از شبکه(فاصله بین دو گره ثابت) و سه نوع هادی در جدول ۳ آمده است.

جدول۳. نتایج حاصل از محاسبات مکانیکی

	طول اسپان			نوع تیرهای میانی			نوع تیرهای گره			ضریب اطمینان		
طول(متر)	fox	Mink	Hyena	fox	Mink	Hyena	fox	Mink	Hyena	fox	Mink	Hyena
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۴	۴	۴	۲.۶۶	۲.۸	۳
۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲	۲	۳	۴	۴	۴	۲.۷۳	۲.۴۶	۲.۶۶
۳۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۲.۰۶	۲.۰۶	۲.۸
۴۰۰	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۲.۳۳	۲.۶	۲.۸۶
۵۰۰	۱۲۵	۱۶۶	۱۲۵	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۲.۳۳	۲	۲.۵۳
۶۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۲۰	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۲.۰۶	۲	۲.۲
۷۰۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۱۶	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۲.۲۶	۲.۴	۲.۴

۱- تیر نوع ۲۰۰ ، ۲-تیر نوع ۴۰۰ ، ۳=تیر نوع ۸۰۰ ،۴=تیر نوع دوبل ۸۰۰ یا تیر ۸۰۰ با مهار

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

در روش پیشنهاد شده سعی شد تا بیشتر جنبه‌های کاربردی و اجرایی طراحی مورد توجه قرار گیرد لذا با دخالت دادن محاسبات مکانیکی، ضریب اطمینان، طول اسپان و نوع تیرهای میانی، که در طراحی های عملی به عنوان پارامترهایی با اندازه کراندار به کار می‌رفته به پارامترهایی با مقادیر دقیق و بهینه تبدیل نماید.برخی از نتایج بدست آمده عبارتند از:

۱. در طراحی خطوط شبکه‌ی توزیع فشار متوسط معمولا سطح مقطع هادیها با درنظر گرفتن محدودیت افت ولتاژ طراحی می‌گردد. در صورتی که اگر ابزار مناسب مانند این نرم افزار در اختیار مهندسین توزیع قرار گیرد که در انتخاب نوع هادیها، بهینه سازی تلفات شبکه توزیع مد نظر قرار گیرد، علاوه بر کاهش هزینه ها (ثابت و متغیر) افت ولتاژ نیز در شبکه ایجاد نخواهد شد.

۲. معمولا بدلیل بهینه نبودن طراحی شبکه وتلفات زیاد توان الکتریکی ، در خطوط فشار متوسط در انتهای مسیر افت ولتاژ قابل ملاحظه‌ای جود خواهد داشت. در شبکه های توزیع فشار متوسط خارج از شهر با طول حداکثر ۱۵ تا ۲۰ کیلومتر و چگالی بار کم و متوسط در صورت طراحی بهینه افت ولتاژ نخواهیم داشت. در صورت وجود افت ولتاژ در شبکه‌ی طراحی شده‌ی بهینه، معمولا رفع افت ولتاژ درانتهای مسیر حتی با استفاده از شبکه دو مداره نیز امکان پذیر نخواهد بود. لذا لازم است نسبت به احداث پستهای فوق توزیع جدید اقدام گردد.

۳. در طراحی بهینه از هادی نوع Fox زیاد استفاده می شود و اکثر انشعابها بااین هادی پیشنهاد شده است. در مقابل هادی Mink بندرت استفاده می شود. در صورت افزایش بار و نیاز به تقویت شبکه،لازم است به جای هادی Fox . هادی Hyena و یا 2× Hyena استفاده گردد. براساس این نتایج، در طراحی ها باید هادی Fox استفاده نمود لیکن اگر در منطقه رشد بار قابل ملاحظه وجود داشته باشد استفاده از هادی Hyena پیشنهاد می گردد.

۴. کاهش قابل ملاحظه هزینه‌های یکی دیگر از نتایج اجرای این پروژه می باشد. همانطور که در جدول(۱) ملاحظه می کنید با استفاده از ساختار بهینه‌ی پیشنهاد شده برای نوع هادیها، هزینه تا ٪۴۰ کاهش می یابد.

۵. از آنجایی که در نرم افزار MATLAB جعبه ابزارهای تخصصی در زمینه‌ی بهینه سازی وجود دارد، در ادامه‌ی بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی به صورت هیبرید با استفاده از این جعبه ابزارها می تواند علاوه بر کاهش اجرای زمان شبیه سازی، به نتایج دقیق تری نیز منجر شود.

۶. با توجه به وجود امکان ایجاد واسطهای گرافیکی برای کاربر توسط MATLAB ، ایجاد یک نرم افزار جامع طراحی شبکه های توزیع توسط این امکان برای استفاده در سرتاسر ایران، می تواند گام بزرگی در جهت بهینه سازی شبکه های توزیع سراسری بوده و صرفه جویی قابل توجهی در هزینه ها صورت دهد، لذا ایجاد چنین نرم افزاری با همکاری متخصصان نرم افزار در ادامه‌ی این تحقیق پیشنهاد می گردد.

۶-تقدیر و تشکر

در پایان لازم است از کلیه کسانی که در تدوین و اجرای این پروژه شرکت داشته اند تشکر کنیم. آقای دکتر احد ضابط مسئول طرح اینترنشیپ دانشکده مهندسی،آقای دکتر حبیب رجبی مشهدی ناظر طرح اینترنشیپ در این پروژه،آقای مهندس هادی صفری ناظر شرکت توزیع نیروی برق مرکز خراسان درتهیه و اجرای این پروژه نقش بسزایی داشتند که در اینجا از بذل توجه آنان تقدیر می کنیم.

۷- مراجع ومنابع

[1]-S.K. Khator and L.C. Leung, "Power Distribution Planning:A Review of Models and Issues ",IEEE Transactions on Power Systems,Vol.12,no.3,Agust 1997.

[2]- دفتر برنامه ریزی تولید ،"هزینه‌ی یک کیلو وات تلفات در شبکه سراسری سال ۱۳۸۰"،وزارت نیرو ،آبان ماه ۱۳۸۱

[3]-محمد حاجیان ،حامد دونده،"گزارش پروژه طراحی بهینه شبکه های توزیع با استفاده از روشهای هوشمند"،شرکت توزیع برق مرکز استان خراسان،سال ۱۳۸۳.

[4]- کریم روشن میلانی، "خطوط هوایی شبکه های توزیع برق"،موسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب وبرق،تابستان ۱۳۸۱