تعیین مکان ، ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پستهای توزیع

غلامرضا صفارپور - سید محمد مدنی - محمود رضا حقی‌فام
مهندسین مشاور قدس نیرو

چکیده :

مسئله مورد بحث و بررسی در این مقاله ، یافتن مکان ، ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه پستهای توزیع شهری از میان مکانهای کاندید برای احداث پست است . روش پیشنهادی ، ابتدا از آلگوریتم ترابری فورد - فولکرسیون [۱] برای بهینه‌سازی ابتدایی استفاده می کند و سپس بهترین حالت را با استفاده از هوش مصنوعی مییابد . نتیجه کاربرد این روش ترکیبی ، کم کردن هزینه احداث سیستم توزیع و تلفات در سطح پایین تر ولتاژ است . در انتهای مقاله نتیجه کاربرد الگوریتم پیشنهادی در بهینه سازی تعداد ، مکان ظرفیت و حوزه سرویس دهی ۱۵ پست کاندید در یک منطقه ۳ کیلومتر مربعی آمده است .

شرح مقاله :

هنگامی که مسئله برق رسانی به منطقه‌ای جدید مطرح می شود یکی از مسائل مشکل ، انتخاب مکان ، ظرفیت و بالاخره حوزه سرویس دهی بهینه است . معمولا" می توان ، زمینهایی یافت که بالقوه برای احداث پست مناسب باشند . این که آیا در هر مکان احتمالی باید پست احداث شود یا نه و این که ظرفیت و حوزه سرویس دهی آن در صورت احداث چقدر باید باشد ، مسئله‌ای بسیار حجیم و بزرگ است .

احداث پست در هر محل از یک سو هزینه سرمایه‌گذاری اولیه را افزایش میدهد و از سوی دیگر می تواند 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 بارها است .

کار انتخاب پست معمولا" به صورت تجربی انجام می شود . یافتن منطقه مناسب برای احداث پست در حالی که فقط یک پست لازم است ، با انتخاب مکانی که هرچه بیشتر به مرکز ثقل بارها نزدیک باشد ، عملی است [۲] .
در حالتی که بیش از یک پست برای برق رسانی لازم است ، حل مسئله با دست به طریق تجربی مشکل است . این کار معمولا" با بزرگتر انتخاب کردن پستهای نزدیک به محلهای با تراکم زیاد و کوچکتر گرفتن پستهایی که در محلهای کم تراکم قرار دارند ، انجام می شود . نتیجه اینگونه کارهای بدون برنامه ریزی در طراحی پستها ، می‌تواند به ادامه شعاع تغذیه یک پست تا پست ۲۰ کیلوولت مجاور منجر شود[۳] .

راه حل ، استفاده از الگوریتمهای مناسبی است که بتواند تابع هزینه احداث پستها را حداقل کند .

<u>شرح جزئیات روش :</u>

یافتن مکان ، تعداد ، ظرفیت و حوزه سرویس دهی بهینه مستلزم پیدا کردن حداقل حاصلضرب فاصله در مقدار بار و همچنین هزینه احداث پست است . به عبارت دیگر تابع هزینه زیر باید مینیمم شود.

$$Cost = \sum_{i=1}^{S} Sc_i(cpy) + k\sum_{j=1}^{l} e_{ij} \times D_{ij} \times S_{ij}$$

که در آن :

هزینه کل	:	Cost
تعداد پستهای احتمالی	:	S
تعداد نقاط تمرکز بار	:	l
ظرفیت پست توزیع	:	cpy
تابع هزینه احداث پست (پله‌ای)	:	$Sc_i(spy)$

ضریب وزنی تبدیل هزینه جاری به احداث : K

متغیری که با صفر و یک بودنش مشخص می کند : e_{ij}

بار z ام به پست j ام اتصال دارد یا خیر

فاصله بار z ام تا پست j ام : D_{ij}

توان بار z ام : S_{ij}

نقاط تمرکز بار :

الگوریتم ارائه شده نیازمند پایگاه اطلاعاتی برای ذخیره اندازه و مکان نقاط تمرکز بار است . برای چنین پایگاه اطلاعاتی احتیاج زیادی به اطلاعات جزئی از سطح ولتاژ پایین تر نیست [۴] .کافیست که ناحیه به چند مربع کوچک تقسیم شود. در مواردی مقدار مساحت ۰/۵۷ کیلومتر مربع برای هر موزائیک توصیه شده است [4].

برای اطمینان از دقت کافی میتوان این مربعها را تا حدود ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر کوچک انتخاب کرد . این کار باعث می شود که بتوان هر بار را فقط با یک شماره که که مشخص کننده مختصات است و یک عدد که توان بار را نشان میدهد ، ذخیره کرد .

مسافت بار تا پست :

انتخاب صحیح فاصله مرکز موزائیکهای بار تا پستهای توزیع نقش مهمی در تشکیل تابع هزینه و نتیجه کار دارد . چون مرکز موزائیکهای بار ، یا نقطه تمرکز بار نقطه‌ای مجازی و فرضی است ، نباید برای یافتن فاصله آن از پست ، از طریق خیابانها مسیریابی کرد . یافتن فاصله به طریق شعاعی و مستقیم نیز به دلیل اینکه امکان طی کردن چنین فاصله‌ای عملا" بسیار اندک است ، روش معقولی نمی‌باشد . در عمل نیز این روش آزمایش شد و نتایج صحیحی از آن حاصل نشد. روشی که برای فاصله یابی انتخاب و نتایج عملی خوبی از آن حاصل شد ، محاسبه فاصله افقی و عمودی و سپس جمع کردن آنها با هم است .

یافتن منطقه سرویس دهی :

برای یافتن پست تغذیه کننده هر نقطه تمرکز بار ، باید آنرا به

نزدیکترین پست اتصال داد . بدیهی است که تغذیه بار ، از نزدیکترین پست ، کم هزینه ترین حالت است . پس از تکمیل کار اختصاص دادن بارها به پستهای مناسب ، وضعیت پستها بررسی می شود . اگر تمام پستها در حد مجاز بار داشتند ، مرحله بعدی کار یعنی حذف اقتصادی پست شروع می شود و در غیر آن ، با روش هوش مصنوعی اضافه بار پستها حذف می شود .

حذف اضافه بار پستها به روش هوش مصنوعی :

برای حذف اضافه بار از روش هیوریستیک یا ابتکاری - استدلالی حداقل قیمت [۵] استفاده شده است ، که فلوچارت آن در شکل (۱) آمده است . روش کار به این ترتیب است که ابتدا پستی که دارای بیشترین اضافه بار است انتخاب می شود . انتقال هر موزائیک بار از این پست به پستهای دیگر ، به طور مجزد ، مسلما" اضافه هزینه‌ای به سیستم تحمیل می کند . ابتدا در بین تمام بارهای این پست ، بارهائی که قابلیت انتقال دارند ، انتخاب می شوند . سپس با یک جستجوی ساده مشخص می شود که کمترین تحمیل هزینه اضافی به سیستم ، در اثر چه انتقال باری صورت می گیرد . این بار انتخاب می شود و به پست مناسب بعدی منتقل می شود .

اگر در اثر این انتقال ، اضافه بار پست رفع نشد ، کار انتقال بار در مورد بار بعدی در همین پست ادامه می یابد ، تا اضافه بار آن رفع شود.پس از آن اگر اضافه بار در پستها وجود داشته باشد ، پست با بیشترین اضافه بار بعدی انتخاب می شود و دوباره کار از ابتدا آغاز می شود.

حذف پست به روش هوش مصنوعی :

پس از برداشتن اضافه بار از پستها ، لازم است بررسی شود که آیا حذف پست از سیستم باعث کاهش هزینه کل سیستم می گردد یا خیر . بررسی همه حالتها و انواع و اقسام آرایشها شامل تعداد زیادی از حالات می شود . در مثال نمونه حل شده که متعاقبا" خواهد آمد این کار شامل بررسی حدود ۲۰۰۰۰۰۰ حالت می شود . محاسبه تمام این حالتها با کامپیوتری که برنامه مثال در آن اجرا شده است حدود ۵۴۰ ساعت طول می کشد . با کاربرد هوش مصنوعی می توان جوابی بسیار نزدیک به بهینه در مدت کمتر از ۷۶ ثانیه به دست آورد .

با اضافه شدن تعداد پستها زمان مورد نیاز روش هوش مصنوعی تغییر عمده‌ای

نمی‌کند ، ولی زمان مورد نیاز برای بررسی همه حالتها به شدت افزایش می یابد به عنوان مثال در یک سیستم با ۵۰ مکان کاندید پست ، زمان محاسبه حدود چند میلیون سال می شود .

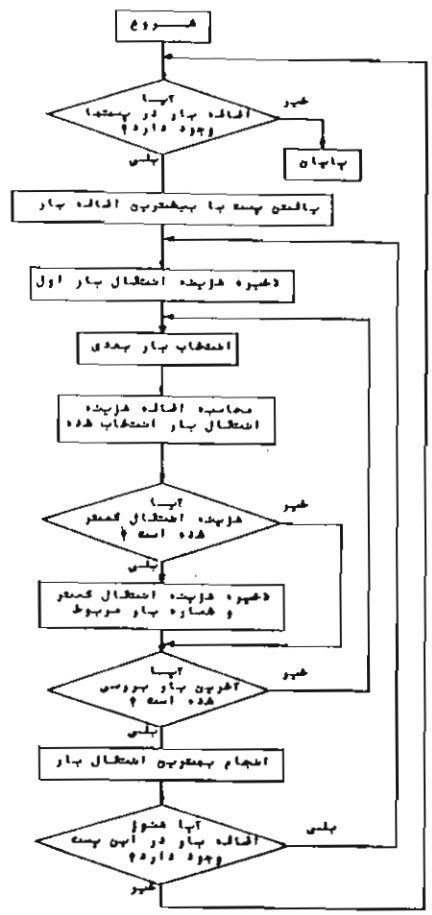
روش هیوریستیک حذف پست به این ترتیب است که ابتدا هزینه کلی سیستم، بدون حذف پست محاسبه می گردد . این هزینه با هزینه‌ای که سیستم در اثر حذف هر یک از پستها پیدا می کند مقایسه می شود . اگر یکی از این حالات با پست حذف شده ،کمترین هزینه را داشته باشد ، پستی که در آن حالت حذف شده بود به طور دائم حذف می شود ، وگرنه کار حذف پست پایان می یابد.

اگر پستی به طور دائم حذف شد ، برای تک تک پستهای باقیمانده عمل بالا تکرار می شود ، که اگر باز هم کاهش هزینه در اثر حذف حاصل می شود کار حذف ادامه یابد . این فرایند تا زمانی ادامه می یابد که در اثر حذف پست هیچگونه کاهش هزینه‌ای مشاهده نشود .الگوریتم کار در شکل (۲) آمده است .

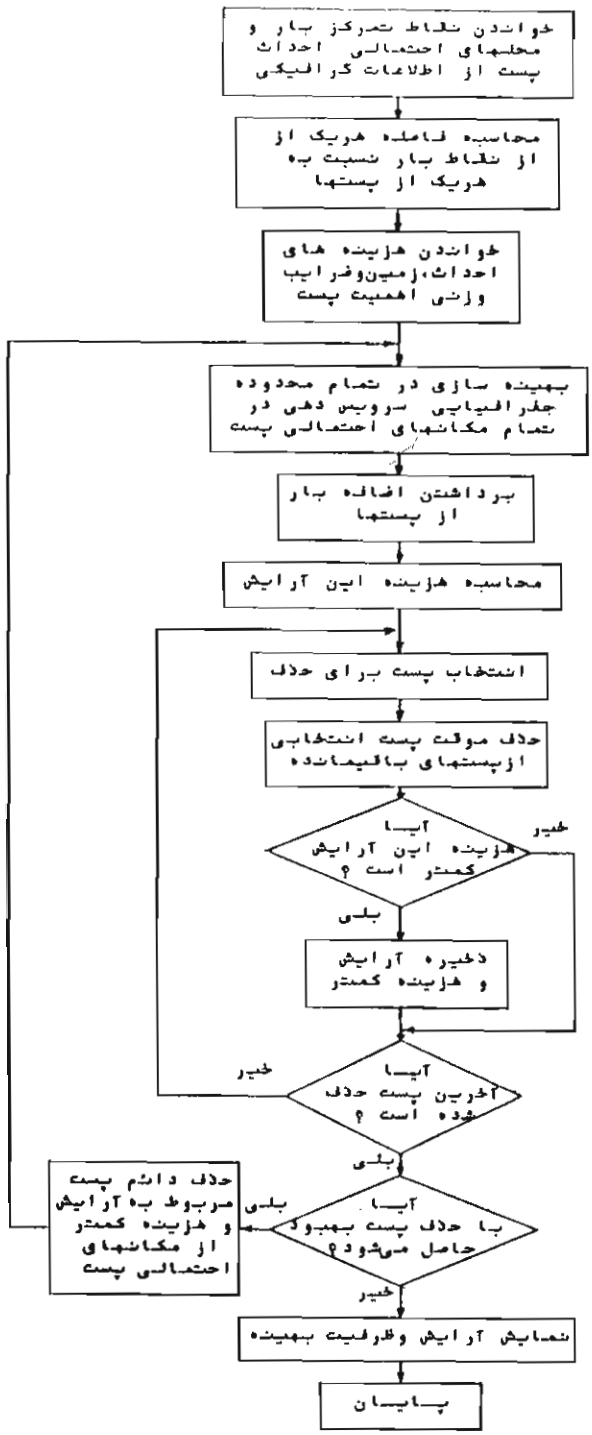
<u>کاربرد روش پیشنهادی در یک مثال کوچک :</u>

برای مطالعه موردی ، یک منطقه ۲ در ۱/۵ کیلومتری انتخاب گردید ، ۱۵ مکان کاندید برای احداث پست در نظر گرفته و با تاثیر اعداد اتفاقی مکانهای آنها انتخاب شد . سپس این اطلاعات به پایگاه اطلاعات برنامه وارد گردید . قیمت زمین در مکان کاندید برای احداث پست ، قیمت تجهیزات پست و بالاخره اهمیت هرمکان کاندید ، به عنوان ورودی به برنامه وارد گردید . پستهایی که ممکن است در زمینهای با قیمت زیادتر قرار بگیرند و پستهایی که در نزدیکشان پست دیگری نیز وجود دارد ، احتمال حذف شدن بیشتری دارند .

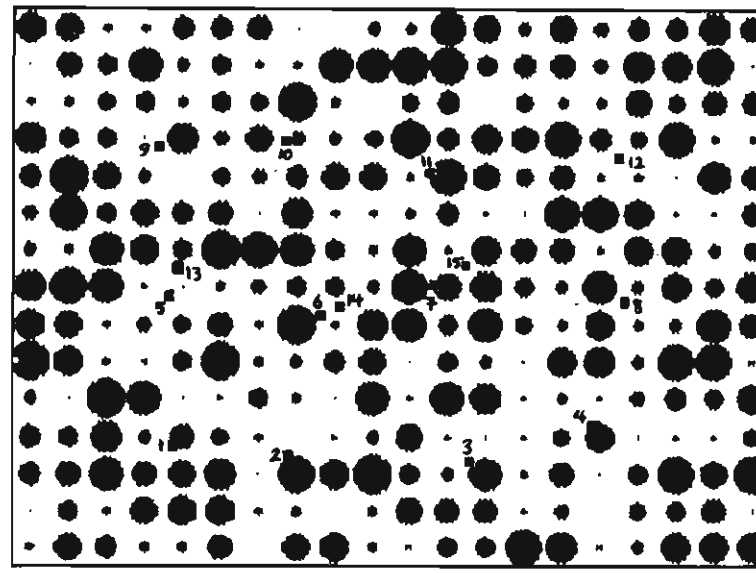
بعد از ۷۶ ثانیه محاسبه ، بهترین هزینه محاسبه شده با حذف پستهای شماره ۵ ، ۶ ، ۷ ، ۱۰ ، ۱۴ ، ۱۵ حاصل می شود . در شکل (۳) مکان قرار گرفتن پستها و بارها ، در شکل (۴) حوزه سرویس‌دهی پستها در حالتی که هیچ پستی حذف نشده است و در شکل (۵) آرایش تعداد پست و حوزه سرویس دهی بهینه مشاهده می شود. در جدول (۶) ظرفیت پستها پس از حذف اضافه بار و در جدول (۷) ظرفیت پستها پس از بهینه سازی دیده می شود . لازم به ذکر است که دقت جواب به قیمت دقیق اجزاء بستگی دارد .



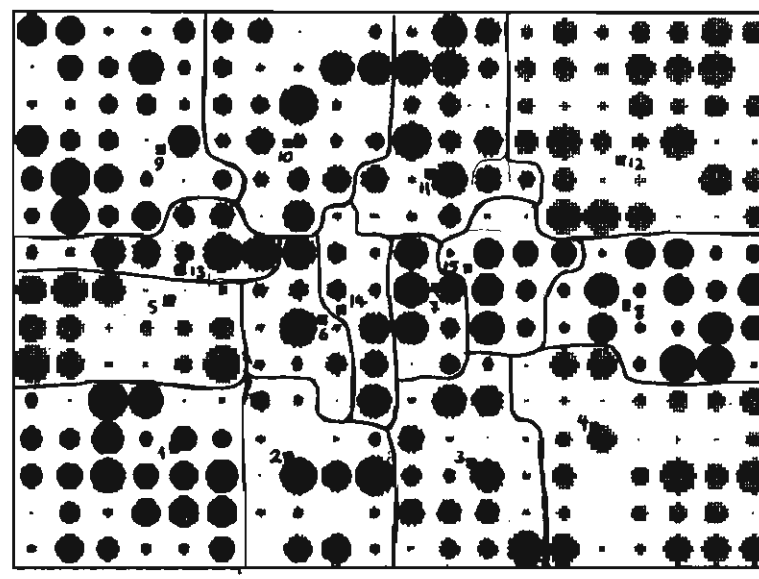
شکل (۱) الگوریتم حذف اضافه بار به روش هوش مصنوعی



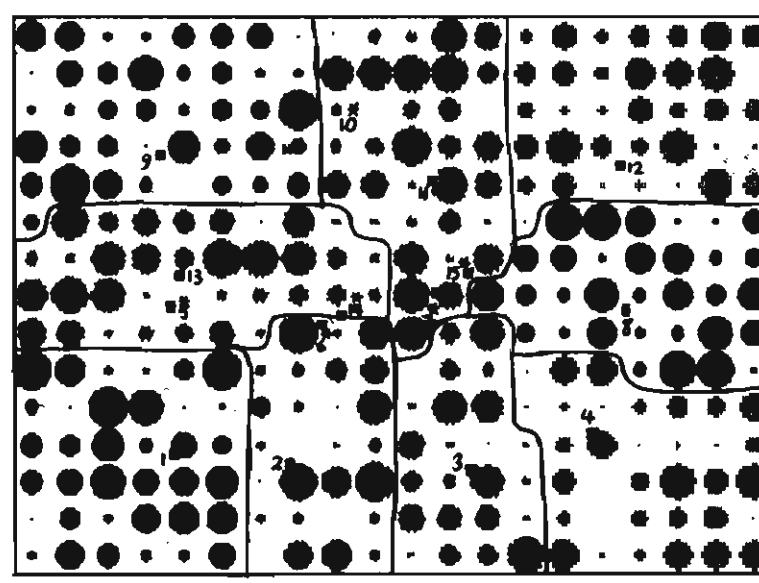
شکل (۲) الگوریتم حذف پست به روش هوش مصنوعی



شکل (۳)
مکان قرار گرفتن بارها و پستها. دایره بزرگتر نشانه نشانه بار بیشتر است.



شکل (۴)
حوزه سرویس دهی اگر درهمه مکانها پست احداث شود.



شکل (۵)
حوزه سرویس دهی پس ازبهینه سازی. در مکانهای با علامت * پستی احداث نمی شود.

شماره مکان	مجموع بار در حوزه سرویس‌دهی	ظرفیت انتخابی
۱	۷۶۵	۱۶۰۰
۲	۳۳۰	۶۳۰
۳	۴۶۴	۸۰۰
۴	۷۷۸	۱۶۰۰
۵	۴۸۶	۱۰۰۰
۶	۲۱۴	۶۳۰
۷	۲۲۰	۶۳۰
۸	۵۸۷	۱۰۰۰
۹	۷۲۷	۱۶۰۰
۱۰	۵۵۰	۱۰۰۰
۱۱	۶۶۹	۱۶۰۰
۱۲	۹۵۵	۱۶۰۰
۱۳	۲۹۰	۶۳۰
۱۴	۲۰۶	۶۳۰
۱۵	۲۴۹	۶۳۰

جدول ۶- ظرفیت و حوزه سرویس دهی پستها پس از برداشتن اضافه بار

شماره مکان	مجموع بار درحوزه سرویس‌دهی	ظرفیت انتخابی
۱	۹۴۴	۱۶۰۰
۲	۵۶۴	۱۰۰۰
۳	۵۵۹	۱۰۰۰
۴	۷۷۸	۱۶۰۰
۵	۰	۰
۶	۰	۰
۷	۰	۰
۸	۹۰۱	۱۶۰۰
۹	۹۵۰	۱۶۰۰
۱۰	۰	۰
۱۱	۹۴۵	۱۶۰۰
۱۲	۹۱۶	۱۶۰۰
۱۳	۹۳۳	۱۶۰۰
۱۴	۰	۰
۱۵	۰	۰

جدول ۷- ظرفیت و حوزه سرویس دهی پستها پس از بهینه‌سازی

نتیجه :

با زیاد شدن معرف و توسعه شهرها امکان طراحی مطلوب مکان پستها به صورت دستی و تجربی غیر ممکن می شود . مقاله حاضر اولین قدم در راه حل این مشکل است .

به علت اینکه تعداد حالات ممکن نجومی است ، امکان بررسی تمامی حالات حتی با کامپیوترهای سریع وجود ندارد . استفاده از روشهای میان بر ابتکاری یا هیوریستیک و هوش مصنوعی موجب می شود که بدون بررسی تمام حالات ممکن ، به جواب بهینه یا نزدیک به بهینه دست یابیم .

منابع :

1- Ford , L. R. , Fulkerson , D. R. , Management Science , 3(1),Oct.,1956

2- Gonen , Turan , Electric Power Distribution System Engineering- McGrow - Hill , 1986

۳- سیستم توزیع نیرو را دریابیم - احمد علی بهمن پور - مجموعه مقالات دومین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق ۱۳۷۱

4- Crawford , D.M., Stewart H.B.,A Mathematical Optimization Technique For Locating and Sizing Distribution Substations and Deriving Their Optimal Service Areas , IEEE PAS - 94 No.2 , March/ April 1975

5- Schildt , H. , Artificial Intelegence Using C ,McGraw - Hill Osborne- 1992