بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده آموزش‌های الکترونیکی
گروه مهندسی برق و رباتیک

عنوان:

ایجاد سیستم پشتیبان برای تعیین محل بهینه پست فشارقوی

(مطالعه موردی شرکت برق منطقه‌ای یزد)

دانشجو:
مجید غفاریان مالمیری

استاد راهنما:
دکتر مرتضی رحیمیان

پایان‌نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
بهمن ۱۳۹۴

تقدیم به:

چشمه زلال محبت

جلوه ی مهر و عطوفت

لبخند پر مهر زندگیم

مادر عزیزم

که در تمام مراحل زندگی، به من راه درست زیستن را آموخت.

تقدیر و تشکر:

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از راهنمایی‌های ارزنده استاد گران‌قدر و دلسوزم، جناب آقای دکتر مرتضی رحیمیان که با بزرگواری و صبر، در تمام مراحل انجام این پایان‌نامه من را یاری نمودند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم. تشکر و قدردانی ویژه دارم از هم‌فکری و یاری دوستان عزیزم به‌ویژه آقای مهندس محمود دهقان و دکتر شرافت که در به ثمر رسیدن این پایان‌نامه همواره یار و همراه من بودند.

تعهد نامه

اینجانب **مجید غفاریان مالمیری** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق/ قدرت دانشکده آموزش‌های الکترونیکی گروه مهندسی برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **ایجاد سیستم پشتیبان برای تعیین محل بهینه پست فشار قوی**تحت راهنمایی دکتر مرتضی رحیمیان متعهد می‌شوم .

- **تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.**
- **در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .**
- **در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .**

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (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 پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.**

چکیده فارسی

برنامه‌ریزی توسعه شبکه به علت رشد بار الکتریکی اجتناب‌ناپذیر است. به عنوان یک مرحله مهم از برنامه‌ریزی، شرکت های برق منطقه ای با توجه به نرخ رشد بار و درخواست دیماند مصرف کنندگان بزرگ صنعتی، محل مناسب احداث پست‌های انتقال و فوق توزیع را مشخص می‌نمایند. بررسی روند کنونی تعیین محل پست نشان می‌دهد اگرچه در این خصوص از نظرات کارشناسان استفاده می‌شود، ولی به علت نبود سیستمی برای در نظر گرفتن همه عوامل تأثیرگذار و ارزش آنها، انتخاب محل به طور معمول مبنی بر نظر یک کارشناسیا یک گروه متخصص صورت می‌گیرد. با توجه به تأثیر مستقیم انتخاب محل پست روی میزان بارگیری ترانس ها، میزان تلفات توزیع و فوق توزیع، و هزینه های بالای ساخت و بهره برداری از پست‌ها، ضرورت دارد سیستم پشتیبانتصمیم‌گیری برای تعیین محل مناسب پست های انتقال و فوق توزیعبه کار رود. در روش پیشنهادی با تعیین معیارهای اصلیو تأثیرگذار در انتخاب محل پست، اهمیت هر کدام با روش تحلیل سلسله مراتبیمورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بر اساس متوسط وزنی امتیاز هر یک از معیارها و زیر معیارها، محل پست‌ها اولویت‌بندی، و بهترین انتخاب می‌شود. پیاده‌سازی روش پیشنهادی روی یک نمونه واقعی در استان یزد ایران، کاربردی بودن آن را برای انتخاب گزینه مناسب محل پست نشان می‌دهد.

کلیدواژه : محل پست، سیستم پشتیبان تصمیمگیری،تحلیل سلسله مراتبی

لیست مقالات مستخرج :

۱- مجید غفاریان، مرتضی رحیمیان، بهینه سازی انتخاب محل پست های فشار قوی به روش ارزیابی وزنی متناسب ، سی امین کنفرانس بین المللی برق PSC2015، ایران، تهران، ۱۳۹۴.

۲- مجید غفاریان، مرتضی رحیمیان، بهینه سازی چند مرحله ای انتخاب محل پست های فشار قوی با الگوریتم ارزیابی وزنی، چهارمین کنفرانس منطقه ای سیرد، ایران، تهران، ۱۳۹۴.

۳- مجید غفاریان، مرتضی رحیمیان، مکان‌یابی هوشمند پست ۲۳۰/۶۳ کیلوولت مرکز شهر یزد با بکارگیری الگوریتم ضرایب وزنی در نرم‌افزارEIGIS، اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ایران، تهران،دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی، ۱۳۹۴.

۴- محمد علی بهجتی، آذین جلال کمالی، مجید غفاریان، نقش GIS در صنعت برق با رویکرد توسعه پایدار و کاهش اثرات منفی بر روی محیط زیست (مورد مطالعه: کاربرد GIS در صنعت برق جهت مکان یابی پست های انتقال نیرو)، دومین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه پایدار، ایران، یزد ، ۱۳۹۴.

فهرست مطالب

فصل اول..... ۱

۱-۱ انگیزه های تحقیق ۲

۱-۲ اهداف تحقیق ۳

۱-۳ مروری برفصل‌های پایاننامه..... ۵

فصل دوم..... ۷

۲-۱مقدمه..... ۸

۲-۲ بررسی شبکه انتقال و فوق توزیع سایر کشورها..... ۹

۲-۲-۱ شبکه انتقال و فوق توزیع کشور پرتغال..... ۹

۲-۲-۲ بررسی شبکه فوق توزیع شهر مادرید ۱۰

۲-۳ معیار های طراحی و مهندسی انتخاب محل پست (شرکت توانیر) ۱۲

۲-۴ دسته بندی معیار های اصلی ۱۲

۲-۵ مروری بر مقالات و پژوهش های قبلی بهینه سازی محل ۱۴

۲-۵-۱ بهینه سازی محل احداث پست با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی..... ۱۵

۲-۵-۲ بهینه سازی محل احداث پست با روش برنامه ریزی عدد صحیح ۱۸

۲-۵-۳ بهینه سازی محل احداث پست مبتنی بر دو روش برنامه نویسی بااستفاده ازنرم افزار لینگو والگوریتم ژنتیک ۲۰

۲-۵-۴ بهینه سازی محل احداث پست با روش شباهت به گزینه ایده آل فازی..... ۲۲

۲-۵-۵ جایابی بهینه پستهای فوق توزیع بااستفاده ازالگوریتم تکامل تفاضلی دینامیکی..... ۲۵

۲-۵-۶ تعیین محل بهینه پست های فشار قوی به روش کاندیدیابی باالگوریتم خوشه سازی تصحیح شده والگوریتم ژنتیک..... ۲۵
۲-۵-۷ مکانیابی بهینه پست باروش شاخه و حد..... ۲۶
۲-۵-۸ مکان یابی بهینه پست های فوق توزیع با روش ابتکاری تخصیص بار ۲۸
۲-۵-۹ مطالعه مکان یابی پست های فشار قوی بر اساس تئوری تخمین وزن..... ۳۱
۲-۶نتیجه گیری ۳۳
فصل سوم..... ۳۵
۳-۱ مقدمه..... ۳۶
۳-۲ معرفی و توصیف معیارها و زیر معیارها..... ۳۸
۳-۳ دسته بندی زیر معیارها به زیر معیار های کمی و کیفی..... ۵۶
۳-۴ روش امتیازدهی به زیر معیارهای کیفی..... ۵۶
۳-۵ روش وزن دهی به معیار ها و زیر معیارها..... ۵۸
۳-۶ مدل سازی ریاضی روش تصمیم گیری..... ۶۱
۳-۷ جمع بندی و نتیجه گیری..... ۶۴
فصل ۴ ..... ۶۷
۴-۱ مقدمه..... ۶۸
۴-۲ معرفی منطقه مورد مطالعه و ارائه اطلاعات..... ۶۹
۴-۳ امتیازدهی به زیر معیارهای کیفی ۷۷
۴-۴ وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها ۷۸

۴-۵ نتیجه گیری و جمع بندی.....۸۶

فصل پنجم ۸۷

۵-۱ نتایج..... ۸۸

۵-۲پیشنهادات ۹۰

مراجع..... ۹۱

فهرست جداول

جدول۳-۱: نحوه امتیازدهی کاندیدها توسط کارشناس خبره ۵۶

جدول۳-۲: دسته بندی زیر معیارها به زیر معیارهای کمی و کیفی ۵۷

جدول۳-۳: نمونه ای از فرم نظرسنجی از کارشناس خبره..... ۶۰

جدول۴-۱: امتیاز زیرمعیارهای کیفی با جمع آوری نظر خبرگان ۷۷

جدول۴-۲: امتیاز معیارهای اصلی – کارشناس خبره ۱ ..... ۷۸

جدول۴-۳: امتیاز معیارهای اصلی –کارشناسخبره 2..... ۷۹

جدول۴-۴: امتیاز معیارهای اصلی –کارشناسخبره3..... ۷۹

جدول۴-۵: ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیارمشخصات الکتریکی ۸۰

جدول۴-۶: ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیارمشخصات زمین..... ۸۱

جدول۴-۷: ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار هزینه ۸۲

جدول۴-8: ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیارحریم..... ۸۳

جدول۴-۹: ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیارذینفعان ۸۴

جدول۴-۱۰: ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیارشرایط زیست محیطی ۸۴

جدول۴-۱۱: امتیاز کاندیدها از معیار اصلی ۸۵

جدول۴-۱۲: امتیاز نهایی کاندیدها بعد از اعمال ضرایب وزنی معیارها ۸۶

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: نقشه پیاده سازی شده شهر مادرید.....۱۱

شکل۲-۲:نقشه پهنه بندی مناطق مستعد برای احداث پست.....۱۶

شکل ۲-۳:محدوده مطالعاتی نواحی چگالی بار، نواحی بار و پست های برق.....۱۷

شکل ۲-۴: الگوریتم برنامه بر اساس تأمین بار از نزدیک ترین پست.....۱۹

شکل ۲-۵: روند نمای مکان یابی پست.....۲۲

شکل ۲-۶: محل پستهای موجود ، محل زمین های کاندید ، مرکز ثقل بار در نرم افزار...۲۷

شکل ۲-۷: روند نمای الگوریتم پیشنهادی در مرجع [۱۰].....۲۹

شکل ۲-۸: نمونه خروجی نرم افزار مکان یابی پست.....۳۰

شکل ۲-۹: چارچوب شاخص های ارزیابی سیستم برای تعیین محل پست های فشار قوی در مرجع [۱۱].....۳۱

شکل ۳-۱: دسته بندی معیارها و زیر معیارهای انتخاب محل پست.....۳۹

شکل ۳-۲: تعیین نقاط ثقل بار از تراکم نقاط مصرف.....۴۰

شکل ۳-۳: تعیین شعاع مجاز از طرف واحد برنامه ریزی و ارجاع به واحد توسعه برای احداث پست.....۴۱

شکل ۳-۴: نمونه پخش بار با نرم افزار مطالعات سیستم.....۴۳

شکل ۳-۵: نمونه چیدمان (لی اوت) پست.....۴۶

شکل ۳-۶: محل پست نزدیک خط موجود (a) ومحل پست با فاصله از خط موجود(b) .. ۴۹

شکل ۳-۷: حریم خطوط انتقال و فوق توزیع.....۵۰

شکل ۳-۸: نمونه ای از شق زمین در استان یزد.....۵۲

شکل ۳-۹: نمونه ای از شق زمین در استان یزد ۵۳
شکل ۳-۱۰: انتخاب محل پست توسط شرکت توزیع از بین چهار کاندید ۵۴
شکل ۳-۱۱: نمای کلی از روش AHP برای نمونه انتخاب یک مدیر ۵۹
شکل ۴-۱: منطقه انتخاب شده برای پیاده سازی روش پیشنهادی ۶۹
شکل ۴-۲: محل فعلی پست ۲۳۰ کیلوولت و دو کاندید پیشنهادی ۷۰
شکل ۴-۳: کاربری زمین های مجاور پست ۲۳۰ کیلوولت در محل فعلی ۷۰
شکل ۴-۴: موقعیت شبکه انتقال و فوق توزیع در محدوده مورد مطالعه ۷۱
شکل ۴-۵: نقشه راهها در محدوده مورد مطالعه ۷۲
شکل ۴-۶: موقعیت مناطق صنعتی و مسکونی در منطقه مورد مطالعه ۷۳
شکل ۴-۷: منحنی میزان منطقه برای بررسی معیار شیب زمین ۷۳
شکل ۴-۸: لایه اطلاعات پوشش گیاهی منطقه برای بررسی معیار پوشش گیاهی ۷۴
شکل ۴-۹: بررسی زیر معیار مشخصات الکتریکی روی کاندید شماره سه ۷۵
شکل ۴-۱۰: بررسی زیر معیار مشخصات الکتریکی روی کاندید شماره یک ۷۶
شکل ۴-۱۱: بررسی زیر معیار مشخصات الکتریکی روی کاندید شماره دو ۷۶

فصل اول

پیش گفتار

۱-۱ انگیزه‌های تحقیق

افزایش مصارف صنعتی و خانگی برق ، توسعه شبکه های انتقال و فوق توزیع را اجتناب ناپذیر نموده است. هرچند با رویکرد های جدید از قبیل توسعه انرژی های تجدید پذیر و استفاده از منابع تولید پراکنده و همچنین فرهنگ سازی برای مدیریت مصرف ، از شدت رشد بار[۱]کاسته شده ، اما باز هم شرکت های برق منطقه ای[۲]با توجه به رشد متوسط بار و درخواست دیماند مصرف کنندگان بزرگ صنعتی ، بعد از انجام مطالعات سیستم ، ضرورت احداث پست های انتقال و فوق توزیع را در یک منطقه یا شهرستان مشخص مینمایند . ورودی محاسبات مطالعات سیستم ، شامل بارهای موجود و آتی ترانسفورماتور های توزیع و یا تعداد و بار ترانسفورماتورهای فوق توزیع می باشد. در این مرحله لازم است محل مناسب برای احداث پست تعیین شود . بررسی روند کنونی تعیین محل پست نشان می دهد اگرچه در این خصوص از نظرات کارشناسان مربوطه استفاده می شود، ولی به علت نبود سیستمی جامع ، برای در نظر گرفتن همه عوامل تأثیر گذار و تعیین سهم هر کدام از عوامل، محل انتخابی برای احداث پست به طور معمول ، مبنی بر نظر فرد یایک گروه متخصص است . با توجه به تأثیر مستقیم انتخاب محل زمین پست ، روی میزان بارگیری ترانسفورماتور ها ، میزان تلفات توزیع و فوق توزیع و هزینه های بالای ساخت و بهره برداری از پست‌ها ، ضرورت دارد ، سیستمی پشتیبان برای تعیین محل بهینه پست های انتقال و فوق توزیع ایجاد گردد. در این سیستم با تعیین معیار های اصلی تأثیر گذار در انتخاب محل پست ، اهمیت هر کدام مورد ارزیابی قرار گرفته و تابع هدف بدست می آید. سپس با روش های موجود در بهینه سازی ، مانند روش الگوریتم ضرایب وزنی و مقایسه

---

[۱] Load

[۲] Regional Electric Company

زوجی AHP[1] ، محل بهینه احداث پست های انتقال و فوق توزیع تعیین می گردد.

در روش های پیشین بهینه سازی انتخاب محل پست های فشار قوی با توجه به پیچیدگی موضوع و تعدد معیار های تأثیر گذار در این زمینه ، برای سادگی تحلیل مسئله به دو و یا چند معیار اکتفا شده است . در اصل از منظر کاربردی و واقعی ،تعداد و جنس معیارهایی که در انتخاب محل پست دخیل اند ، بیش از این تعداد است. از طرفی برای احداث پست های انتقال و فوق توزیع و بهره برداری از آنها در صنعت برق ، هزینه های بالایی (معادل چندین صد میلیارد ریال) انجام می شود . در صورتیکه محل پست های انتقال و فوق توزیع به درستی تعیین نشود ،هزینه های سرمایه گذاری اولیه (ثابت)افزایش یافته و باعث هدر رفت بخشی از این سرمایه گذاری اولیه و افزایش هزینه های دوره بهره برداری (متغیر) خواهد شد . به عبارت دیگر در صورت ساخت پست های انتقال و فوق توزیع در محل نامناسب ، برای هر بار توسعه پست با مشکلات اجرایی روبرو خواهیم بود . این مشکلات در برخی موارد قابل حل نبوده و در برخی هزینه و زمان زیادی را به شرکت های برق منطقه ای تحمیل می نماید. علاوه برای این بدیهی است که جابجایی محل پست های انتقال و فوق توزیع دائم (ثابت)[1] بعد از احداث ، برخلاف پست های سیار(متحرک)[2]، امکان پذیر نیست.

۱-۲ اهداف تحقیق

هدف اصلی از این تحقیق، شناخت کاملی از معیار های مؤثر در انتخاب محل پست و ارزیابی اهمیت هریک از این عوامل می باشد. به گونه ای که در حین فرآیند تصمیم گیری و تحلیل ، معیاری

---

[1] Analytic hierarchy process

به دلیل بروز خطای انسانی و یا سلیقه افراد ، نادیده و یا کم اهمیت ، لحـاظ نگـردد. هـدف بعـدی ارائـه روشی برای انتخاب محل پست ، به عنوان یکی از مهمترین و حساس‌ترین انتخـاب‌هـا در شـبکه ، بـر پایـه روش های علمی بهینه سازی است. بطوریکه نتایج حاصل با دقت بالایی ، قابل اعتماد باشد. مزیت ایـن روش ، در نظـر گرفتن همه معیار ها با توجه به استاندارد شماره ۲۳۲ شرکت توانیر و سایر سوابق موضوع می باشد .هدفی بعدی ارائه روشی برای انتخاب محل پست است که وابستگی چندانی به ماهیت منطقه و شـرایط خـاص محـل احـداث پست نداشته باشد و تنهاوزن‌دهی به هریک از معیار ها و زیر معیار ها در هر پروژه تغییر نماید . به عبـارت دیگـر روش پیشنهادی قادر باشد در طیف گسترده ای از مکان یابی انواع پست ها بکارگیری شود. در فصل دوم به ایـن موضوع اشاره خواهد شد که سوابق تحقیق به دو دسته کاندیدیابی و انتخاب محل نهایی از بین کاندیدها تقسـیم می شود . هدف در اینجا دسته دوم ، یعنی انتخاب محل نهایی احداث پست ،از بین چندین کاندید اسـت.برخـی سوالات اساسی که این پایان‌نامه جهت پاسخ‌گویی به آنها طرح شده است به شرح زیر است:

- ضرورت تحقیق در مورد بهینه سازی محل پست های انتقال و فوق توزیع چیست ؟
- چه معیارهای اصلی و زیر معیارهایی در تعیین محل پست مؤثرند ؟
- با چه روش علمی می‌توان همه عوامل تأثیر گذار را بسته به اهمیت آنها در تعیین محل پست دخیل نمود ؟
- آیا روش پیشنهادی کفایت لازم را برای پیاده سازی روی نمونه واقعی دارد ؟

---

[۱] Fixed Substation

[۲] MobileSubstation

۱-۳مروری بر فصل‌های پایان‌نامه

در فصل دوم به بررسی سوابق موضوع بهینه سازی محل پست های انتقال و فوق توزیع پرداخته می-شود. در این فصل ضمن معرفی و نمایش توپولوژی شبکه[1] چند کشور ، گزارشی کامل از مطالعات انجام شده و نتایج جستجوی روی سوابق موضوع، ارائه شده است. سوابق تحقیق، اهمیت بحث بهینه سازی انتخاب محل پست را نشان می دهد. در فصل سوم ابتدا معیارهای اصلی و زیر معیارهای انتخاب محل پست ، طبق استاندارد های موجود معرفی ، دسته بندی و به تفضیل شرح داده خواهد شد . سپس روش پیشنهادی و مدلسازی ریاضی مسئله ارائه خواهد شد. در فصل چهارم، اطلاعات واقعی از یک نمونه مکان یابی پست ، ارائه شده و روش پیشنهادی روی نمونه پیاده سازی می‌گردد . در فصل پنجم، نتایج به طور خلاصه جمع‌بندی و پیشنهادات برای ادامه تحقیق ارائه خواهد شد.

[1] Network topology

فصل دوم

مروری برسوابق

بهینه سازی محل پست‌های فشارقوی

در مقالات و پژوهش های قبلی

۲-۱ مقدمه

گسترش به موقع و مناسب شبکه های انتقال و فوق‌توزیع برق از نیازهای ضروری جوامع امـروزی می باشد. وجود معیار های کمی و کیفی متنوع در مرحله انتخاب زمین پسـت فشـار قـوی ، حـل مسـئله بهینه سازی محل پست را پیچیده و وقت گیر نموده است. بدین منظور ارائه روش هایی کارا که از سـرعت و دقت بالایی برخوردار باشند ، برای انتخاب بهینه محل پست های فشـار قـوی (انتقـال و فـوق توزیـع) ضروری است. مطالعات و تحقیقات قبلی انجام شده روی بحث بهینه سازی محل پسـت فشـار قـوی بـرای شناخت موضوع و توسعه و بهبود روش های موجود مفید است . به همین جهـت سـعی گردیـد مقـالات و اسناد موجود در زمینه تا حد امکان مورد بررسی قرار گیرد. در نتیجه این جستجو روش ها و تکنیک های متنوعی برای بهینه سازی انتخاب محل پست به دست آمد . از دیگر مواردی که مورد جستجو قرار گرفت، نحوه انتخاب محل پست در سایر کشورها بود. نتایج حاصل شـده مـی توانـد بـه طـور مسـتقیم در سـطح شرکت های برق منطقه ای کاربردی گردد. آنچه در ادامه خواهد آمـد مـروری اجمـالی بـر سـوابق بهینـه سازی محل پستهای فشارقوی است که ازمقالات وپژوهشهای قبلی جمع آوری و دسته بندی شده است.

۲-۲ بررسی شبکه انتقال وفوق توزیع سایرکشورها[۱]

با توجه به اینکه بخشی از کار پژوهشی مربوط به سوابق موضوع در کشور های دیگر می باشد سعی شد روی شبکه های انتقال وفوق توزیع سایرکشورها متمرکز شده و نحوه جایابی پستها در این کشور ها بررسی گردد . هر چند جستجو انجام شده منجر به اخذ جزئیات موضوع نشد ولی نقشه های شبکه این کشور ها و وضعیت استقرار پست ها در آنها می تواند الگوی مناسبی برای دست یابی به نتایج مورد انتظار باشد. در این جا چند نمونه از نقشه هایی که مورد بررسی قرار گرفته آورده شده است.

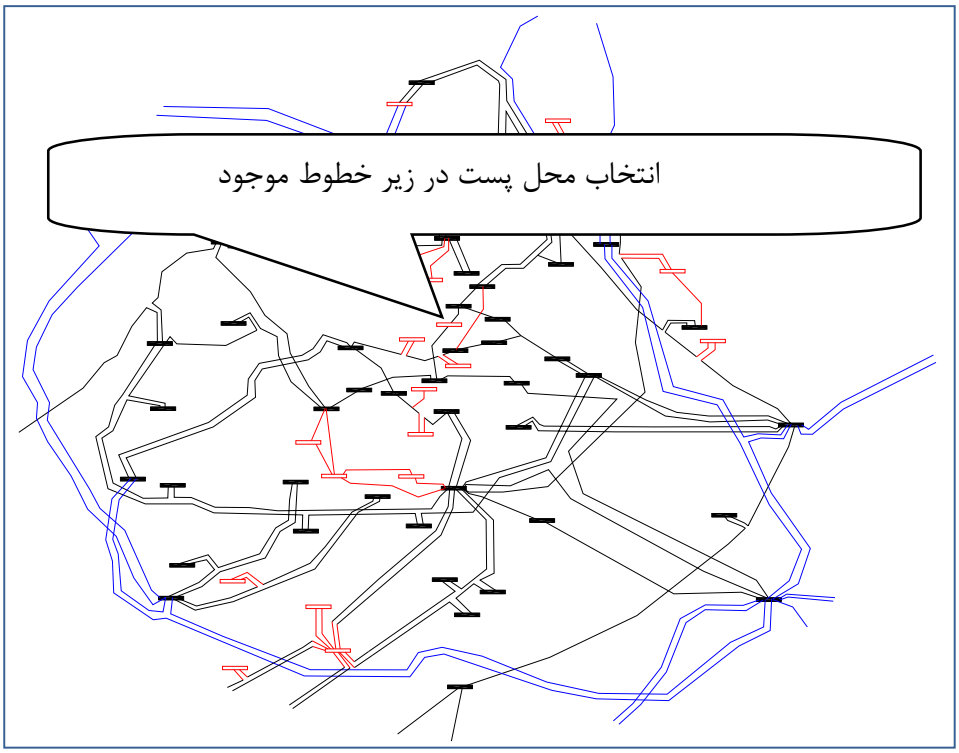
۲-۲-۱ شبکه انتقال وفوق توزیع کشورپرتغال

سطوحولتاژ در این کشور ۴۰۰،۲۲۰،۱۵۰،۱۳۰ کیلوولت می باشد. سطوح ولتاژ در رده فوق توزیع در این کشور ۱۳۰ و ۱۵۰ کیلوولت است . این موضوع از نقطه نظر تلفات نسبت به سطوح فوق توزیع ایران (۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت) ترجیح داده می شود.خطوط تکمداره،دومداره وکابلی نیز در شبکه کشورپرتغال وجود دارد. محل پست‌ها در شبکه برق این کشور به گونه‌ای انتخاب شده اند که خطوط منتهی به آنها کوتاه‌ترین طول ممکن را داشته باشند. این موضوع علاوه بر کاهش سرمایه گذاری اولیه ، موجب کاهش هزینه‌های تلفات توان نیز خواهد شد.

۲-۲-۲بررسی شبکه فوق توزیع شهر مادرید

نقشه به دست آمده از شهر مادرید (پایتخت کشور اسپانیا) مورد توجه قرار گرفت. در این نقشه خطوط تک مداره، دو مداره و کابلی مشخص شده است. همچنین طرح های در دست اجرا مشخص شده است.خطوط شبکه فوق توزیع داخل شهر مشخص می باشد. محل خطوط و پست‌های جدید با رنگ قرمز مشخص شده است . همانطور که شکل (۲-۱) نشان می دهد پست‌های فوق توزیع جدید به طور معمول زیر خطوط موجود احداث شده‌اند. به منظور فهم راحت‌تر، این نقشه به صورت نقشه دیسپاچینگ و در محیط Autocad پیاده سازی شده است.

در نقشه شکل(۲-۱) رنگ آبی نشان دهنده خطوط ۴۰۰ کیلوولت، رنگ سیاه نشان دهنده خطوط و پست های ۲۲۰ کیلوولت موجود و رنگ قرمز نشان دهنده خطوط و پست های ۲۲۰ کیلوولت طرح توسعه می باشد. همانطور که در شکل (۲-۱) مشاهده می گردد، ۱۹ عدد پست ۲۲۰ کیلوولت جدید برای شهر مادرید در نظر گرفته شده است که از این تعداد ۱۲ پست تقریبا در مسیر خطوط ۲۲۰ کیلوولت موجود پیش بینی شده اند. این موضوع با وضوح در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱): نقشه پیاده سازی شده شهر مادرید ، در این نقشه برخی از پست های طرح که در زیر خطوطموجود در نظر گرفته شده اند، مشخص شده است.

با مطالعه شبکه انتقال و فوق توزیع شهر مادرید ملاحظه می شود مهندسین طراح این شبکه اهمیت ویژه‌ای برای معیار نزدیکی پست های جدید به شبکه موجود قائل شده اند. علت اینموضوع کاهش هزینه‌های بالای احداث خطوط جدید می باشد. ضمن اینکه با ورود و خروج خطوط موجود در پست های جدید نیازی به صرف هزینه های بالای ساخت فیدر در پست های مجاور نیز نمی باشد. از طرفی با توجه به اینکه پراکندگی شبکه انتقال در حاشیه شهر هاست، در صورت تقاضای دیماند قابل توجه می توان در نزدیکی این خطوط اقدام به احداث پست های فوق توزیع نمود به گونه ای که فاصله مابین خطوط انتقال با مراکز مصرف ناچیز باشد. این موضوع به کاهش تلفات توزیع که در اکثر مواقع قابل توجه است کمک خواهد نمود.

۲-۳ معیار های طراحی و مهندسی انتخاب محل پست (شرکت توانیر)

یکی از منابع معتبر برای برداشت معیارهای لازم و دسته بندی این معیار ها برای انتخاب محل بهینه پست های فشار قوی، استاندارد های تدوین شده توسط دفتر معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر می باشد. در این استاندارد انبوهی از معیارهای لازم برای انتخاب بهینه محل پست ارائه شده است. در قدم اول ضمن مطالعه این معیار ها با توجه به ویژگی هر کدام، معیارهای مهم و با درجه اهمیت بالا و غیر تکراری استخراج شدند. سپس با توجه به شباهت موضوعی معیارها نسبت به دسته بندی آنها اقدام شد. در ادامه دسته بندی موضوعی انجام شده ارائه خواهد شد. هر معیار اصلی شامل چندین زیر معیار است.

۲-۴ دسته بندی معیارهای اصلی

۲-۴-۱ معیار مشخصات زمین

برای این معیار تعداد زیادی زیر معیار قابل تعریف است. دسترسی به جاده اصلی، کاربری اراضی مجاور پست، نحوه چیدمان (لی اوت)، تعداد تقاطع خطوط ورودی و خروجی پست با خطوط موجود، میزان شیب و حجم عملیات خاکی، آزمایشات زمین شناسی، قابلیت توسعه با سایر ولتاژها و قابلیت کاربرد انرژی های نو از جمله این زیر معیارها می باشند.

۲-۴-۲مشخصات الکتریکی

محل اتصال پست به شبکه روی مشخصات الکتریکی مؤثر است. هرچه محل پست بـه کـانون بـار نزدیک‌تر باشد امتیاز بالاتری از این معیار کسب خواهد نمود. این موضوع رابطه اساسـی بـا میـزان تلفـات محاسبه شده برای هریک از زمین های کاندید دارد. علاوه بر این با توجه به اینکه مقاومت الکتریکی زمین به نوع خاک بستر زمین و میزان رطوبت آن وابسته است، زمین های کاندیدی که مقاومت الکتریکـی آنهـا پایین باشد در اولویت انتخاب هستند.

۲-۴-۳ معیار هزینه‌ها

هزینه خرید زمین، بخصوص در مناطق شهری از عوامل تعیین کننده در محل پسـت‌هـای فشـار قوی می باشد. هزینه خرید و نصب تجهیزات فیدر نیز وابسته به محل پسـت اسـت. هرچـه فاصـله محـل پست از شبکه موجود بیشتر باشد، هزینه خرید و نصب خطوط تغذیه کننده پست بیشـتر خواهـد بـود. از طرفی چنانچه فاصله پست تا مراکز مصرف زیاد باشد، هزینه های خریـد و نصـبخطوط خروجـی از پسـت افزایش خواهد داشت.

۲-۴-۴ معیار حریم

با توجه به حساسیت و اهمیت پست های برق، لازم است تا حد ممکن این تأسیسات از مناطق پر خطر مانند گسل زلزله، مسیر سیلابها، محدوده شق و نشسـت زمـین و مسـیر پـرواز فرودگـاه دور باشـد. همچنین لازم است حریم های قانونی سایر تأسیسات شهری مانند آب ، گاز و مخابرات نیز رعایت گردد.

۲-۴-۵ معیارشرایط زیست محیطی

احداث پست‌های فشار قوی نبایستی روی محیط زیست منطقه اثر سوء داشته باشد. در مرحله تسطیح و محوطه سازی پست تأکید می شود پوشش گیاهی منطقه از بین نرود . صدای حاصل از ترانسفورماتورهای پست نبایستی برای ساکنین ساختمان های مجاور، ایجاد مزاحمت نماید. وجود آلودگی های صنعتی می تواند هزینه های نگهداری پست و شستشوی مقره‌ها را افزایش دهد. به همین علت در صورت امکان محل پست، بایستی دور از مناطق با آلودگی سنگین انتخاب گردد.

۲-۴-۶ معیار ذینفعان

اشخاص حقیقی و یا حقوقی که احداث پست بنحوی در سود و یا زیان آنها تأثیرگذار خواهد بود بایستی شناسایی شوند. به عنوان مثال شرکت‌های توزیع بواسطه اینکه بایستی برق مشرکین خانگی و صنعتی را از طریق پستهای فوق توزیع تأمین نمایند از جمله این ذینفعان هستند. به عبارت دیگر در صورتیکه محل پست فشار قوی به درستی تعیین نگردد شرکت های توزیع برای تأمین بار مشرکین خود با مشکل اساسی روبرو خواهند بود.

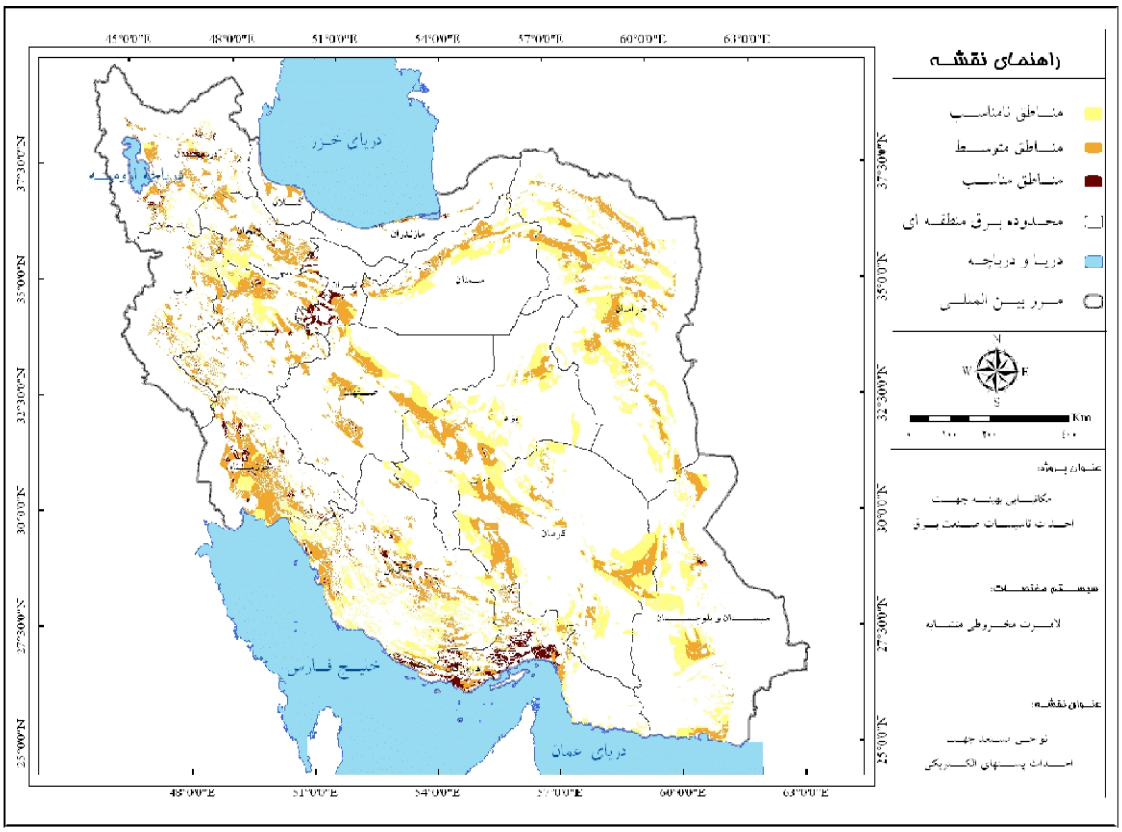
۲-۵ مروری بر مقالات و پژوهش‌های قبلی بهینه سازی محل پست‌های فشار قوی

نتایج مطالعات و جستجو روی سوابق موضوع شامل ۹ مقاله و تحقیق می‌باشد که روش بکاربرده شده در هر کدام به اختصار معرفی می گردد.

۲-۵-۱ بهینه‌سازی محل احداث پست با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1]

روش پیشنهادی در مرجع[۲]لایه‌های اطلاعاتی را به دو دسته لایه های محدودیت‌دار و لایه های فاکتور(ارزش گذاری شده بین صفر و یک) تقسیم نموده است. در نقشه های فاکتور[2]حریم های مورد نظر اعمال گردیده و بوسیله نقشه های محدودیت[3] ، نواحی حذفی از مراحل انجام کار کسر می گردد. سپس به روش هم پوشانی شاخص [4]نواحی همپوشانی تعیین و در نهایت مکان های مناسب برای احداث پست معین می شود. برای ساخت نقشه های محدودیت از نقشه های باینری استفاده می شود. اگر محل مورد مطالعه ممنوعه باشد ارزش آن صفر و در صورتیکه محدودیتی در آن موجود نباشد با عدد یک ارزش گذاری می شود.پس از ارزش گذاری اولیه با عملگر های And,Or,Xor,Not نسبت به حذف نواحی غیرمستعد اقدام می شود. شکل (۲-۲) نتایج حاصل این تحقیق را با ارائه نقشه پهنه بندی مناطق مستعد برایاحداث پست نشان می دهد.

Geographic information system[1]
Factor map[2]
Limitation map[3]
Index overlay[4]



شکل (۲-۲): نقشه پهنه بندی مناطق مستعد برای احداث پست **[۲]**

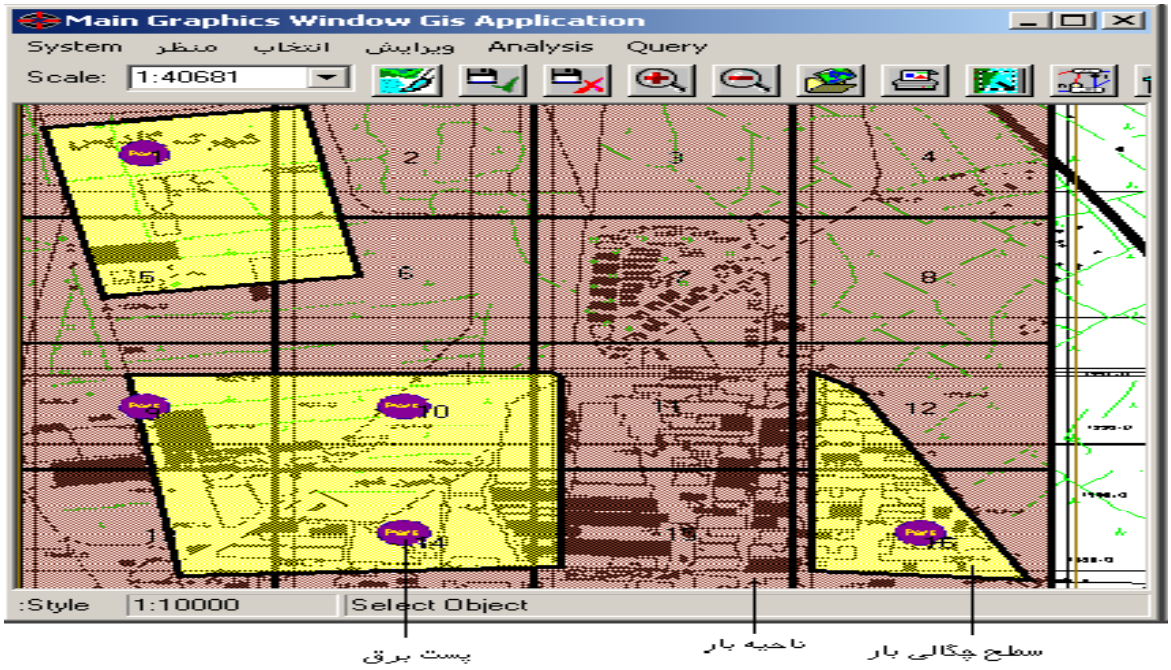
در مرجع [2] بیشتر مباحث راجع به عوارض زمین، مورد بررسی واقع شده است. در حالیکه مباحث الکتریکی مانند میزان تلفات و فاصله از مراکز بار و ... بررسی نگردیده است.

در مقاله [۳] با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین مکان بهینه پستها تابعی معرفی شده تا با مقایسه حالتهای مختلف این تابع باتوجه به متغیرهای موجوددرآن،مقدارخاصی ازآن تابع بهعنوان مقدار بهینه معرفی گردد. با مشخص شدن حالت بهینه این تابع میتوان مقدارمتغیرهای موجوددراین حالت رابدست آورد.معیار های در نظر گرفته شده در مقاله [۳] شامل هزینه خرید زمین و نزدیکی به مرکز ثقل بار می باشد.

تابع هدف معرفی شده به فرم ذیل می باشد. تابع هدف در بر گیرنـده دو کمیـت گشـتاور بـار [1] و هزینه زمین می باشد . جمله اول در برگیرنده هزینه زمـین و جملـه دوم مشـخص کننـده مقـدار کمیـت کشتاور بار کلی است. k_1 وk_2ضرایب نشان دهنده وزن هرجمله در تابع هستند.

$$f(l_i) = k_1 \sum_{j=1}^{p} Cost\ (Sub_j) + k_2\, Total\ LT$$

این متغیرهاشامل کمیتهـایی هسـتندکهبا اسـتفاده ازآنهـامیتوان موقعیـت پسـتهارادراین حالـت پیداکرد. این تابع بایدشامل کمیتهایی باشدکه عامل مهمی درتصمیمگیری هسـتند.در شـکل(۲-۳) نتـایج حاصل از پیاده سازی روش ارائه شده در این مقاله آورده شده است.



شکل (۲-۳): محدوده مطالعاتی نواحی چگالی بار، نواحی بارو پست های برق

---

[1] Load torque

۲-۵-۲ بهینه سازی محل احداث پست با روش برنامه ریزی عدد صحیح [۱]

در مرجع [4] جایابی بهینه پست های فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت در شرایط توسعه مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه موردی روی حوزه شهرستان ساری انجام شده است. در این روش ابتدا تعدادی زمین که شرایط لازم برای احداث پست را دارند به عنوان کاندید انتخاب شده و سپس با در نظر گرفتن محدودیت های فنی نظیر افت ولتاژ و تلفات و ... نقاط کاندید مورد بررسی قرار می گیرند. در ادامه تابع هزینه به فرم ذیل تعریف شده است .

$$C = C_f + C_s + C_l$$

در این رابطه Cf هزینه احداث فیدر (خطوط)، Cs هزینه احداث پست و Cl هزینه تلفات می باشد. در ادامه هزینه های ثابت و متغیر فیدر ها محاسبه شده است. ضمنا فرمولی برای تعیین تعداد زمین های کاندید معرفی گردیده است. سپس در این مقاله یک تابع هدف برای یافتن تعداد ، ظرفیت و حوزه سرویس‌دهی ارائه شده است. الگوریتم برنامه بر اساس سه پارامتر طراحی شده است.

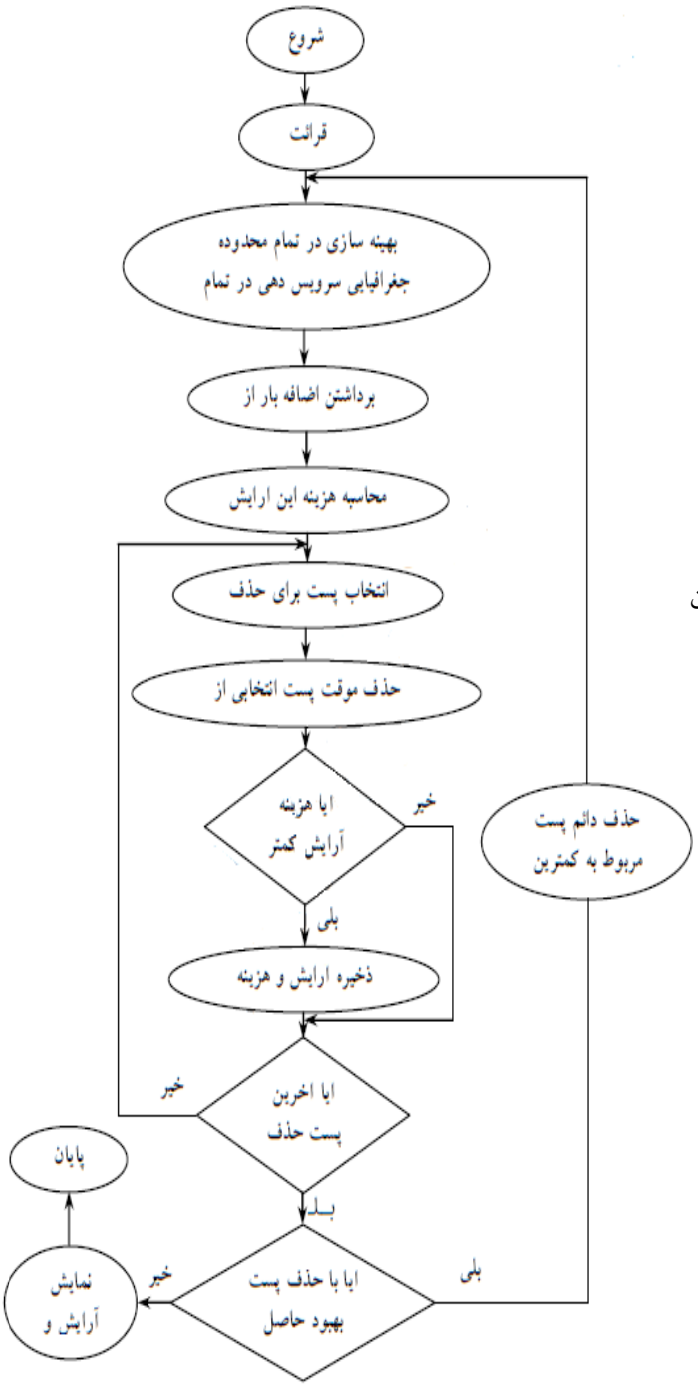
الف) تأمین بار از نزدیکترین پست فوق توزیع

ب) حذف بار اضافی پست‌ها پس از اختصاصدادن هر بار به نزدیک‌ترین پست

ج) حذف پست‌های غیر ضروری

[۱] Integer Progamming

نقطه ضعف مرجع [4] وجود اشکالاتی در تعریف تابع هدف می باشد. به عبارت دیگر هزینه‌هـای احداث فیدر به طور کامل دیده نشده و برای دو پارامتر متفاوت، تعریف یکسان ارائه شده است.



شکل (۲-۴) : الگوریتم برنامه بر اساس تأمین بار از نزدیک ترین پست ، حذف بارهای اضافیپست ها پس از اختصاص بار به نزدیکترینپست نمایش داده شده است. [۴]

۲-۵-۳ بهینه‌سازی محل احداث پست مبتنی بردو روش برنامه نویسی با استفاده ازنرم افزار لینگو [1] والگوریتم ژنتیک

لینگو یک بسته‌ی نرمافزاری باامکان برقراری ارتباط دوطرفه باکاربرمیباشد وازآن میتوان درحل مسائل خطی عددصحیح وغیرخطی کمک گرفت. این نرمافزارقابلیت تولید مدل‌های بزرگ اماباسطرهای نسبتاً کم دردادههای ورودی را داراست علاوه براین لینگو یک کتابخانه‌ی بزرگ ازتابع های ریاضی آماری واحتمالی میباشد وقدرت بالایی درخواندن اطلاعات ازفایل‌های خارجی ونرمافزارهای صفحه گسترده داردکه میتواند برای حل بسیاری ازمسائل بهینه‌سازی درشرکت‌های برق مفید باشد .

در[5]مبتنی بربحث‌های انجام شده ونکات ضعف روش‌های مطرح شده توسط سایرمحققین،روش جامع نوینی برای مکانیابی بهینه‌ی پستهای توزیع وتعیین حوزه ی سرویس دهی آنهاارائه شده است . روش بهینه سازی مبتنی بردوروش برنامه نویسی بااستفاده از نرمافزار لینگو والگوریتم ژنتیک است.

در این مقاله متغیرهای تصمیم برای مکانیابی پستهای توزیع عبارتنداز:

- تعدادبهینه‌ی پستهای توزیع

- مکان بهینه‌ی پستهای توزیع

[1] Lingo

- ظرفیت پست‌ها

- ناحیه‌ی سرویس دهی هریک از پست‌ها

تابع هدف وقیود حاکم برمسأله دراین تحقیق برای مکانیابی بهینه‌ی پست‌های فوق توزیع، شامل 5جزءاست که عبارتنداز:

۱ –هزینه‌ی ثابت مرتبط بازمین واتصال پستهای فوق توزیع در مکانهای کاندید به شبکه ی بالادستی

۲– هزینه‌ی ثابت مرتبط باپستهای فوق توزیع شامل هزینه‌ی ترانسفورماتورها وتجهیزات

۳ - هزینه‌ی مرتبط باتلفات مسی پستهای فوق توزیع

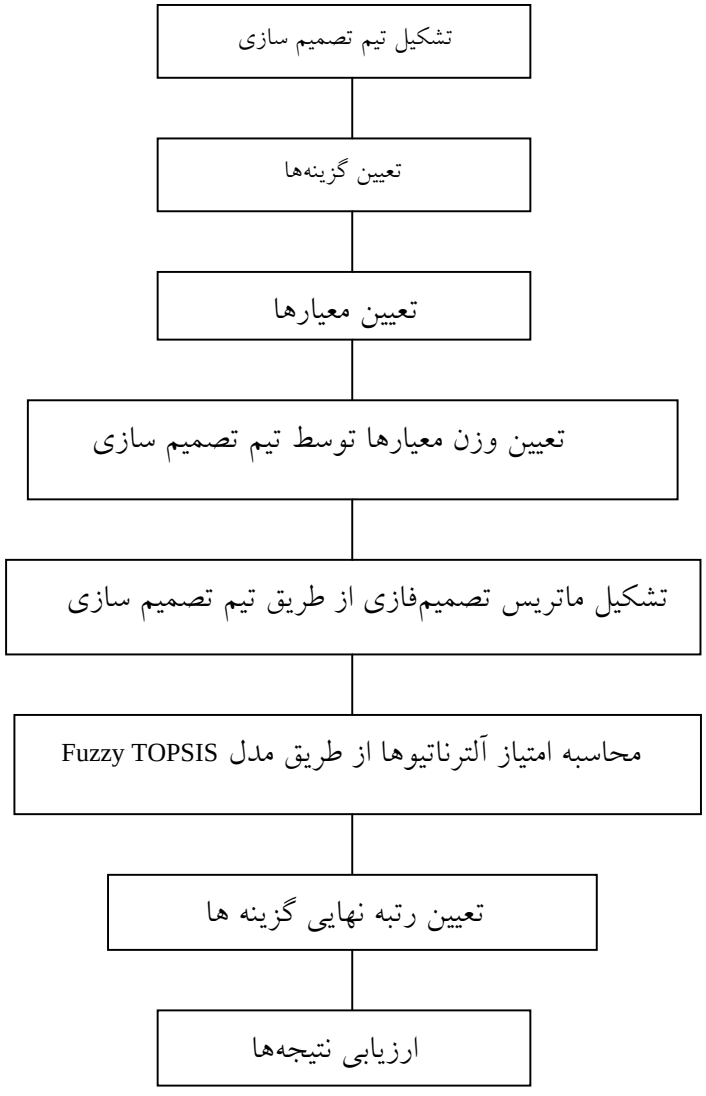
۴ - هزینه‌ی مرتبط با احداث فیدرهای فشارمتوسط

۵ - هزینه‌ی مرتبط باتلفات فیدرهای فشارمتوسط

در مرجع [5] تابع هدف و قیود حاکم بر آن نسبت به مراجع قبلی به صورت کامل‌تری بیان شده است. اما ضعف اصلی این مرجع عدم بررسی نتایج حاصل از اجرای برنامه لینگو است.

۲-۵-۴ بهینه‌سازی محل احداث پست با روش شباهت به گزینه ایده آل فازی[1]

در مدل ارائه شده [6] با توجه به ماهیت غیر صریح تصمیم‌گیری در مورد انتخاب محل بهینه پست، از تکنیک منطق فازی به کمک مقادیر کمی و دانش افراد خبره استفاده شده است.مدل مفهومی و روش مورد استفاده در [6] در شکل (۲-۵) نشان داده شده است.



شکل (۲-۵): روند نمای

مکان یابیپست در مرجع [6]

Fuzzy topsis[1]

نویسنده در مرجع [6] علت کاربرد تکنیک تاپسیس در تحقیق خود را این گونه عنوان نمودهاست. وجود معیارهای تصمیم گیری از نوع هزینه (مانند قیمت زمین) یا اثر سوء بر محیط زیست (از بین بردن پوشش گیاهی منطقه)، که هدف کاهش این معیارها است و همچنین وجود معیارهایی از نوع سود (نزدیکی به ثقل بار) که هدف افزایش آنها است. به عبارت دیگر وجود ترکیبی از معیار های منفی و مثبت در فرآیند تصمیم گیری انتخاب محل بهینه پست، دلیل اصلی گزینش روش تاپسیس بوده است.

در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار میگیرند و هر مساله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شاملm نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت و دارای شش گام ذیل است.

گام صفر: به دست آوردن ماتریس تصمیم

گام اول:نرمالایزه کردن ماتریس تصمیم

گام دوم:وزن دهی به ماتریس نرمالایز شده

گا م سوم:تعیین راه حل ایده آل و راه حل ایده آل منفی

گام چهارم:به دست آوردن اندازه فاصله ها

گام پنجم:محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل

گام ششم: رتبه بندی گزینه ها

معیار در نظر گرفته شده برای بهینه سازی محل پست در مرجع [6] به شرح ذیل است.

اثرات زیان‌بار زیست محیطی در اثر استقرار تجهیزات فشار قوی در محل (اثرات سوء میدانهای مغناطیسی والکتریکی خصوصا در نزدیکی تاسیسات حساس مانند پمپهای گاز و بنزین و مراکز نظامی، عدم زیبایی و عدم هماهنگی با محیط، آلودگی خاک، آلودگی صوتی ناشی از ترانسفورماتورها و راکتورها و دیزل‌ژنراتورها، اختلالات رادیویی و تلویزیونی و ...) ، در معرض نبودن مسیر حرکت لایه‌های خاک و توده های هوای آلوده کننده و همچنین مسیر تونلهای باد تند و مسیر سیل و خطوط و گسل‌های زلزله قوی ، سهل‌الوصول بودن تملک زمین و حجم کم عملیات خاکبرداری و تطبیق با نقشه تک خطی و محل مورد نظر و نزدیکی حتی‌الامکان به جاده های اصلی به منظور حمل ونقل محمولات سنگین و هم از نظر دسترسی آسان پرسنل بهره‌برداری و تعمیرات ، نزدیک بودن تا مراکزمصرف انرژی برق و همچنین محل و جهت و تعداد بی‌خطوط فشار قوی ورودی و فیدرهای خروجی، از جمله مواردی است که در [6] در نظر گرفته شده است.

مزیت موجود در مرجع [6] گام بندی انجام مراحل بهینه سازی است. استفاده از نظر افراد خبره تنها برای معیار هایی قابل استفاده است که مقادیر کمی برای آنها وجود نداشته باشد ولی در [6] برای این موضوع، معیار های کمی و کیفی تفکیک نشده اند. علاوه بر این ، معیار با اهمیت میزان تلفات، در [6]لحاظ نگردیده است.

۲-۵-۵ جایابی بهینه پستهای فوق توزیع با استفادها ازالگوریتم تکامل تفاضلی دینامیکی

الگوریتم پیشنهادی در [7] اعمال بهبود روی الگوریتم تکامل تفاضلی ساده حاصل شده است. تابع هدف مسئله فرمولبندی شده تا محل ، تعداد، ظرفیت و هزینه پست های نصب شده مشخص شود. تابع هدف در [7] شامل هزینه های سرمایه گذاری (ثابت) و هزینه های بهره برداری (متغیر) می باشد. نتایج حاصله با روش بهینه سازی اجتماع ذرات و الگوریتم تکامل تفاضلی ساده مقایسه شده است.

در ادامه فرمول بندی شامل یافتن محل و ظرفیت پست، تابع هدف و ضرایب مقایسه‌ای ارائه شده است. سپس الگوریتم های تکامل تفاضلی از نوع کلاسیک و دینامیک معرفی شده است. در ادامه [7] شبکه‌ای با تعداد و میزان بار مشخص مورد مطالعه قرار گرفته و سطح بار، مکان و هزینه متناظر با هر سطح بار تعیین شده است.

نقطه قوت مرجع [7] بخش تاریخچه‌ی موضوع است. در این مرجع از ۱۳ عنوان مشابه با موضوع تحقیق، نام برده شده است. تابع هدف در مرجع [7] با هزینه های سرمایه گذاری اولیه و هزینه های متغیر(عناوین کلی) تعریف شده که به نظر می رسد از دقت کافی برخوردار نیست.

۲-۵-۶ تعیین محل بهینه پست های فشار قوی به روش کاندیدیابی باالگوریتم خوشه سازی تصحیح شده والگوریتم ژنتیک

در مرجع [8] ابتدا با استفاده از یک روش خوشه سازی ریاضی مجموعه ای از کاندیدها تعیین می شود. محدودیت های منظور شده در این بخش شامل ظرفیت پست ها ، ظرفیت فیدرها و محـدوده ولتـاژ است. برای حل مسئله بهینه سازی از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

روش کاندیدیابی بکار رفته در [8] از ایده ریاضی خوشه سازی الهام گرفته اسـت. بـا اصـلاح ایـده ریاضی مذکور و وارد کردن قید هایی نظیر افت ولتاژ و ظرفیت مجاز هـر پسـت، روش کاندیـدیابی جدیـد حاصل شده است.

در ادامه این مقاله تابع هدف تعریف و محاسبه شده است. تابع هدف شامل هزینـه هـای احـداث پست های جدید و توسعه پست های موجود ، هزینه احداث و توسعه شبکه پـایین دسـت، هزینـه تغذیـه پست های جدید از شبکه بالادست، هزینه تلفات ترانسفورماتور و هزینه تلفات شبکه می باشد . قید هـای منظور شده در مسئله بهینه سازی شامل ، میزان بارهای متصل به هـر پسـت، میـزان توسـعه هـر پسـت موجود و افت ولتاژ مجاز در طول فیدر و توان مجاز عبوری از فیدرمی‌باشد.

۲-۵-۷ مکانیابی بهینه پست باروش شاخه و حد [1]

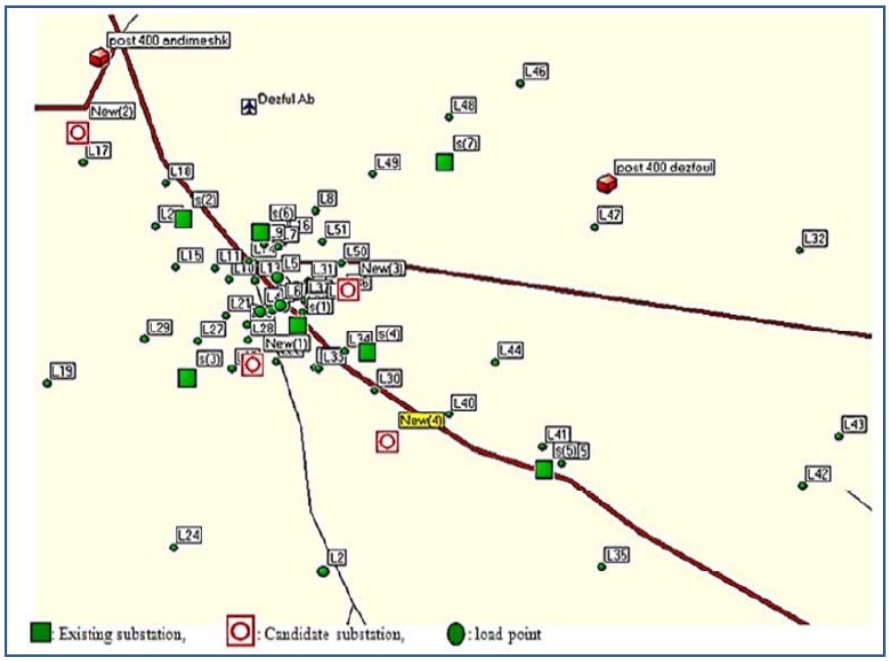
مولفـه هـای تـابع هـدف در [9] شـامل هزینـه‌هـای سـاخت و سـاز و خریـد تجهیـزات، فاصـله بین پست تا مرکز بار، ظرفیت پست ، طول فیدر فشار قوی و هزینه های احداث فیدر و هزینه

[1] Branch & Bound

تلفات می باشد.روش حل بر پایه آنالیز یک مسئله بهینه سازی غیر خطی و الگوریتم شاخه و حد می باشد. در ادامه این مقاله مطالعه موردی روی شهر دزفول انجام شده است. نتایج شبیه سازی صحت روش پیشنهادی برای کاهش هزینه ها و تعیین محل بهینه احداث پست را نشان می دهد. برای تعیین وزن معیار ها از روشAHP استفاده شده است.

در شکل (۲-۶) محل پستهای موجود، محل های پیشنهادی برای احداث پست (زمین های کاندید)و مرکز ثقل بار در نرم افزار نمایش داده شده است.

مرجع [9] اگر چه همه معیارهای تأثیر گذار برای انتخاب محل پست فشار قوی مورد بررسی و تحلیل واقع نشده، اما با توجه به روش استفاده شده در آن، از مزیت نسبی برخوردار است. این روش در سایر مراجع بخصوص مراجع لاتین مورد استفاده قرار گرفته است.

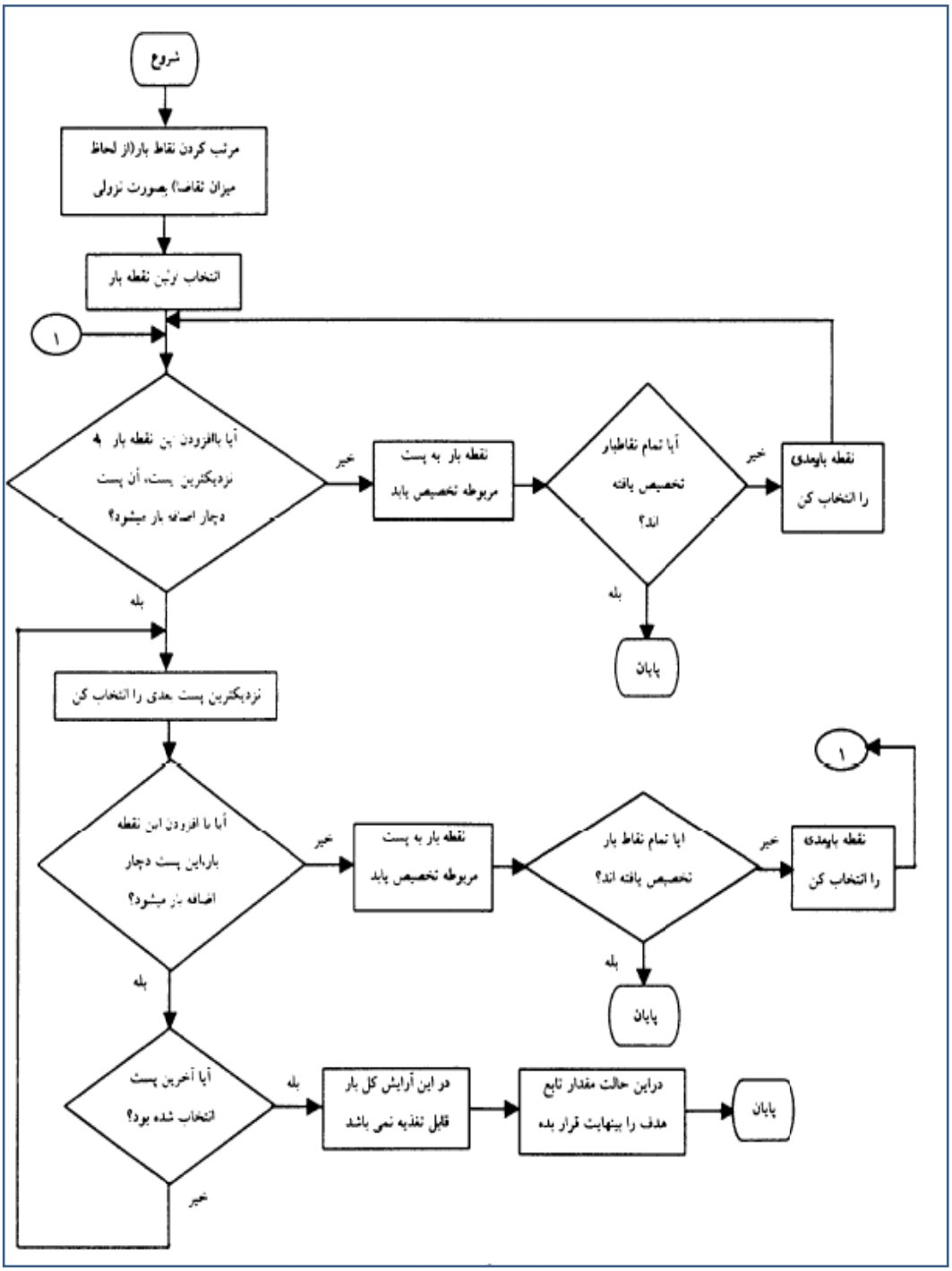


شکل (۲-۶) : محل پستهای موجود، محل زمین های کاندید، مرکز ثقل بار در نرم افزار

۲-۵-۸ مکان‌یابی بهینه پست‌های فوق توزیع با روش ابتکاری تخصیص بار

در مرجع [10] با ارائه یک روش شبه پویا[1] طرح توسعه پست‌های فوق توزیع برای دوره‌های مختلف زمانی از سال مبنا تا سال افق پیشنهاد می‌شود . همچنین تابع هزینه در روند طراحی شامل هزینه‌های سرمایه گذاری (احداث پست ، قیمت زمین و تجهیزات)، افت ولتاژ و قابلیت اطمینان است. در تابع هدف معرفی شده از شاخص حاصلضرب فاصله در مقدار بار استفاده شده که نشان می دهد بارها بایستی از نزدیکترین پست تغذیه شوند. برای شاخص افت ولتاژ از میزان توان بار متناسب با جریان و فاصله نقطه بار تا پست، متناسب با مقاومت استفاده شده است. برای لحاظ شاخص قابلیت اطمینان برای پست‌ها دو حد بالا و پایین برای کارکرد آنها در تغذیه بار در نظر گرفته شده است. در شکل (۲-۷) روند نمای الگوریتم پیشنهادی با تخصیص بار نشان داده شده است.

[1] **pseudo dynamic**



شکل (۲-۷) : روند نمای الگوریتم پیشنهادی در مرجع [10]

نمونه خروجی نرم افزار بکار برده شده برای شبکه شـهر بنـدر عبـاس (مطالعـه مـوردی) مطـابق شکل(۲-۸) می باشد.

OUTPUT FOR TIME INTERVAL: 1

Existing Substations:

Sub.name	Capacity<MVA>	Loading<MVA>	Proposed Cap<MVA>	Allocated_loads
DAMAHI	60.0	43.653	60.0	B21,B25
ESKELEH	60.0	0.000	60.0	
FOROUDGAH	45.0	29.152	45.0	B24
KELIDKHANEH	90.0	49.532	90.0	B18,B19,B20,H28
MARKAZE_SHAHR	45.0	23.902	45.0	H26,B15,H27
KHAYAM	60.0	43.500	60.0	B07,B12,B11
SOUROO	60.0	31.315	60.0	B01,B02
DIZEL	60.0	50.258	75.0	B05,B04,B03,B08

Chosen Candidate Substations:

Sub.name	Proposed Cap.<MVA>	Loading<MVA>	Allocated_loads
NEW_2	60.0	43.799	B22,H29,H31,H30
NEW_3	30.0	18.053	B23,H32,H33
NEW_5	60.0	44.349	B13,B16,B17
NEW_8	60.0	42.671	B14,B06,B10,B09

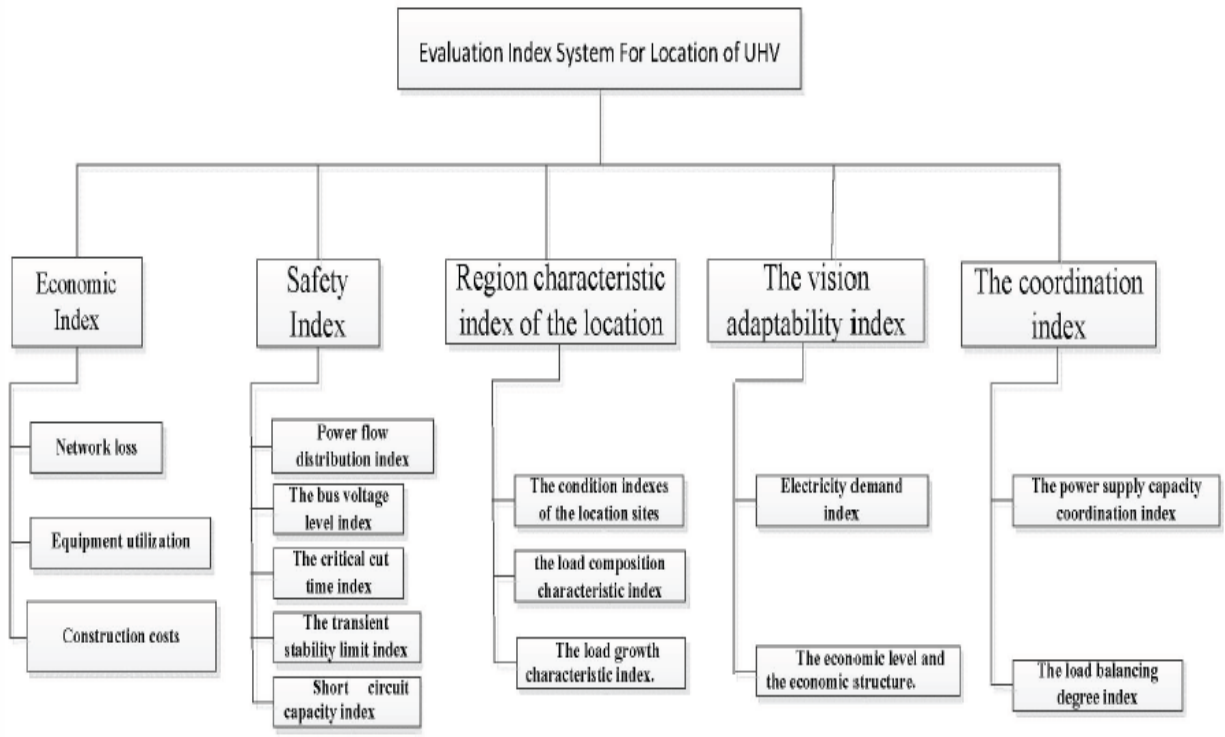
نمونه خروجی نرم‌افزار جایابی بهینه پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت

شکل (۲-۸) : نمونه خروجی نرم افزار مکان‌یابی پست

نکته مثبت مرجع [10] اضافه نمودن معیار قابلیت اطمینان به متغیر های تصـمیم‌گیـری اسـت . این موضوع در سایر مراجع معرفی شده، دیده نشد. نقطه ضعف مرجع [10] معرفی ناقص روش پیشنهادی در آن است.

۲-۵-۹ مطالعه مکان‌یابی پست‌های فشارقوی بر اساس تئوری تخمین وزن [11]

در مرجع [11] ابتدا به اهمیت مکان یابی پست های فشار قوی اشاره شده است . اینکه بررسی این موضوع (مکان یابی پست) به مطالعات جامع همه شاخص‌های تأثیرگذار نیاز دارد بخش دیگری از این مرجع است . شاخص هایی که در [11] مورد توجه قرار گرفته شامل معیار های اقتصادی ، امنیتی و خصوصیات منطقه‌ای می باشد.چارچوب شاخص های ارزیابی سیستم برای تعیین محل پست های فشار قوی در [11] در شکل (۲-۹) نشان داده شده است.



شکل (۲-۹): چارچوب شاخص های ارزیابی سیستم برای تعیین محل پست های فشار قوی در مرجع [11]

شاخص اقتصادی[۱] در اصل میزان تلفات شبکه، هزینه های خرید تجهیزات و ساخت می باشد.شاخص بعدی در [11] شاخص اطمینان از عملکرد[۲] می باشد. در این دسته از شاخص ها از زیر شاخص هایی مانند پخش بار توزیع ، سطح ولتاژ شینه ، زمان قطع بحرانی ، محدودیت پایداری گذرا و شاخص ظرفیت اتصال کوتاه نام برده شده است. شاخص های منطقه ای [۳] در [11] شامل شرایط محیطی، میزان توسعه شهری و رشد بار منطقه است. شاخص بعدی شاخص سازگاری چشم انداز [۴] می باشد. در حقیت در این شاخص دیماند الکتریکی ، سطح اقتصادی و ساختار اقصادی منطقه مورد توجه قرار می گیرد. شاخص هماهنگی[۵] از دیگر شاخص های مورد توجه در مرجع [11] می باشد. زیر مجموعه شاخص هماهنگی دو زیر شاخص ظرفیت منابع تولید و میزان تعادل بار می باشد.

نقطه ضعف شاخص های تعریف شده در [11] دیده نشدن شاخص های دسترسی آسان به پست، تناسب کاربری اراضی زمین های مجاور، هماهنگی بین ابعاد با چیدمان تجهیزات، حداقل نمودن تعداد تقاطع عرضی با خطوط موجود و قابلیت توسعه آتی است.

---

[۱] Economic index
[۲] Safety index
[۳] Region characteristic index
[۴] Vision adaptability
[۵] Coordination index

۲-۶ نتیجه گیری

با مطالعه سوابق موضوع می توان مطالعات قبلی را به دو دسته تقسیم نمـود . یکـی مقـالاتی کـه روی مبحث کاندیدیابی موقعیت زمین متمرکز شده اند. به عبارتی همه نقاط محدوده مورد مطالعـه مـورد سنجش قرار می‌گیرند. دسته دیگر مقالاتی هستند که از موقعیت زمین هایی که یک مرحله کاندیـدیـابی شده اند محل بهینه را پیشنهاد می دهند. مطالعات قبلی پس از معرفی معیارهای تأثیر گذار روی انتخـاب محل پست ، به فرموله نمودن موضوع پرداخته اند و هر کدام باروشی متفاوت بحث بهینه سـازی را پیـاده سازی نموده اند. با توجه به پیچیدگی موضوع ، ارائه روشی که با تلفیق روش های قبلی از سرعت و دقـت بالاتری برخوردار باشد و امکان بررسی نتایج آن نیز مهیا باشد، مورد انتظار است.

فصل سوم
روش پیشنهادی برای تعیین محل پست‌های فشار قوی

۳-۱ مقدمه

گسترش به موقع و مناسب شبکه های انتقال و فوق توزیع برق از نیازهای ضروری جوامع امروزی می باشد. بدین منظور توجه به رشد مصرف برق، سیاست‌های کلان اقتصادی و ... ضروری است. از مواردی که لازم است در گسترش شبکه های انتقال و فوق توزیع مدنظر قرار گیرد، انتخاب محل پست‌های انتقال و فوق توزیع به عنوان نقاط اساسی برای تبدیل سطح ولتاژ ، کنترل خطوط و ترانسفورماتورها و تغذیه مصرف کنندگان می باشد. انتخاب محل پست‌های انتقال و فوق توزیع به طور مستقیم روی میزان بارگیری خطوط، بارگیری ترانسفورماتورها، میزان تلفات توزیع و فوق توزیع و افت ولتاژ ، مؤثر است .

علاوه بر این تعداد عوامل و معیارهایی که در تعیین محل پست مؤثرند ، بالاست . همچنین این عوامل از جنس یکدیگر نیستند. برخی از این عوامل به خصوصیات الکتریکی شبکه مربوط هستند. برخی دیگر به مشخصات زمین محل پست وابسته اند. این موضوع در بخش ۳-۲ به طور مفصل بحث خواهد شد. تعدد عوامل و همگن نبودن این عوامل باعث شده بسیاری از آنها در فرآیند انتخاب محل پست در شرکت های برق منطقه‌ای نادیده گرفته شود. زیرا در روش های موجود برای سهولت حل مسئله به دو و یا چند معیار خاص توجه شده است و مابقی عوامل در فرآیند تصمیم گیری نادیده گرفته شده است. از جمله دلایل ضرورت ارائه روش برای انتخاب محل پست‌های انتقال و فوق توزیع ، این مسئله است که با توجه به تعداد بالای عوامل تأثیرگذار در انتخاب محل پست، احتمال اینکه بخشی از عوامل به دلیل خطای انسانی و یا سوء مدیریت نادیده گرفته شود ، بالاست.

دلیل دوم ضرورت ارائه روش برای انتخاب محل پست، پیچیدگی تلفیق این معیارهـا و در نهایـت اتخاذ تصمیم مطلوب برای انتخاب بهینه محل پست می باشد.

در این فصل ابتدا معیارها و زیر معیارهای دسته بندی شده برای انتخاب محل پسـت ارائـه و هـر کدام از جهت اثرگذاری روی موضوع ، مورد بحث و بررسی قرار می گیرند. این معیارها بر اساس استاندارد شماره ۲۳۲ معاونت تحقیقات و تکنولوژی شرکت توانیر با موضوع معیارهای طراحـی و مهندسـی انتخـاب محل پست و همچنین سوابق تحقیق ، گرد آوری و دسته بندی شده است.

در بخش دیگر از این فصل معیارها و زیر معیارهای معرفی شـده از حیـث ماهیـت بـه معیارهـای کمی و معیارهای کیفی تقسیم می شوند. دلیل دسته بندی معیارها به معیارهای کمی و کیفی تفـاوت در روش امتیازدهی به این معیارهاست.

در ادامه این فصل روش استخراج امتیاز معیارهای کیفی و روش استخراج امتیاز معیارهـای کمـی به تفضیل شرح داده خواهد شد. روش ارزیابی و وزن‌دهی به معیارها و زیـر معیارهـا در ادامـه ایـن فصـل بررسی و تحلیل خواهد شد.

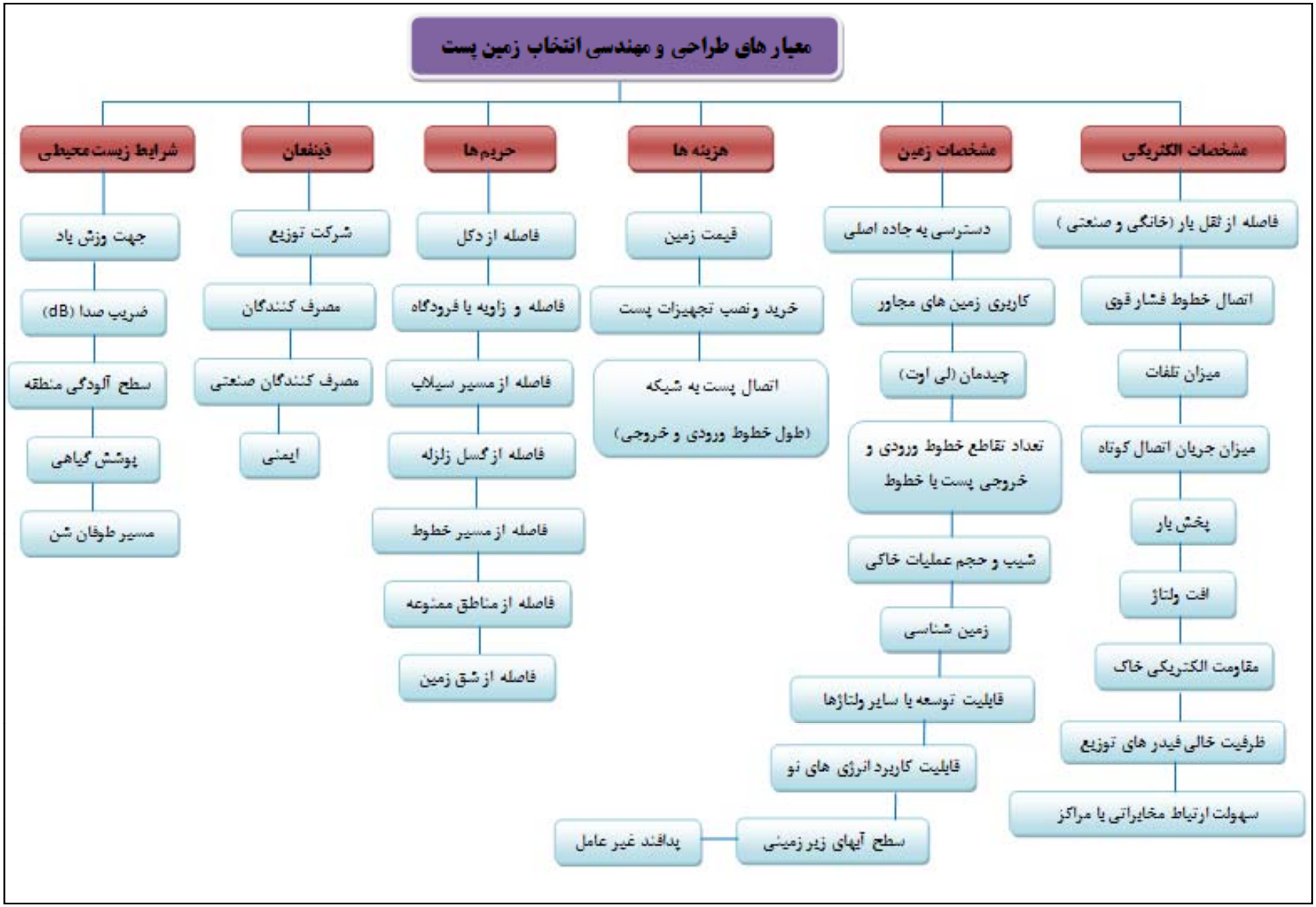
ارائه مدل ریاضی از مسئله و فرموله نمودن روش بهینه سازی انتخاب محل پست (تصمیم گیری) در بخش بعدی این فصل ارائه می شود. در پایان فصل نیز با توجه به روش پیشنهادی معرفی شده در این فصل برای تعیین محل پست، نتیجه گیری و جمع بندی، انجام می شود.

۳-۲معرفی و توصیف معیارها و زیر معیارها

در شکل (۳-۱) معیارهای اصلی و زیر معیارهای مرتبط با هر معیار به طور کامل نشان داده شده است. در اینجا با توجه به اینکه معیارهای اصلی در فصل دوم مورد بررسی قرار گرفت سعی شده، زیر معیارهای مرتبط با هر معیار معرفی و ارتباط این زیر معیارها با موضوع تعیین محل بهینه پست بیان شود.

۳-۲-۱ معیار مشخصات الکتریکی

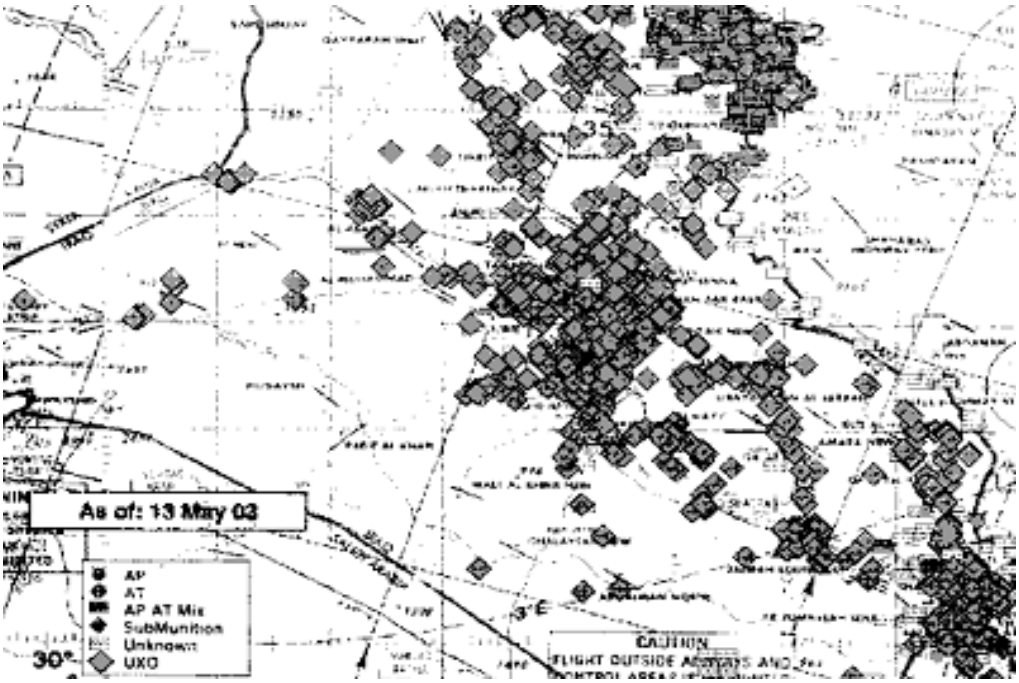
این معیار از عوامل مهم در انتخاب محل پست می باشد. اگرچه این مشخصات در مطالعات سیستم نیز مد نظر قرار می گیرد، ولی با توجه به تأثیر این عوامل در مدت زمان طول عمر پست (دوره بهره برداری) ، بی توجهی به این مشخصات موجب بروز اشکالاتی در بهره برداری از پست خواهد شد. معیار مشخصات الکتریکی شامل زیر معیارهای فاصله از ثقل بار (خانگی و صنعتی) ، محل اتصال خطوط فشارقوی، میزان تلفات، میزان جریان اتصال کوتاه، پخش بار بهینه، افت ولتاژ، میزان مقاومت الکتریکی خاک، ظرفیت خالی فیدر های شرکت توزیع و سهولت ارتباط مخابراتی با مراکز دیسپاچینگ می باشد. هر یک از این زیر معیارها به طور خلاصه مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهد گرفت.



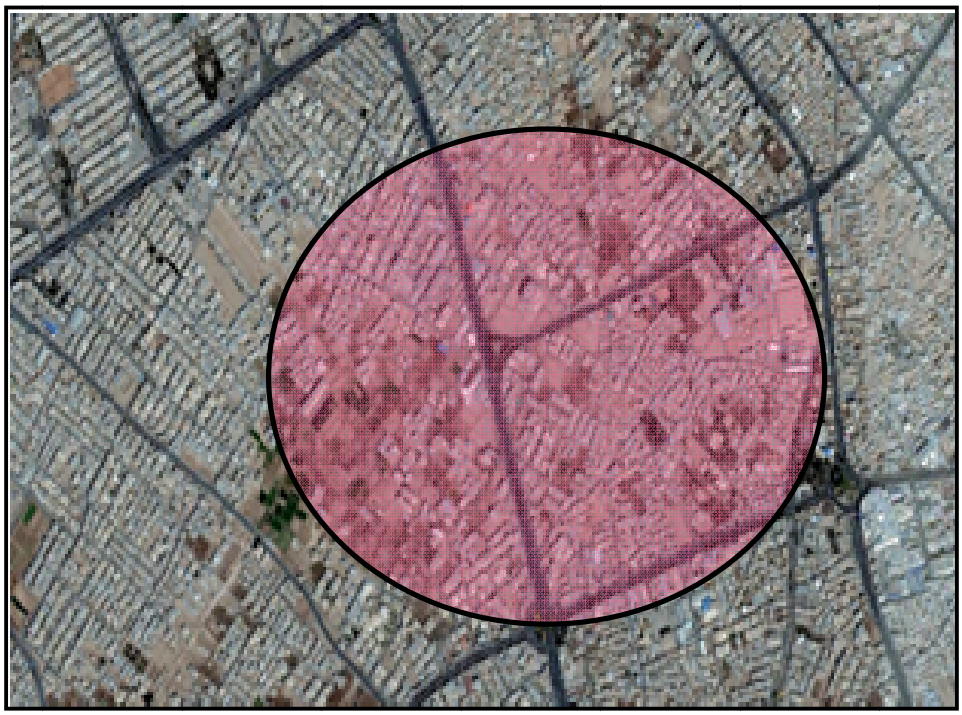
شکل (۳-۱): دسته بندی معیارها و زیر معیارهای انتخاب محل پست

۳-۲-۱-۱ فاصله از ثقل بار (خانگی و صنعتی)

همان طور که در شکل (۳-۲) ملاحظـه مـی شـود، محـل تـراکم درخواسـت هـای تـأمین بـرق (ترانسفورماتور های توزیع و یا محل پست های فوق توزیع) مراکز ثقل بـار را تعیـین مـی نمایـد . محـل احداث پستهای انتقال و فوق توزیع هر چه به مرکز ثقل بار نزدیک تر باشد، میزان تلفـات تـوان و انـرژی هدر رفته کاهش می یابد. اگرچه واحد برنامه ریزی محدوده ای به شعاع ۵ کیلومتر را به واحد توسعه برای احداث پست پیشنهاد می نماید ولی فاصله هر کاندید در محدوده تعیین شده بـه نقطـه ثقـل بـار تعیـین کننده است. در شکل (۳-۳) این موضوع نشان داده شده است .



شکل (۳-۲) : تعیین نقاط ثقل بار از تراکم نقاط مصرف



شکل (۳-۳) : تعیین شعاع مجاز از طرف واحد برنامه ریزی و ارجاع به واحد توسعه برای احداث پست

۳-۲-۱-۲ محل اتصال خطوط فشارقوی

پست‌های انتقال و فوق توزیع از خطوط بالادستی تغذیه می شوند . محل پست‌های انتقال و فـوق توزیع روی مسیر خطوط تغذیه کننده آنها مؤثر است. اتصال خطوط تغذیه کننده پسـت بـه خطـوط و یـا پست‌های بالادستی روی مشخصات الکتریکی خطوط مانند مقاومت اهمی ، راکتانس القایی خطـوط مـؤثر است.

۳-۲-۱-۳ میزان تلفات

از زیر معیارهای بسیار مهم و تعیین کننده در انتخاب محل پست میزان تلفات توان می‌باشد . بخش عمده تلفات در بخش توزیع و مابقی در بخش فوق توزیع و انتقال بوجود می آید. دلیل این امر میزان جریان بالا در خطوط توزیع و بالا بودن مقاومت اهمی هادیها به علت سطح مقطع کم هادیها در این بخش است.

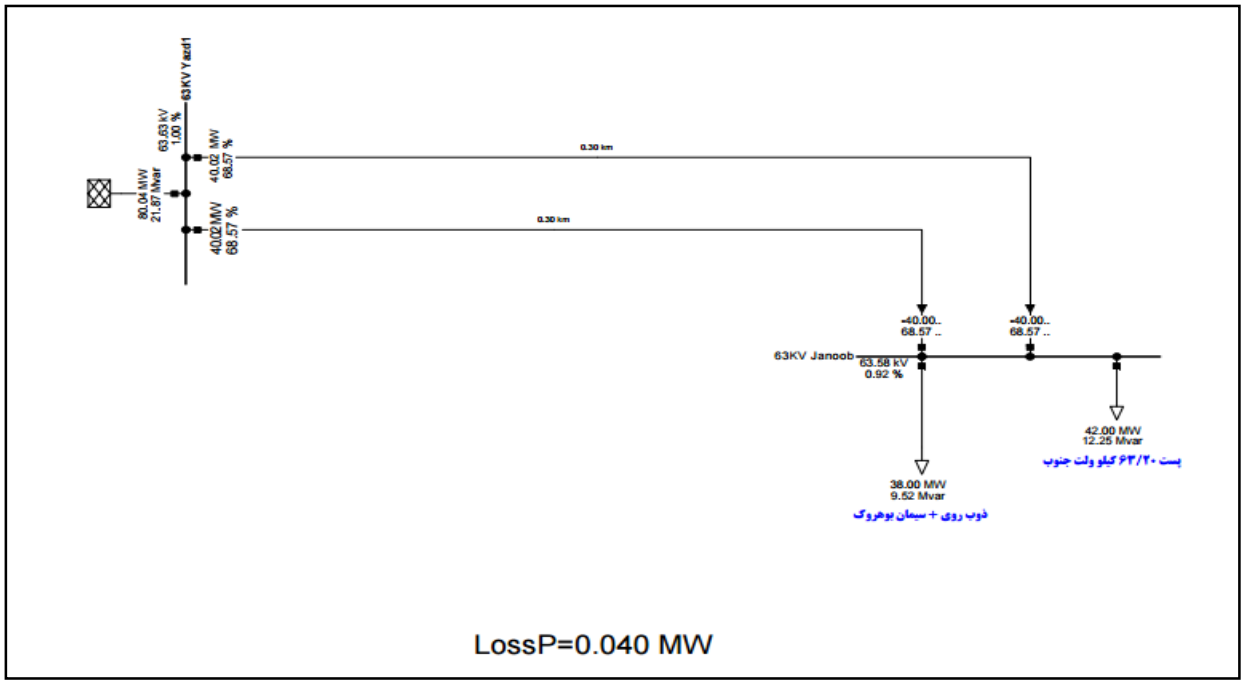
وجود تلفات بالا موجب هدر رفت بخشی از انرژی و افزایش میزان انرژی فروخته نشده خواهد شد. محل پست های فوق توزیع روی طول فیدرهای ۲۰ کیلوولت خروجی تأثیر مستقیم دارد . هر چه طول فیدرهای توزیع خروجی بلند تر باشد ، میزان تلفات بخش توزیع بالاتر خواهد بود . همچنین در تعیین محل پست های انتقال بایستی دقت لازم برای کوتاه نمودن طول خطوط ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت خروجی پست به عمل آید.

۳-۲-۱-۴ جریان اتصال کوتاه

اگر چه اثر این زیر معیار در تعیین محل پست در مقایسه با سایر عوامل ناچیز است ولی لازم است سطح اتصال کوتاه در محل اتصال هر کاندید به شبکه بررسی گردد. چراکه افزایش سطح اتصال کوتاه، افزایش هزینه های تأمین تجهیزات و اجرای پست ها را در بر خواهد داشت. علاوه بر این افزایش سطح اتصال کوتاه روی میزان خسارات ناشی از وقوع خطا و اتصال کوتاه مؤثر است.

۳-۲-۱-۵ پخش بار

همان طور که در شکل (۳-۴) ملاحظه می شود در زیر معیار پخش بار به دنبال محل پست (کاندید) هستیم که شرایط مطلوب‌تری را در نتایج پخش بار برای شبکه ایجاد نماید. به عنوان مثال در شرایط اضطراری بهتر عمل نماید و یا از تلفات و افت ولتاژ کمتری برخوردار باشد .



شکل (۳-۴) : نمونه پخش بار با نرم افزار مطالعات سیستم

۳-۲-۱-۶ افت ولتاژ

در خطوط طولانی و با مقاطع هادی کم، موضوع افت ولتاژ اهمیت دارد. کاندیدهای محل پست که احداث پست در آن محل، میزان افت ولتاژ را در حد مجاز یعنی ۳ درصد محدود می نماید، از مطلوبیت بیشتری برخوردار است.

۳-۲-۱-۷ مقاومت الکتریکی خاک

هرچه مقاومت الکتریکی خاک بالاتر باشد هزینه و زمان احداث سیستم زمین برای محدود کـردن میزان مقاومت الکتریکی بیشتر خواهد بود. بنابراین زمین هایی که به طور طبیعی سطح مقاومت الکتریکی در آنها کمتر است برای احداث پست پیشنهاد می شود.

۳-۲-۱-۸ ظرفیت خالی فیدرهای توزیع

این زیر معیار در یکی از سوابق تحقیق به عنوان زیر معیاری جدید مطـرح شـده اسـت. ایـن زیـر معیار در مکان‌یابی محل پست های فوق توزیع و انتقال حائز اهمیت است. در اصل ایـن زیـر معیـار محـل پست جدید را به گونه ای پیشنهاد می دهد که از ظرفیـت خـالی فیـدرهای توزیـع و فـوق توزیـع قبلـی، حداکثر استفاده به عمل آید.

۳-۲-۱-۹ سهولت ارتباط مخابراتی با مراکز دیسپاچینگ

همه پست‌های انتقال و فوق توزیع بایستی برای نمایش مقادیر اندازه گیـری شـده در پسـت‌هـا و صدور فرمان قطع و وصل، به مراکز دیسپاچینگ منطقه ای و ملی متصل باشند. این ارتبـاط نیـاز بـه یـک بستر مخابراتی دارد . بستر های مخابراتی رایج به شرح ذیل است .

- کابل های فیبر نوری
- تجهیزات مایکروویو

- تجهیزات PLC[1]

در صورتیکه محل پست به خطوطی که حاوی کابل های فیبر نوری هستند نزدیک‌تر باشد آن کاندید از نظر ارتباط مخابراتی ارجح است. تجهیزات ماکروویو نیاز به دید دو طرفه و بدون مانع تجهیزات فرستنده و گیرنده دارند. به عبارتی در صورتیکه محل پست به فرستنده ماکروویو دید مسقیم نداشته باشد، ارتباط مخابراتی در آن مختل خواهد شد . در صورتیکه از دو روش پیش نتوان ارتباط مخابراتی پست را ایجاد نمود از تجهیزاتplc برای این مورد استفاده می شود.

۳-۲-۲ معیار مشخصات زمین

در این معیار عواملی مورد بررسی قرار می گیرد که به طور خاص به خصوصیات زمین مربوطند. زیر معیارهایی مانند دسترسی به جاده اصلی، سطح آبهای زیر زمینی، قابلیت کاربرد انرژی های نو، شیب و حجم عملیات خاکی، کاربری زمین های مجاور پست و پدافند غیر عامل در این دسته قرار دارند.

۳-۲-۲-۱ دسترسی به جاده اصلی

سهولت حمل تجهیزات و ترانسفورماتورها که معمولا حجم بالایی دارند به داخل پست، در انتخاب محل پست اهمیت دارد. جاده های دسترسی به پست بایستی از عرض و یکنواختی مناسبی برخوردار باشند. علاوه بر این جاده دسترسی به پست بایستی به گونه ای انتخاب گردد

[1]Power Line Carrier

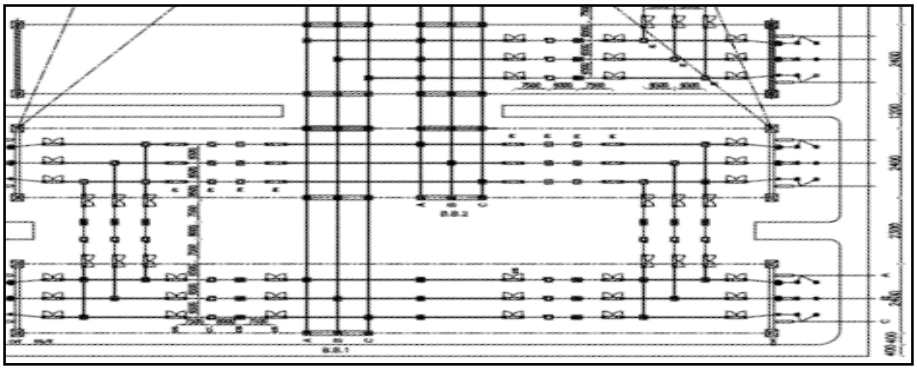
که دسترسی گروه تعمیرات و بهره برداری به پست به راحتی امکان پذیر باشد.

۳-۲-۲-۲ کاربری زمین‌های مجاور

با توجه به لزوم ورود و خروج تعداد بالای خطوط به پست لازم است زمین هـای مجـاور پسـت از نوع کاربری تجاری، مسکونی، صنعتی نباشد. کاربری زمین بـایر و کشـاورزی و ... در اطـراف پسـت بـرای وجود امکان اجرای خطوط مناسب است.

۳-۲-۲-۳ چیدمان (لی اوت[۱])

در شکل (۳-۵) نمونه ای از چیدمان یک پست نمایش داده شده است. برای چیدمان پست انـواع باسبار U شکل، باسبار دور و باسبار نزدیک و .... وجود دارد. به عبـارتی درزیـر معیـار چیـدمان (لـی اوت) بایستی اندازه و ابعاد پست به گونه ای انتخاب گردد که فضای کافی برای سـاخت طـرح پسـت مطـابق بـا نقشه های لی اوت وجود داشته باشد.



شکل (۳-۵) : نمونه چیدمان (لی اوت) پست

[۱] Layout

۳-۲-۲-۴ تعداد تقاطع خطوط ورودی و خروجی پست با خطوط موجود

همانطور که در فصل دوم اشاره شده پست های انتقال و فوق توزیع در نزدیکی خطـوط موجـود و یا زیر آنها ساخته می شود. موقعیت پست نسبت به این خطوط بایسـتی بـه گونـه ای باشـد کـه خطـوط ورودی و خروجی به پست جدید با خطوط موجود تلاقی کمتری داشته باشد.

۳-۲-۲-۵ شیب و عملیات خاکی

هرچه شیب زمین محل احداث پست کمتر باشد حجم عملیات خاکی کمتر است. به عبارت دیگر زمین‌های با شیب زیاد، برای آماده سازی نیاز به حجم عملیات خاکی بالایی دارند. ایـن موضـوع هزینـه و زمان زیادی را به پروژه ساخت پست واردمی آورد.

۳-۲-۲-۶ زمین شناسی

قبل از ساخت پست بایستی نمونه ای از خاک منطقه برداشت و مـورد آزمـایش قـرار گیـرد. ایـن آزمایش شامل بررسی تراکم خاک، مواد تشکیل دهنـده، میـزان سـولفات داخـل خـاک و ... اسـت. محـل انتخابی برای زمین پست بایستی خصوصیات خاک و زمین شناسی مطلوبی داشته باشد.

۳-۲-۲-۷ قابلیت توسعه با سایر ولتاژها

در فاز نخست احداث یک پست ممکن نیاز به توسعه پست با همه سطح ولتاژ ها مانند ۶۳ و ۱۳۲ و ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت وجود نداشته باشد. ولی لازم است زمین انتخابی فضای لازم برای توسعه پسـت بـا دیگر سطح ولتاژها را نیز داشته باشد.

۳-۲-۲-۸ کاربرد انرژی‌های نو

امروزه رویکرد به سمت انرژی های نو و تولید به روش پراکنده رو به افزایش است. این زیر معیار بیان می کند پست‌ها بایست در محلی ساخته شود که امکان نصب سلول‌های خورشیدی وجود داشته باشد و یا نصب واحد های تولید همزمان برق و حرارت CHP[1] درآن وجود داشته باشد.

۳-۲-۲-۹ سطح آب‌های زیرزمینی

محل پست بایست در محلی انتخاب گردد که سطح آب‌های زیر زمینی در آن بیش از حد بالا نباشد. در صورتیکه سطح آب زیر زمینی بالا باشد ممکن است محل حفاری فونداسیون تجهیزات با آب پر شود و یا روی فونداسیون ساخته شده تجهیزات اثرات مخرب داشته باشد.

۳-۲-۳ معیار هزینه‌ها

هزینه ساخت و بهره برداری از پست های انتقال و فوق توزیع زیاد است. به عنوان مثال برای ساخت و بهره برداری از یک پست ۴۰۰/۲۳۰ کیلوولت حدود ۱۰۰۰ میلیارد ریال هزینه در بر دارد. بنابراین کاندیدهای محل پست که موضوع هزینه را کاهش دهند از اولویت برخوردارند.

۳-۲-۳-۱ قیمت زمین

این زیر معیار در بخش‌های پرتراکم شهری و مناطقی که ارزش هر متر مربع زمین در آنها بالاست، اهمیت بیشتری دارد. گزینه ای از این زیر معیار امتیاز بیشتری را کسب خواهد

[1] Combined heat and power

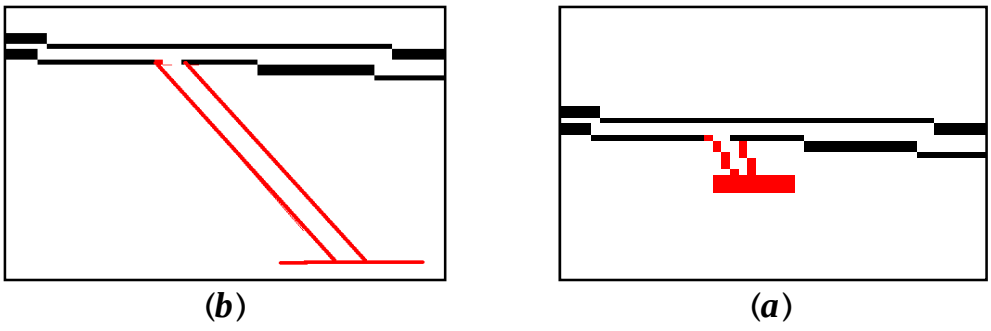
نمود که قیمت هر متر مربع از آن در مقایسه با سایر گزینه ها کمتر باشد.

۳-۲-۳-۲ خرید و نصب تجهیزات پست

در صورتیکه ابعاد زمین به اندازه‌ای بزرگ نباشد که امکان اجرای پست با عایق هـوا AIS[۱] وجـود داشته باشد بایستی از پست های با عایق گاز GIS[۲] استفاده نمـود. بنـابراین محـل زمـین و ابعـاد آن روی خرید و نصب تجهیزات مؤثر است.

۳-۲-۳-۳ اتصال پست به شبکه (طول خطوط ورودی و خروجی)

محل پست تأثیر مستقیمی روی طول خطوط ورودی و خروجـی بـه پسـت دارد در شـکل (۳-۶) این موضوع نمایش داده شده است. هر چه طول خطوی منتهی به پست های انتقال و فـوق توزیـع بیشـتر باشد ، هزینه اجرا و تلفات افزایش خواهد داشت.

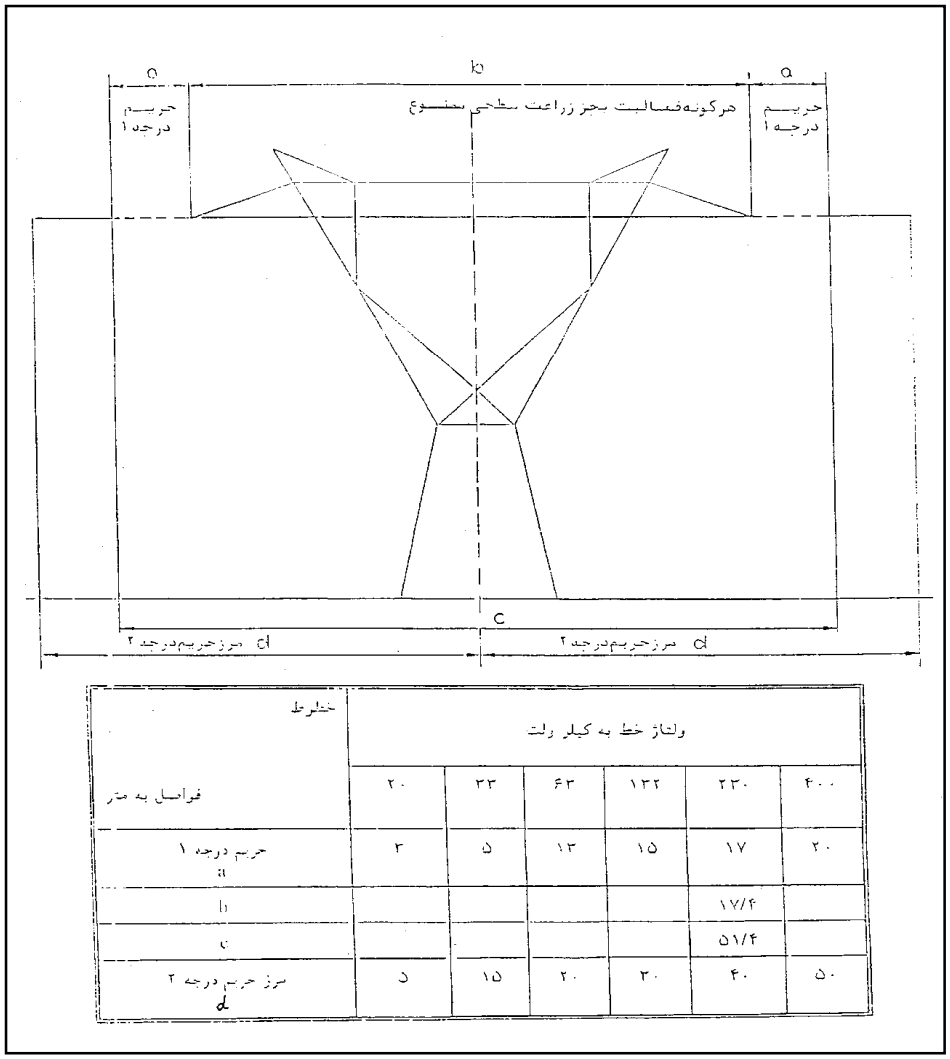


شکل (۳-۶) : محل پست نزدیک خط موجود (a) ومحل پست با فاصله از خط موجود(b)

[۱]Air Insulated. Substation
[2]Gas Insulated. Substation

۳-۲-۴ معیار حریم‌ها

خطوط و تجهیزات برق حریم های متفاوتی دارند. لازم است حریم خطوط موجـود حفـظ گـردد. همچنین لازم است فاصله لازم (حریم) تا سایر تأسیسات شهری و منـاطق ممنوعـه نیـز حفـظ گـردد. در شکل (۳-۷) میزان حریم خطوط فشار قوی نمایش داده شده است.



خطوط / فواصل به متر	ولتاژ خط به کیلو ولت					
	۲۰	۳۳	۶۳	۱۳۲	۲۳۰	۴۰۰
حریم درجه ۱ a	۳	۵	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰
b					۱۷/۴	
c					۵۱/۴	
مرز حریم درجه ۲ d	۵	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰

شکل (۳-۷) : حریم خطوط انتقال و فوق توزیع

۳-۲-۴-۱ فاصله از دکل

همانطور که در شکل (۳-۷) نشـان داده شـده اسـت دکـل‌هـا و خطـوط فشـارقوی حـریم هـای مشخصی دارند. لازم است محل پست به گونه ای انتخاب گرددکه ضمن رعایت این حـریم، بـرای خطـوط آتی نیز از لحاظ حریم ،مشکلی نداشته باشیم.

۳-۲-۴-۲ فاصله و زاویه با فرودگاه

با توجه به حساس بودن محل پست های انتقال لازم است مسیر های هوایی در این باره در حـین انتخاب محل پست بررسی و به گونه‌ای محل پست انتخاب گردد که از محل فرودگاه فاصله لازم را داشـته باشد. ضمنا بایستی زاویه خطوط پروازی با مسیر تراکم پست ها زیاد بوده و به گونه ای برنامه ریزی شـود که به طور دائم از روی پست پرواز انجام نشود.

۳-۲-۴-۳ فاصله از مسیر سیلاب

سیلاب‌ها می توانند روی عملکرد پست ها تأثیر مخرب داشته باشد. اگر چه سعی شده در اطـراف پست‌ها از سیل بند استفاده شود ولی توصیه می شود تا حد ممکـن محـل احـداث پسـت از مسـیر هـای سیلاب دور شوند.

۳-۲-۴-۴ فاصله از گسل زلزله

پایداری زمین در طرح پست‌ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. جابجایی سطحی مـی توانـد بـه تجهیـزات پسـت مانند مقـره هـای اتکـایی، ترانسـفورماتورهای ولتـاژ و ترانسـفورماتورهای جریان، ترانسفورماتورها و ... آسیب وارد نماید. بنابراین تا حد ممکن لازم است محل پست از

مسیرهای گسل زلزله دور باشد.

۳-۲-۴-۵ فاصله از مسیر خطوط (در بخش ۳-۲-۴-۱ در این باره توضیح داده شد.)

۳-۲-۴-۶ فاصله مناطق ممنوعه

مناطق حیات وحش، مناطق نظامی، مناطق حفاظت شده از جانب محیط زیست و... از جمله مناطق ممنوعه هستند. لازم زمین پست از این مناطق دور باشد .

۳-۲-۴-۷ فاصله از شق زمین

این زیر معیار بخصوص در استان یزد که حجم برداشت از سفره های آب زیر زمینی بالاست، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مفهوم شق زمین عبارتند از شکاف های عمیق در خاک که موجب جابجایی لایه های زمین در جهت های x,y,z خواهد شد. نمونه ای از این شق ها از شهرستان ابرکوه در استان یزد در شکل های (۳-۸) و(۳-۹) ملاحظه می شود.

شکل (۳-۸) : نمونه ای از شق زمین در استان یزد

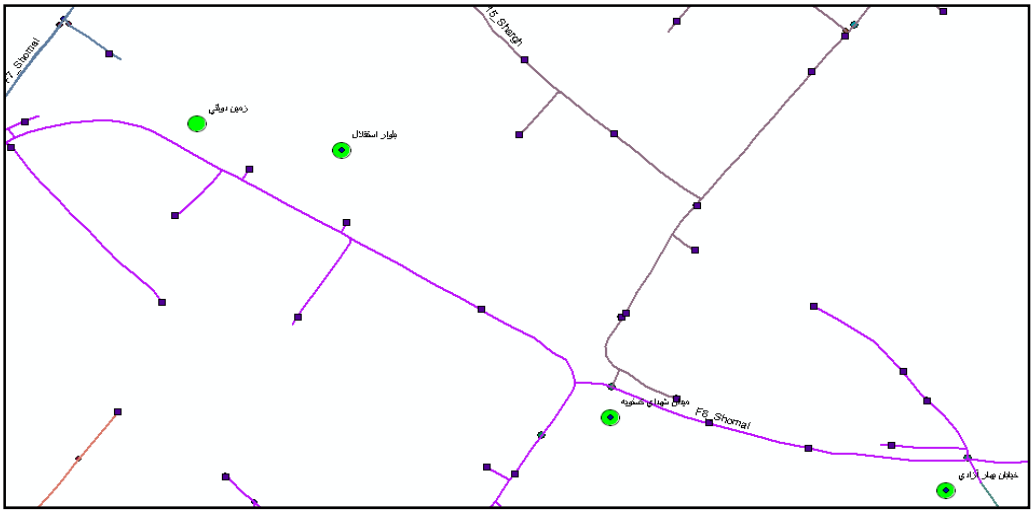
شکل (۳-۹) : نمونه ای از شق زمین در استان یزد

۳-۲-۵ معیار ذینفعان

این معیار اگر چه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است ولی در سوابق تحقیق از آن استفاده نشده است . ذینفعان افراد و سازمانهایی هستند که محل ساخت پست روی سود و زیان آنها تأثیر دارد.

۳-۲-۵-۱ شرکت توزیع

یکی از ذینفان انتخاب محل پست،شرکت های توزیع برق، به عنوان اصلی ترین مشتری شرکت های برق منطقه ای هستند. شرکت های توزیع با توجه به محاسبات مطالعات سیستم، تعداد فیدرهای خروجی قابل تغذیه از پست جدید، میزان تأثیر بر بار پستهای فوق توزیع مجاور و میزان تلفات، کاندید پیشنهادی از دید توزیع را پیشنهاد می دهند. در شکل (۳-۱۰) نمونه ای از پیشنهاد شرکت توزیع برای انتخاب محل پست مشاهده می شود.



شکل (۳-۱۰) : انتخاب محل پست توسط شرکت توزیع از بین چهار کاندید

۳-۲-۵-۲ مصرف کنندگان خانگی و صنعتی

تأمین به موقع و با اطمینان برق مشترکین صنعتی و خانگی از اهداف شرکت های برق منطقه ای است. در صورتیکه محل پست به درستی انتخاب شود مصرف کنندگان خانگی و صاحبان صنایع از عملکرد شرکت برق راضی خواهند بود.

۳-۲-۶ معیار شرایط زیست محیطی

اگرچه توجه به محیط زیست کمتر در کشور ما نمود پیدا نموده ولی برای دستیابی به توسعه پایدار بایستی به این گونه معیارها توجه بیشتری معطوف گردد.

۳-۲-۶-۱ جهت وزش باد

محل پست بایستی به گونه ای انتخاب گردد که باد غالب منطقه، آلودگی ها را از سطح پست دور نماید. چرا که نشست آلودگی روی تجهیزات ، عملکرد آنها را مختل می نماید. همچنین لازم است محل پست از مسیر طوفان های موسمی و محلی دور باشد.

۳-۲-۶-۲ ضریب صدا

ترانسفورماتورهای انتقال و فوق توزیع در حالت کار عادی از خود صدا صاطع می نمایند. این موضوع ممکن برای ساکنین مجاور پست و یا موجودات زنده اطراف زیان آور باشد.

۳-۲-۶-۳ سطح آلودگی منطقه

بطور کلی محل پست بایستی از مناطق با آلودگی بالا دور باشد. در صورتیکه معیار فاصله از ثقل بار جابگو باشد لازم است محل پست در منطقه با درصد آلودگی کم انتخاب گردد.

۳-۲-۶-۴ پوشش گیاهی

ابعاد یک پست انتقال در حدود ۵۰۰×۵۰۰ متر می باشد. این سطح بزرگ بایستی تسطیح و آماده سازی شود. پوشش گیاهی منطقه نیز در اثر این آماده سازی از بین می رود. بنابر این لازم است منطقه ای به عنوان محل احداث پست در نظر گرفته شود که پوشش گیاهی کمتری داشته باشد.

۳-۳ دسته بندی زیر معیارها به زیر معیارهای کمی و کیفی

کاندیدهای محل پست بایستی از هر زیر معیار امتیازدهی گردند. بعضی از این زیر معیارها کمی و برخی کیفی هستند. روش امتیاز دهی به زیر معیارهای کمی از طریق محاسبه مقادیر خواهد بود. اما روش امتیاز دهی به زیر معیار های کیفی استفاده از دانش خبرگان است . در جدول (۳-۱) دسته بندی زیر معیارها از نظر کمی و کیفی نشان داده شده است.

۴-۳ روش امتیازدهی به زیر معیارهای کیفی

زیر معیار هایی مانند نظر شرکت توزیع ، نحوه اتصال خطوط ، ایمنی و ... زیر معیارهای کیفی هستند. برای امتیاز دهی به این زیر معیار ها از نظر چند خبره در موضوع مرتبط استفاده خواهد شد و پس از پایان نظر سنجی نظرات خارج از محدوده حذف و از باقیمانده آنها معدل گیری خواهد شد. در جدول (۳-۱) نحوه امتیاز دهی به هر کاندید توسط کارشناس خبره نمایش داده شده است.

جدول (۳-۱) : نحوه امتیاز دهی کاندیدها توسط کارشناس خبره

	امتیاز زیر معیار کیفی ۱	امتیاز زیر معیار کیفی 2	امتیاز زیر معیار کیفی 3
محل زمین کاندید ۱	X1	Y1	Z1
محل زمین کاندید ۲	X2	Y2	Z2
محل زمین کاندید ۳	X3	Y3	Z3

در هر بخش امتیازدهی در صورتیکه زیر معیار کیفی برای محل مورد بررسی موضوعیت نداشت امتیازی برای آن زیر معیار در نظر نخواهیم گرفت .

جدول (۳-۲) : دسته بندی زیر معیارها به زیر معیارهای کمی و کیفی

زیر معیارهای کمی	زیر معیارهای کیفی
فاصله از ثقل بار (خانگی و صنعتی)	اتصال خطوط فشار قوی
میزان تلفات توان	سهولت ارتباط مخابراتی با مراکز
میزان جریان اتصال کوتاه	دیسپاچینگی
پخش بار	کاربری زمین های مجاور پست
افت ولتاژ	چیدمان (لی اوت)
مقاومت الکتریکی خاک	زمین شناسی
ظرفیت خالی فیدر های توزیع	قابلیت کاربرد انرژی های نو
دسترسی به جاده اصلی	شرکت توزیع
تعداد تقاطع خطوط ورودی و خروجی پست	مصرف کنندگان خانگی
با خطوط موجود	مصرف کنندگان صنعتی
شیب و حجم عملیات خاکی	ایمنی
قابلیت توسعه با سایر ولتاژها	سطح آلودگی منطقه
سطح آبهای زیر زمینی	پوشش گیاهی
قیمت زمین	مسیر طوفان شن
خرید و نصب تجهیزات پست	
اتصال پست به شبکه	
(طول خطوط ورودی و خروجی)	
فاصله از دکل مخابراتی	
فاصله و زاویه با فرودگاه	
فاصله از مسیر سیلاب	
فاصله از گسل زلزله	
فاصله از مسیر خطوط تأسیسات	
فاصله از مناطق ممنوعه	
فاصله از شق زمین	
جهت وزش باد	
ضریب صدا (dB)	

۳-۵ روش وزن دهی به معیارها و زیر معیارها

یکی از مراحل اصلی و مهم روش پیشنهادی استخراج وزن (میزان اهمیت) معیار ها و زیر معیارها نسبت به یکدیگر است. در این بخش به دنبال پاسخ به سؤالات ذیل هستیم . به عنوان مثال:

- معیار مشخصات الکتریکی در تعیین محل پست مهمتر است یا معیار مشخصات زمین ؟
- زیر معیار میزان تلفات مهمتر است یا زیر معیار مقاومت الکتریکی خاک ؟

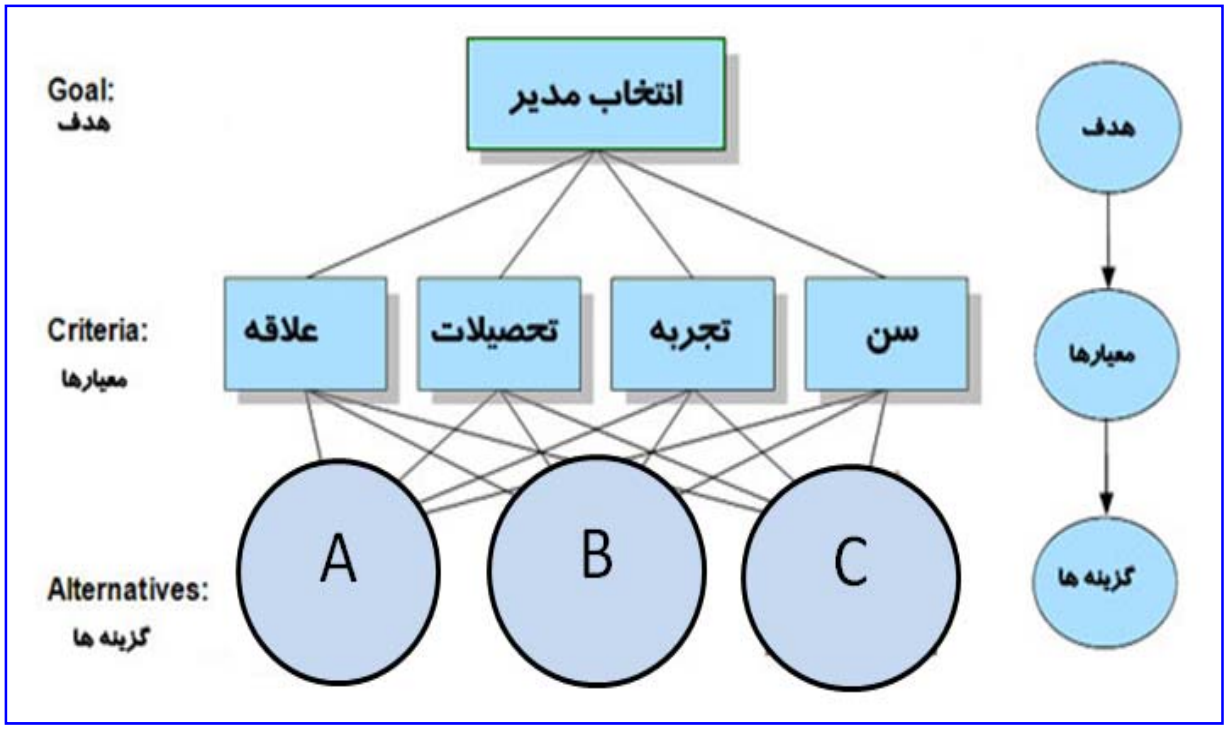
برای تعیین وزن معیارها و زیر معیارها از روش AHP[۱] و مقایسه زوجی استفاده می شود.

۳-۵-۱ روش *AHP* یا تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد، مورد استفاده قرار می گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ به وسیله توماس ال ساعتی پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف پذیری، به کارگیری معیارهای کیفی و کمی به طور همزمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوتهامی‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه ریزی شهری و منطقه ای کاربرد مطلوبی داشته باشد. در شکل (۳-۱۱) نمای کلی از روش AHP برای نمونه انتخاب یک مدیر نشان داده شده است. هدف در اینجا انتخاب محل بهینه پست،

[۱] Analytic hierarchy process

معیارها و زیر معیارها در شکل (۳-۱) نمایش داده شده است و گزینه ها هم کاندیدهای محل پست هستند.



شکل (۳-۱۱) : نمای کلی از روش AHP برای نمونه انتخاب یک مدیر

دلیل استفاده از روش AHP برای تعیین وزن معیارها در تعیین محل پست، اول اینکه ممکن است برخی معیارهابر معیار دیگری ارجحیت داشته باشند و دوم اینکه برخی معیارها ممکن است با همدیگر متناقض باشند. در جدول (۳-۲) نمونه ای از فرم نظر سنجی از کارشناسان خبره آورده شده است. معیار با سطح مطلوبیت بالاتر عدد ۹ و معیار با سطح مطلوبیت کم عدد ۱ را اخذ می نماید و مابقی ۱تا ۹ نیز به سطح متوسط اختصاص دارد.

روش بدین گونه است که از داده‌های هر سطر میانگین هندسیمی گیریم. وزن‌های بدست آمده نرمال نیستند. منظور از وزن نرمال آن است که جمع اوزان برابر ۱ باشد. بنابراین میانگین هندسی بدست آمده در هر سطر را بر مجموع عناصر ستون میانگین هندسی تقسیممی کنیم.

ستون جدید که حاوی وزن نرمال شده هر معیار است را بردار ویژه[1] گویند. وزن نهائی هر ماتریس همان ستون برداروِیژه است. براساس نتیجه جدول معیاربرتر از بیشترین اولویت برخوردار است.

جدول (۳-۳) : نمونه ای از فرم نظر سنجی از کارشناسان خبره

کارشناس خبره شماره ۱						
معیار های اصلی	مشخصات الکتریکی	مشخصات زمین	هزینه ها	حریم ها	ذینفعان	شرایط زیست محیطی
مشخصات الکتریکی		۴ / ۶	۴ / ۶	۳ / ۷	۴ / ۶	۴ / ۶
مشخصات زمین			۵ / ۵	۴ / ۶	۴ / ۶	۵ / ۵
هزینه ها				۶ / ۴	۵ / ۵	۵ / ۵
حریم ها					۴ / ۶	۵ / ۵
ذینفعان						۶ / ۴
شرایط زیست محیطی						

[1] Egienvalue

۳-۶ مدل سازی ریاضی روش تصمیم‌گیری

باتوجه به گستردگی معیارها و زیر معیارها در تعیین محل بهینه پست های انتقال و فوق توزیع، لازم است مدل ریاضی از مسئله ارائه گردد تا در فصل چهارم با استفاده از این روابط قادر باشیم شبیه سازی مسئله را پیاده سازی نمائیم.

۳-۶-۱ معرفی ماتریس امتیاز زیر معیارها (Z)

این ماتریس که یک ماتریس مرتبه n×۱می باشد حاوی امتیاز زیر معیارهای کمی و کیفی است. به عبارتی امتیاز معیارهای کمی از نتایج محاسبات و خروجی نرم افزارمطالعات سیستم جمع آوری و همراه با امتیاز معیارهای کیفی در ماتریس Z جای می گیرد. این ماتریس در رابطه (۳-۱) نشان داده شده است . بنابراین برخی از مؤلفه های ماتریس Z امتیاز زیر معیار کمی و برخی امتیاز زیر معیار کیفی هستند.

$$Z = [Z1 \quad Z2 \quad Z3 \quad ...] \qquad (۱-۳)$$

به عنوان مثال برای معیار مشخصات الکتریکی ماتریس Z یک ماتریس مرتبه ۹×۱خواهد بود. ماتریس Z برای زیر معیار مشخصات الکتریکی 9 درایه دارد.

Z۱:امتیاز کاندید ۱ از زیر معیار ۱

Z۲ : امتیاز کاندید ۱ از زیر معیار۲

Z۳ : امتیاز کاندید ۱ از زیر معیار۳

۳-۶-۲ معرفی ماتریس ضریب وزنی زیر معیارها (G)

این ماتریس که یک ماتریس n×۱می باشد از نتایج مقایسه زوجی و پیاده سازی روش AHP بین زیر معیار های هر معیار بدست آمده است. این ماتریس در رابطه (۳-۲) نشان داده شده است.

$$G = \begin{bmatrix} G1 \\ G2 \\ G3 \end{bmatrix} \qquad (۳-۲)$$

G1 : ضریب وزنی زیر معیار شماره ۱

G2 : ضریب وزنی زیر معیار شماره 2 G3 : ضریب وزنی زیر معیار شماره 3

در اینجا لازم است امتیاز زیر معیارها برای هر کاندید در ضریب وزنی متناظر با آن ضـرب گـردد. سپس لازم است مقادیر محاسبه شده برای هر زیر معیار با یکدیگر جمع شود. در نهایت امتیاز معیار اصلی محاسبه خواهد شد. در رابطه (۳-۳) نحوه محاسبه امتیاز هریک از معیار های اصلی نشان داده شده است.

H_i: امتیاز معیار شماره i ام

G_j : ضریب وزنی زیر معیار j امZ_j: امتیاز کاندید از زیر معیار j ام

۳-۶-3 معرفی ماتریس ضریب وزنی معیارها (K)

این ماتریس که یک ماتریس n×۱ می باشد از نتایج مقایسه زوجی وپیاده سازی AHP بین معیارهای اصلی بدست آمده است . این ماتریس در رابطه (۳-۴) نشان داده شده است .

$$K=\begin{bmatrix} K1 \\ K2 \\ K3 \\ \end{bmatrix} \qquad (۴-۳)$$

K1 : ضریب وزنی معیار اصلی شماره ۱

K2 : ضریب وزنی معیار اصلی شماره 2

K3 : ضریب وزنی معیار اصلی شماره 3

در اینجا لازم است امتیاز معیارهای اصلی برای هرکاندید که از (۳-۳) محاسبه شده در ضریب وزنی متناظر با آن ضرب گردد. سپس لازم است مقادیر محاسبه شده برای هر معیار اصلی با یکدیگر جمع گردد. در نهایت امتیاز کاندید ها محاسبه خواهد شد. در رابطه (۳-۵) نحوه محاسبه امتیاز هریک از کاندیدها نشان داده شده است.

Wt: امتیاز کاندیدمحل زمین شماره t ام

K_i : ضریب وزنی معیار i ام H_i: امتیاز کاندید از معیار i ام

۳-۶-۴ معرفی تابع هدف و متغیرهای بهینه سازی

به منظور تهیه مدلی برای بهینه سازی محل پست‌های انتقال و فوق توزیع ، تابع هدف و متغیرهای بهینه سازی به صورت ذیل تعریف می شود. متغیر بهینه سازی در اینجا مختصات نقطه محل بهینه پست می باشد. با توجه به تعدد و کیفی بودن قیود ، از بیان آنها صرف نظر شده است.

(x,y) : متغیر بهینه سازی

$$\text{Maximize}\sum_{i=1}^{n} K_i H_i = \text{Maximize}\sum_{i=1}^{n} K_i \left[\sum_{j=1}^{m} G_{ij} Z_{ij}\right] \qquad (۶-۳)$$

G_{ij}:ضریب وزنی زیرمعیارjام از معیار iام

Z_{ij}:امتیازکاندید از زیرمعیارjام و معیار iام

۳-۷ جمع بندی و نتیجه گیری

در این فصل ابتدا معیار ها و زیر معیارهای انتخاب محل پست به تفضیل مورد بررسی قرار گرفت. سپس در یک تقسیم بندی ، معیار ها و زیر معیار های کمی و کیفی دسته بندی شدند. سپس با توجه به اینکه در اطلاعات کیفی برای وزن دهی به معیارها و امتیازدهی به آنها به نظر خبرگان احتیاج داریم، روش پیشنهادی برای برداشت اطلاعات کیفی به تفضیل توضیح داده شد. در بخش بعدی مدلی ریاضی از مسئله، همراه با معرفی تابع هدف ارائه شد. در مجموع اگر چه روابط ریاضی حاکم بر مسئله از پیچیدگی خاصی برخوردار نیست لکن اهمیت مسئله بهینه سازی محل پست و روش پیشنهادی، با دو موضوع ذیل روشن می شود.

۱- در نظر گرفتن همه عوامل تأثیر گذار در تعیین محل پست به جای روش معمول که در آن به چند معیار اکتفا می شود .

۲- استخراج ضرایب وزنی و امتیازدهی به کاندیدها از منظر معیارها و زیر معیارها از حساسیت خاصی برخوردار است که بایستی در هر پروژه احداث پست به درستی بررسی گردد.

فصل چهارم
پیاده سازی روش پیشنهادی

۴-۱ مقدمه

با توجه به اهمیت و پیچیدگی موضوع بهینه سازی محل پست، لازم است در هنگام انتخاب محل پست به همه معیارهای تأثیر گذار توجه شود . این کار با تهیه فرم هایی که در آنها همه معیار های تـأثیر گذار لیست شده اند و در هنگام ارزیابی زمین چک می شود، امکان پذیر است. در ادامه برای هـر معیـار و زیر معیار با توجه به مشخصات منطقه و نوع پست ضرایب وزنی ذیل به کمـک کارشـناس خبـره تعیـین خواهد شد.این ضرایب وزنی در هر پروژه پست متغیر خواهد بود. به عنوان مثال اگر منطقه پیشنهادی کـه از جانب واحد برنامه ریزی پیشنهاد شده، در منطقه ای قرار داشته باشد که قیمـت زمـین در آن بالاسـت، لازم است وزن معیار هزینه و زیر معیار مربوطه یعنی قیمت زمین نسبت به سایر معیار هـا بـالاتر در نظـر گرفته شود. نمونه پیاده سازی روش پیشنهادی طی یک مطالعه موردی در این فصل ارائه می شود. در این خصوص سعی شده اطلاعات واقعی از منطقه احداث یک پست انتقال ۲۳۰/۶۳ کیلوولت جمع آوری گردد. سپس این اطلاعات تقسیم بندی شده و اطلاعاتی که جنبه کمی دارند از اطلاعات کیفی مجزا مـی شـوند. با توجه به شرایط منطقه برای هر معیار و زیر معیار ضریب وزنی متناسب با استفاده از روش AHP کـه در فصل سوم به آن اشاره شد، استخراج می گردد. امتیازدهی به هـر کاندیـد از دیگـاه معیـار و زیـر معیارهـا مرحله نهایی روش پیشنهادی است که از نظر کارشناسان خبره در این خصوص استفاده می شود. در پایان فصل با کمک نرم افزار متلب و برای انجام دقیق و سریع محاسبات از نرم افزار متلب [۱]استفاده شده است.

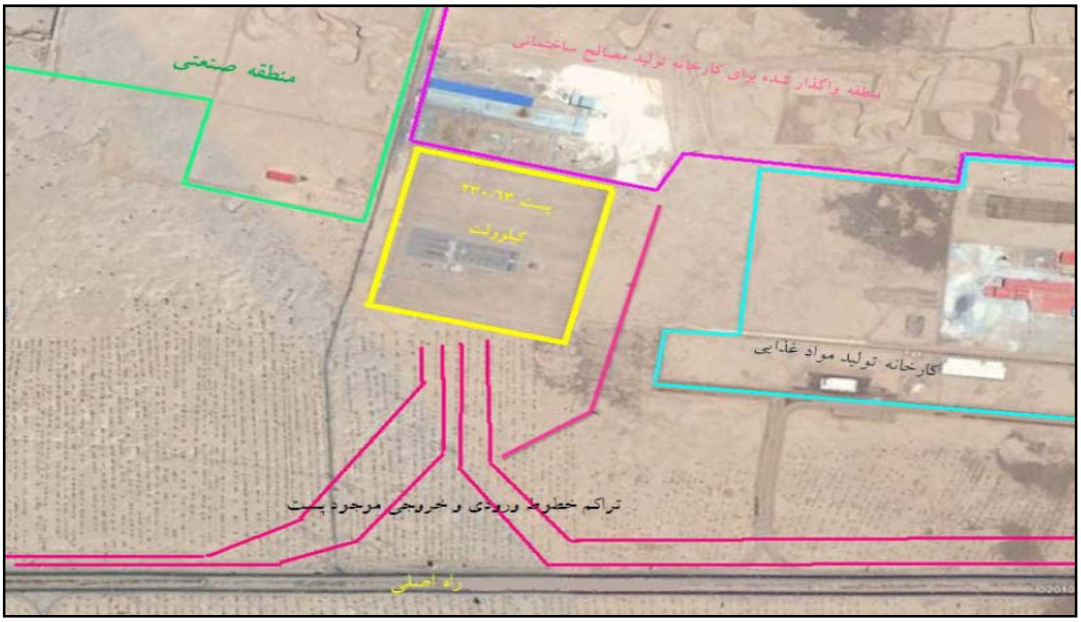
[۱] Matlab

۴-۲ معرفی منطقه مورد مطالعه و ارائه اطلاعات

منطقه انتخاب شده برای پیاده سازی روش پیشنهادی منطقه رستاق در ۳۰ کیلومتری مرکز شهر یزد می باشد. این منطقه در شکل (۴-۱)نمایش داده شده است. هدف تعیین محل بهینه پست انتقال ۲۳۰/۶۳ کیلوولت از بین سه گزینه پیشنهادی می باشد. محل نامناسب فعلی پست در نقشه مشخص شده و دو گزینه محل پیشنهادی دیگر نیز نشان داده شده است. روش پیشنهادی روی سه کاندیدی که از جانب واحد برنامه ریزی برق منطقه‌ای یزد پیشنهاد شده، پیاده سازی خواهد شد. یک مورد محل فعلی پست و دو کاندید پیشنهادی دیگر نیز مورد بررسی قرار می گیرد. همانطور که در شکل (۴-۲) مشاهده می شود سه کاندید پیشنهاد شده از جانب واحد برنامه ریزی، در منطقه حومه شهر واقع شده اند و از نظر اجرایی امکان احداث پست انتقال در هر سه محل وجود دارد.

شکل (۴-۱) : منطقه انتخاب شده برای پیاده سازی روش پیشنهادی

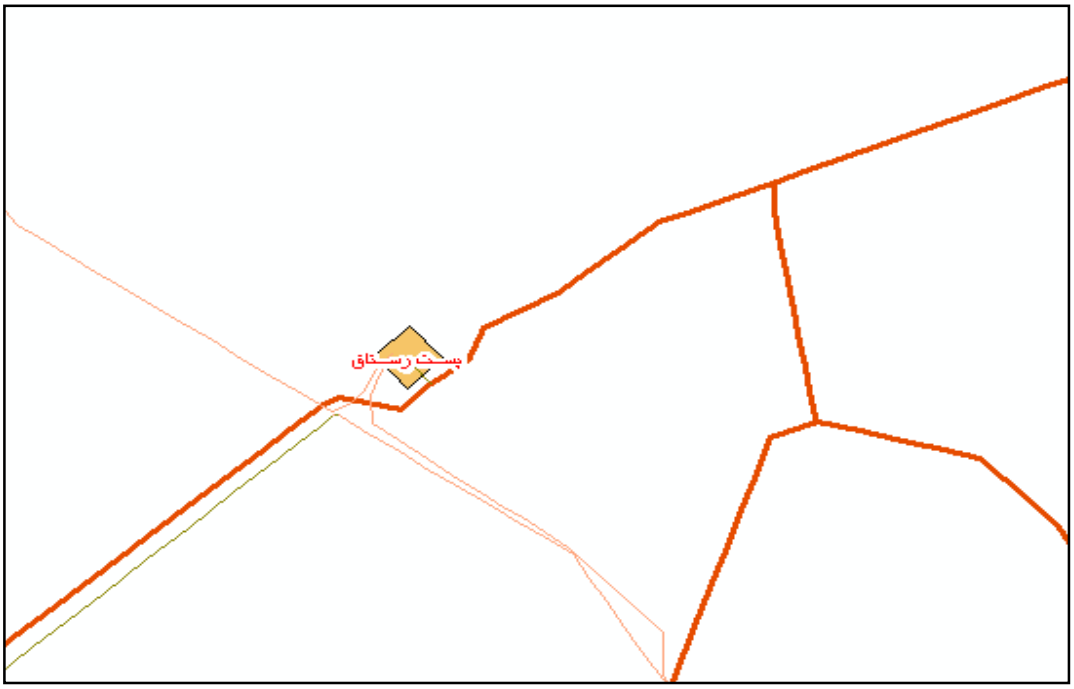
شکل (۴-۲) : محل فعلی پست ۲۳۰ کیلوولت و دو کاندید پیشنهادی



شکل (۴-۳) : کاربری زمین های مجاور پست ۲۳۰ کیلوولت در محل فعلی

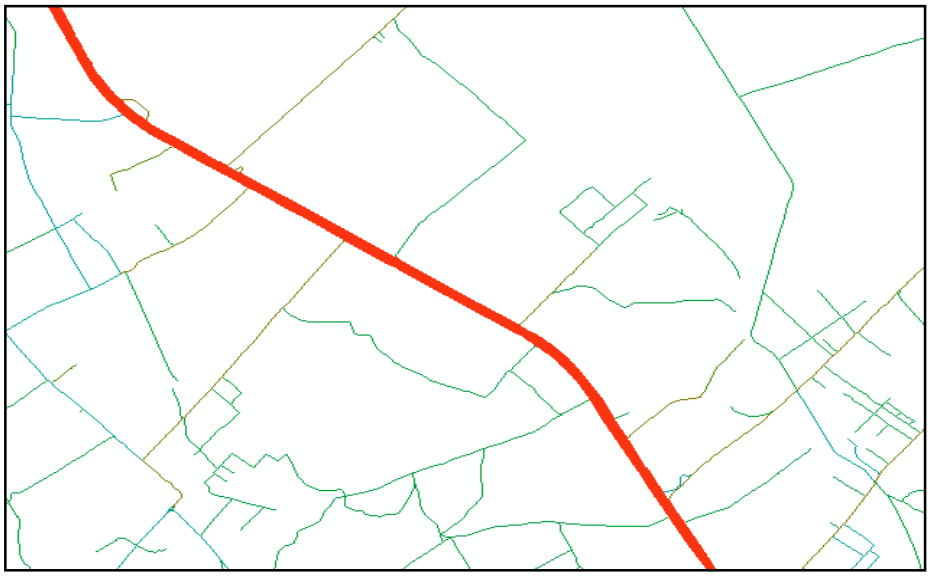
منطقه نشان داده شده در شکل (۴-۲) در حومه شهری قرار دارد و صنایع کوره های آجرپزی و شهرک صنعتی در مجاور آن قرار دارد. از سمت جنوبی منطقه جاده کمربندی یزد به تهران قرار دارد. این جاده به عنواده جاده ترانزیت بوده و رفت و آمد در آن بسیار است.

در شکل (۴-۳) نوع کاربری زمین های مجاور پست ۲۳۰ کیلوولت که در محل فعلی پست وجود دارد نمایش داده شده است. توضیح اینکه محل فعلی پست به عنوان یک گزینه به اضافه دو محل پیشنهادی دیگر به عنوان سه کاندید محل پست انتخاب شده و تحلیل و پیاده سازی روش پیشنهادی روی این سه کاندید انجام خواهد شد.



شکل (۴-۴) : موقعیت شبکه انتقال و فوق توزیع در محدوده مورد مطالعه

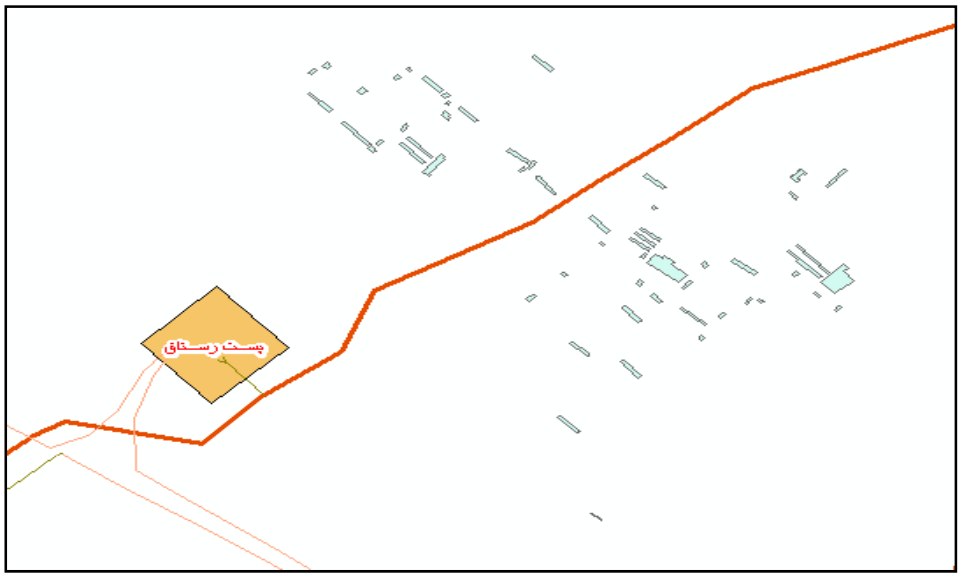
در شکل (۴-۴) شبکه انتقال و فوق توزیع مجاور محدوده مورد بررسی، نمـایش داده شـده اسـت. همانطور که در شکل نشان داده شده است محل های پیشنهادی بـرای اتصـال بـه شـبکه ۲۳۰ کیلوولـت محدودیتی ندارند.



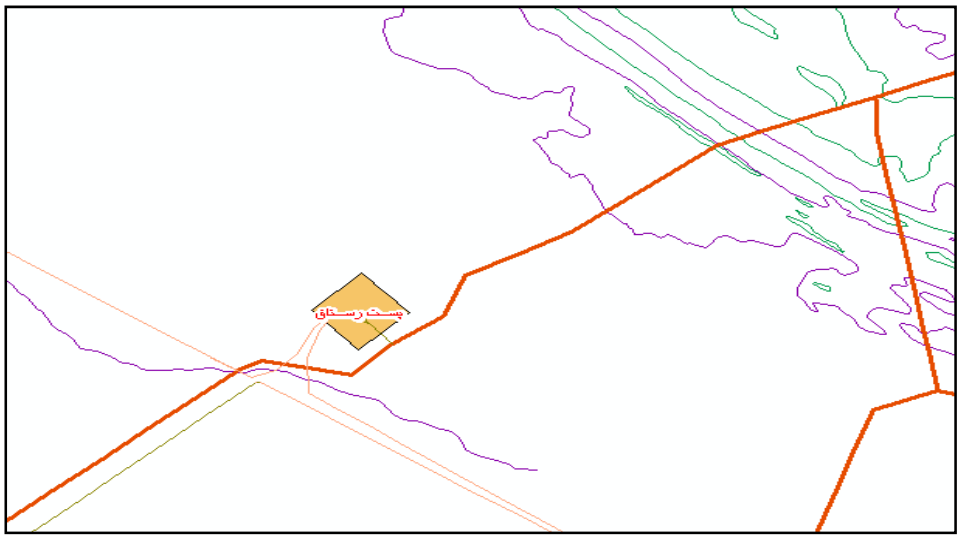
شکل (۴-۵) : نقشه راهها در محدوده مورد مطالعه

در شکل (۴-۵) نقشه راهها در محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است. کاندید های شـماره ۳ (محل فعلی) و ۲ نسبت به جاده وضعیت یکسانی دارند . اما کاندید ۱ از جاده اصلی دورتر است.

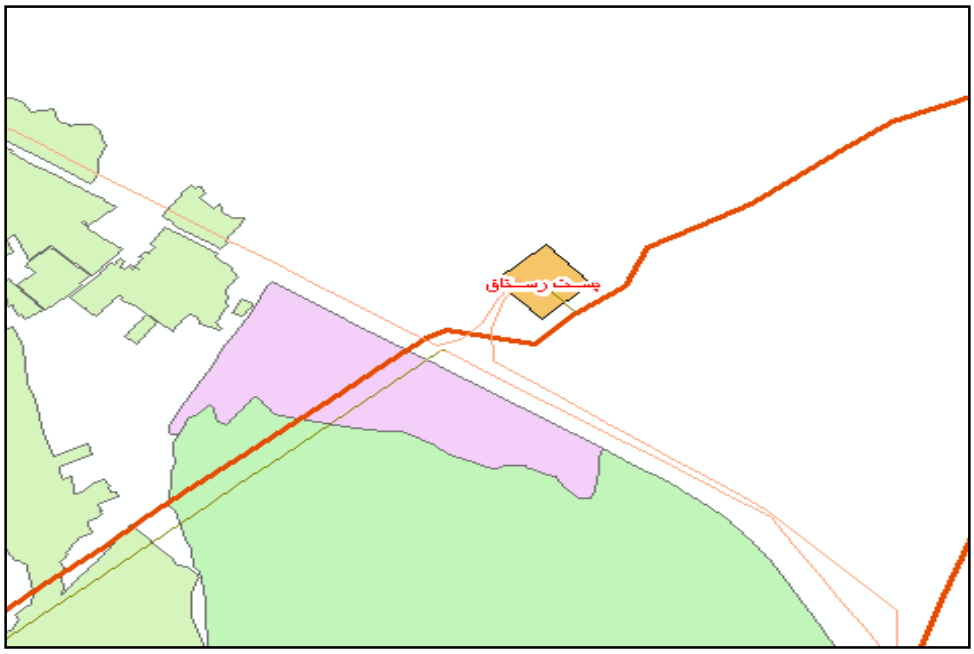
در شکل (۴-۶) موقعیت مناطق صنعتی و ساختمانی اطراف منطقه مورد مطالعه نشان داده شـده است. گزینه شماره یک موقعیت مناسب تری نسبت به گزینه ۲و ۳ برای احداث پست دارد.



شکل (۴-۶) : موقعیت مناطق صنعتی و مسکونی در منطقه مورد مطالعه



شکل (۴-۷) : منحنی میزان منطقه برای بررسی معیار شیب زمین

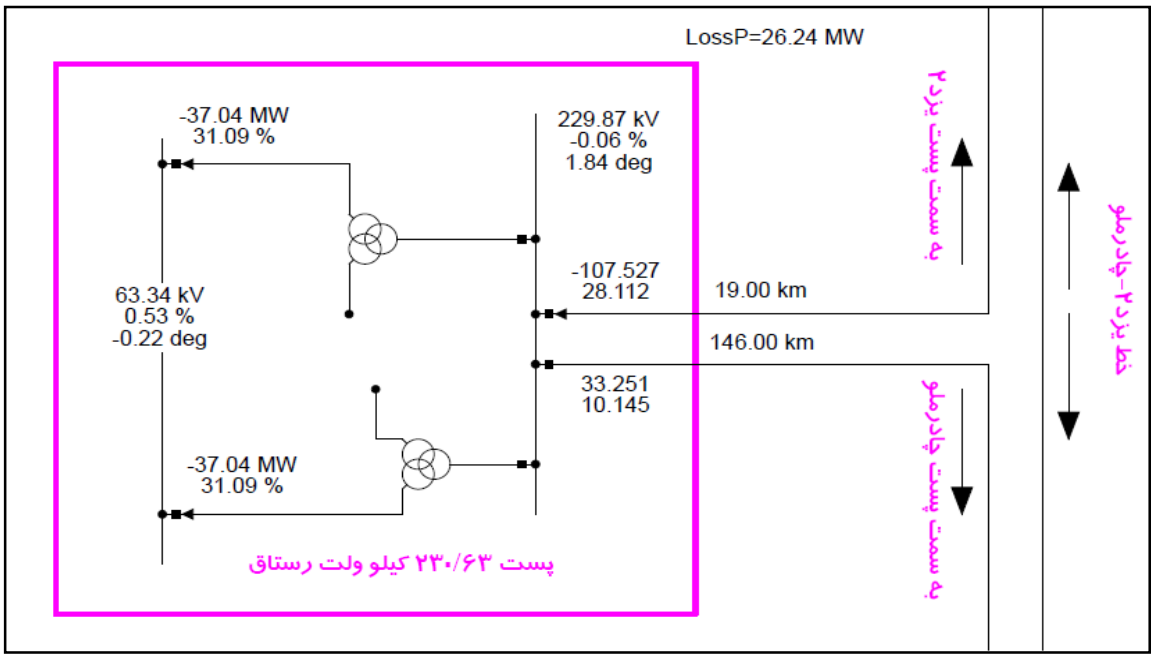


شکل (۴-۸) : لایه اطلاعات پوشش گیاهی منطقه برای بررسی معیار پوشش گیاهی

در مطالعه موردی در این فصل از سه محل پیشنهادی استفاده شده است. یکی از این محل‌ها همان وضعیت فعلی پست است. وضعیت فعلی پست در شکل (۴-۲) نمایش داده شده است. همانور که در این شکل نمایش داده شده است وضعیت فعلی که با شماره گزینه سه مورد بررسی قرار می گیرد در حال حاضر با مشکلاتی روبروست. این مشکلات شامل محدودیت ورود و خروج خطوط به پست انتقال است. به عبارت دیگر محل پست انتخاب شده در محل فعلی (گزینه۳) از سه جهت برای احداث خطوط با محدودیت روبروست. کاربری زمین های مجاور پست عمدتا صنعتی و ملک شخصی است. به عبارت دیگر زمین های مجاور پست برای عبور خطوط قابل آزاد سازی نمی باشد.

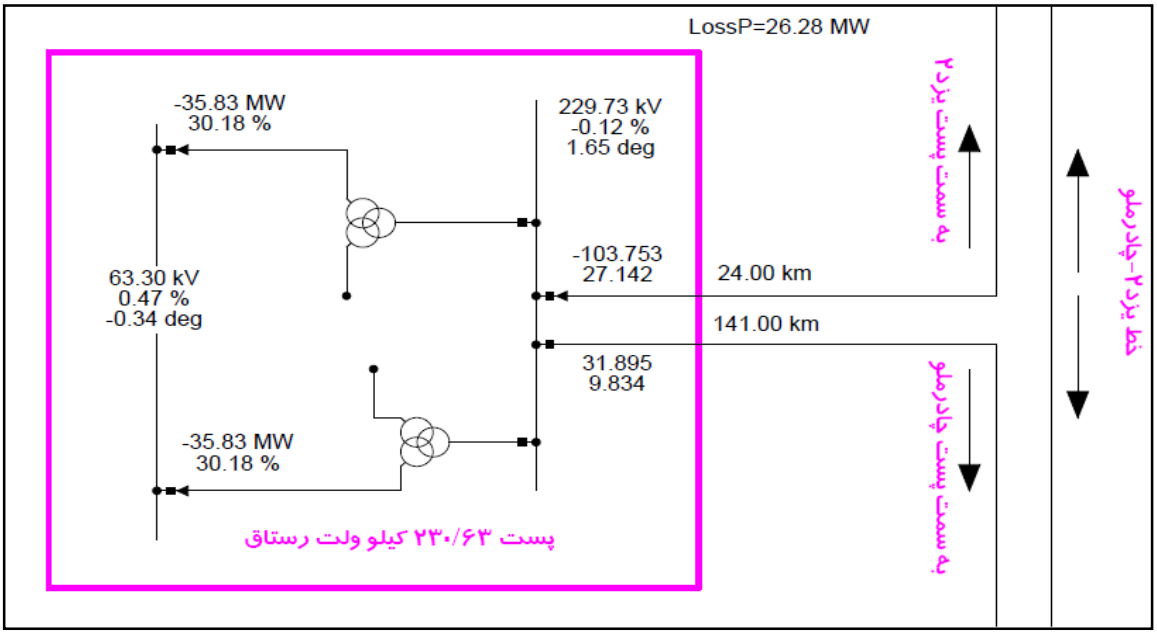
معیارهای مشخصات الکتریکی در نرم افزار مطالعات سیستم [1] مطالعه شده است. سه کاندید در این نرم افزار پیاده سازی شده و زیر معیارهای تلفات توان و افت ولتاژ و ... در این نرم افزار محاسبه شده است. در شکل (۴-۹) گزینه سه مورد بررسی قرار گرفته است. گزینه سه از زیر معیار تلفات توان بیشترین امتیاز را بدست می آورد. چون عدد تلفات توان در این کاندید کمترین است.

شکل (۴-۹) : بررسی زیر معیار مشخصات الکتریکی روی کاندید شماره سه

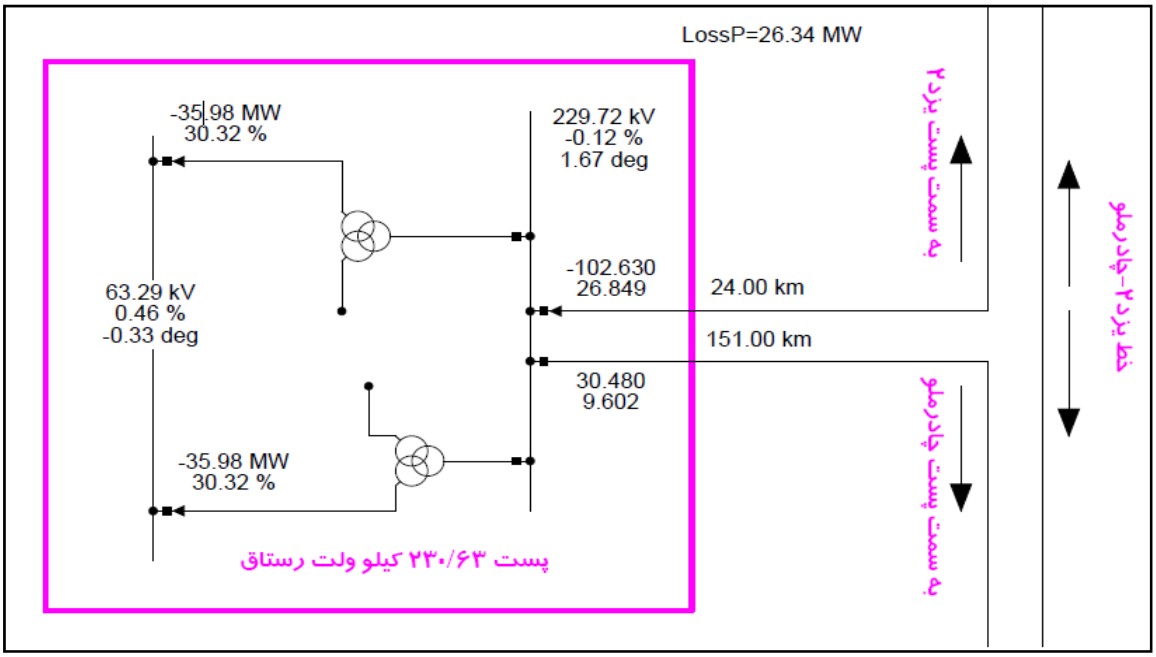


در شکل (۴-۱۰) گزینه یک مورد بررسی قرار گرفته است. گزینه یک از زیر معیار تلفات توان امتیاز متوسطی را بدست می آورد. چون عدد تلفات توان در این کاندید بین تلفات توان در دو کاندید سه و دو قرار دارد.

[1] Degsilent



شکل (۴-۱۰) : بررسی زیر معیار مشخصات الکتریکی روی کاندید شماره یک



شکل (۴-۱۱) : بررسی زیر معیار مشخصات الکتریکی روی کاندید شماره دو

در شکل (۴-۱۱) گزینه دو مورد بررسی قرار گرفته است. گزینه دو از زیر معیار تلفات توان کمترین امتیاز را بدست می آورد. چون عدد تلفات توان در این کاندید بیشترین مقدار را داراست.

۴-۳ امتیازدهی به زیر معیارهای کیفی

بعد از تعیین امتیاز معیارهای کمی روی مطالعه موردی بایستی امتیاز زیر معیارهای کیفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. همانطور که در فصل سوم اشاره شد برای این موضوع از نظر خبرگان استفاده شده است. امتیاز نهایی معیارهای کیفی که از معدل امتیاز چند کارشناس خبره جمع آوری شده است، در جدول (۴-۱) نمایش داده شده است.

جدول (۴-۱) : امتیاز زیر معیارهای کیفی با جمع آوری نظر خبرگان

امتیاز کاندید / زیر معیار	شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳
اتصال خطوط فشار قوی	۶۰	۵۰	۲۵
سهولت ارتباط مخابراتی با مراکز دیسپاچینگی	۲۰	۵۰	۸۰
کاربری زمین های مجاور پست	۶۰	۲۰	۷۵
چیدمان (لی اوت)	۵۰	۳۰	۷۰
زمین شناسی	۶۰	۸۰	۲۰
قابلیت کاربرد انرژی های نو	۲۰	۶۰	۶۰
شرکت توزیع	۵۰	۲۰	۸۰
مصرف کنندگان خانگی	۲۵	۵۰	۴۰
مصرف کنندگان صنعتی	۵۰	۳۰	۴۰
ایمنی	۸۰	۵۰	۵۰
سطح آلودگی منطقه	۷۰	۸۰	۸۰

پوشش گیاهی	۵۰	۷۰	۴۰
مسیر طوفان شن	۸۰	۷۰	۷۰

۴-۴ وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها

همانطور که در فصل سوم بیان شد لازم است معیار ها و زیر معیارها نسبت به هم سنجیده گـردد و ارزش هر معیار نسبت به معیار دیگر مشخص گردد.

جدول (۴-۲) : امتیاز معیارهای اصلی – کارشناس خبره شماره ۱

کارشناس خبره شماره ۱						
معیار های اصلی	مشخصات الکتریکی	مشخصات زمین	هزینه ها	حریم ها	ذینفعان	شرایط زیست محیطی
مشخصات الکتریکی		۴ / ۶	۴ / ۶	۳ / ۷	۴ / ۶	۴ / ۶
مشخصات زمین			۵ / ۵	۴ / ۶	۴ / ۶	۵ / ۵
هزینه ها				۶ / ۴	۵ / ۵	۵ / ۵
حریم ها					۴ / ۶	۵ / ۵
ذینفعان						۶ / ۴
شرایط زیست محیطی						

جدول (۴-۳) : امتیاز معیارهای اصلی – کارشناس خبره شماره ۲

کارشناس خبره شماره ۲						
معیار های اصلی	مشخصات الکتریکی	مشخصات زمین	هزینه ها	حریم ها	ذینفعان	شرایط زیست محیطی
مشخصات الکتریکی		۳ / ۷	۴ / ۶	۲ / ۸	۴ / ۶	۲ / ۸
مشخصات زمین			۶ / ۴	۳ / ۷	۴ / ۶	۳ / ۷
هزینه ها				۴ / ۶	۴ / ۶	۴ / ۶
حریم ها					۶ / ۴	۴ / ۶
ذینفعان						۳ / ۷
شرایط زیست محیطی						

جدول (۴-۴) : امتیاز معیارهای اصلی – کارشناس خبره شماره ۳

کارشناس خبره شماره ۳						
معیار های اصلی	مشخصات الکتریکی	مشخصات زمین	هزینه ها	حریم ها	ذینفعان	شرایط زیست محیطی
مشخصات الکتریکی		۲ / ۸	۵ / ۵	۲ / ۸	۲ / ۸	۱ / ۹
مشخصات زمین			۶ / ۴	۴ / ۶	۳ / ۷	۱ / ۹
هزینه ها				۵ / ۵	۳ / ۷	۳ / ۷
حریم ها					۵ / ۵	۲ / ۸
ذینفعان						۴ / ۶
شرایط زیست محیطی						

برای این مورد از روش مقایسه زوجی استفاده شده است. در جدول (۴-۲) و (۴-۳) و (۴-۴) فـرم های تکمیل شده توسط کارشناسان خبره نشان داده شده است. معیار بـا ارزش بـالا امتیـاز ۹ و معیـار بـا ارزش کمتر امتیاز یک است.

در جدول(۴- ۵) معیار مشخصات الکتریکی و ۹ زیر معیار مرتبط به آن از خروجی روش مقایسـه زوجی وزن دهی شده اند. امتیاز ها نیز به ترتیب امتیاز معیارهای کمی و کیفی وارد شده است. زیر معیـار های با اهمیت با توجه به شرایط منطقهوزن بالاتری به خود اختصاص داده اند. بـه عنـوان مثـال فاصـله از ثقل بار، ضریب وزنی بالاتری نسبت به بقیه زیر معیارها گرفته است. با توجه به فاصله سه کاندید از نقطـه ثقل بار امتیاز هر کاندید لحاظ شده است.

جدول (۴-۵) : ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار مشخصات الکتریکی

معیار مشخصات الکتریکی				
زیر معیار	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
فاصله از ثقل بار (خانگی و صنعتی)	۲۰	٤٠	٦٠	۸۰
اتصال خطوط فشار قوی	۱۵	٦٠	۵۰	۲۵
میزان تلفات توان	۲۰	٦٠	۳۰	۷۰
میزان جریان اتصال کوتاه	۵	٦٠	۸۰	۲۰
پخش بار	۱۵	٤٥	۷۰	۳۰
افت ولتاژ	۵	۳۰	۲۰	۸۰
مقاومت الکتریکی خاک	۱۰	۷۰	۸۰	۵۰
ظرفیت خالی فیدر های توزیع	۵	٦٠	۲۰	۹۰
سهولت ارتباط مخابراتی با مراکز دیسپاچینگی	۵	۲۰	۵۰	۸۰

معیار مشخصات زمین و ضرایب وزنی زیر معیار های مرتبط با این معیار و امتیاز های هر کاندید، در جدول (۴-۶) نشان داده شده است. در این معیار نیز، زیر معیار دسترسی به جاده اصلی با توجه به اهمیت دسترسی به پست های فشار قوی، برای رفت و آمد گروه های تعمیرات پست و انتقال تجهیزات با حجم بزرگ (مانند ترانسفورماتور)، از ضریب وزنی بالایی برخوردار شده است.

جدول (۴-۶) : ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار مشخصات زمین

معیار مشخصات زمین				
زیر معیار	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
دسترسی به جاده اصلی	۲۵	۸۰	۶۰	۲۰
کاربری زمین های مجاور پست	۲۰	۶۰	۲۰	۷۵
چیدمان (لی‌اوت)	۱۰	۵۰	۳۰	۷۰
تعداد تقاطع خطوط ورودی و خروجی با خطوط موجود	۵	۲۰	۳۰	۴۰
شیب و حجم عملیات خاکی	۱۵	۵۰	۲۵	۴۵
زمین شناسی	۵	۶۰	۸۰	۲۰
قابلیت توسعه با سایر ولتاژها	۱۰	۸۰	۸۰	۸۰
قابلیت کاربرد انرژی نو	۵	۲۰	۶۰	۶۰
سطح آبهای زیر زمینی	۵	۸۰	۷۰	۸۰

در جدول (۴-۷) ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار هزینه نمایش داده شده است.

جدول (۴-۷) : ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار هزینه

معیار هزینه ها				
زیر معیار	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
قیمت زمین	۵۰	۸۰	۲۰	۳۰
خرید و نصب تجهیزات پست	۲۰	۵۰	٦۵	۷۰
طول خطوط ورودی و خروجی	۳۰	۳۰	۲۰	۵۰

مبحث حریم های قانونی بایستی طبق آخرین آئین نامه ها و مصوبات حریم لحاظ گردد. در جدول (۴-۸) زیر معیارهای مرتبط با حریم مورد توجه قرار گرفته است. در این معیار، از زیر معیارهایی مانند مسیر فردگاه، فاصله تا گسل زلزله و شق زمین نام برده شده است. این موارد در مطالعات انتخاب زمین پست به طور معمول، کمتر مورد توجه قرار می گیرد. به عبارتی از ویژگی های روش پیشنهادی پرداختن به معیارهایی است که در سوابق تحقیق کمتر به آن پرداخته شده است.

جدول (۴-۸) : ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار حریم ها

معیار حریم ها				
زیر معیار	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
فاصله از دکل مخابراتی	۵	۲۰	۵۰	۸۰
فاصله و زاویه با فرودگاه	۱۵	٦۰	۸۰	۷۰
فاصله از مسیر سیلاب	۲۰	۵۰	۹۰	۲۰
فاصله از گسل زلزله	۱۵	٦۰	۷۰	٦۰
فاصله از مسیر خطوط تأسیسات	۱۰	۱۵	۷۰	۲۰
فاصله از مناطق ممنوعه	۲۰	۸۰	۷۰	۷۰
فاصله از شق زمین	۱۵	۲۰	٤۰	۳۰

معیاری که در برخی پروژه ها لازم است به درستی بررسی شود ، معیار ذینفعان می باشد . زیر معیار های این معیار در جدول (۴-۹) نشان داده شده است. این معیار دسته وسیعی از اولویت ها و محدودیت ها را شامل می شود. شرکت های توزیع به عنوان مهمترین ذینفان پست های فوق توزیع می باشند. در صورتیکه محل پست متناسب با نیاز های شرکت توزیع انتخاب نگردد، تغذیه فیدر های ۲۰ کیلوولت مورد نظر، با مشکلات اساسی روبرو خواهد شد.

جدول (۴-۹) : ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار ذینفعان

معیار ذینفعان				
زیر معیار	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
شرکت توزیع	۵۰	۵۰	۲۰	۸۰
مصرف کنندگانت خانگی	۱۵	۲۵	۵۰	٤۰
مصرف کنندگان صنعتی	۲۰	۵۰	۳۰	٤۰
ایمنی	۱۵	۸۰	۵۰	۵۰

جدول (۴-۱۰) : ضرایب وزنی و امتیاز زیر معیارهای معیار شرایط زیست محیطی

معیار شرایط زیست محیطی				
زیر معیار	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
جهت وزش باد	۲۵	۲۰	۳۰	٤۰
ضریب صدا (dB)	۱۵	۵۰	٤۰	٦۰
پوشش گیاهی	۱۵	۵۰	۷۰	٤۰
مسیر طوفان شن	۲۰	۸۰	۷۰	۷۰
سطح آلودگی منطقه	۲۵	۷۰	۸۰	۸۰

بعد از تعیین ضرایب وزنی زیر معیارها و امتیازدهی به هر کاندید، وزنهای متناظر در امتیاز کسب شده هر کاندید ضرب می شود. در جدول (۴-۱۱) امتیاز کسب شده هر کاندید از معیارهای اصلی محاسبه شده است.

جدول (۴-۱۱) : امتیاز کاندیدها از معیاراصلی

امتیاز هر کاندید از معیارهای اصلی پس از اعمال ضرایب وزنی زیر معیارها				
معیار اصلی	ضریب وزنی	امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
مشخصات الکتریکی	۲۵	۵۱/۲۵	۵۲/۵۰	۵٦/۷۵
مشخصات زمین	۲۰	٦۱/۵۰	٤۵/۷۵	۵۱/۷۵
هزینه ها	۲۵	۵۹	۲۹	٤٤
حریم ها	۱۵	٤۹/۵۰	۷۰	٤۸
ذینفعان	۱۰	۵۰/۷۵	۳۱	٦۱/۵۰
شرایط زیست محیطی	۵	۵۳/۵۰	۵۸	۵۹

اکنون نوبت محاسبه مقادیر امتیاز هریک از کاندیدها می باشد. همانطور که در جدول (۴-۱۲) نمایش داده شده است محل زمین کاندید ۲ با امتیاز ۷۳/۹۲ بالاترین امتیاز را کسب نموده و به عنوان محل پیشنهادی برای احداث پست معرفی می گردد.

جدول (۴-۱۲) : امتیاز نهایی کاندیدها بعد از اعمال ضرایب وزنی معیارها

امتیاز نهایی سه کاندید		
امتیاز کاندید۱	امتیاز کاندید۲	امتیاز کاندید۳
۵٤/۹۵	۷۳/۹۲	۵۱/۸۳

۴-۵ نتیجه گیری و جمع بندی

سوابق بهینه سازی محل پست های فشار قوی نشان می دهد که روش های قبلیبه چند معیار محدود انتخاب محل پست بسنده نموده است تا فرموله نمودن موضوع و تابع هدف مربوط به آن ساده باشد . با توجه به پیچیدگی موضوع و تعدد عوامل تأثیر گذار در انتخاب بهینه محل پست، روش ارائه شده اکثریت عوامل را مد نظر قرار می دهد. میزان وزن دهی به معیارها و زیر معیارها به شرایط منطقه احداث پست بستگی دارد. این روش بعد از مرحله کاندیدیابی و زمانیکه چند گزینه محل پست تعیین شده است کاربرد دارد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که گزینه احداث شده فعلی (گزینه ۳) به درستی انتخاب نشده است. به عبارتی در صورتیکه در ابتدای ساخت پست محل کاندید شماره ۲ مورد توجه قرار می گرفت با مشکلات حال حاضر روبرو نبودیم. نکته بعدی اینکه در روش پیشنهادی با توجه به علمی بودن این روش، انتخاب ها و تصمیم های سلیقه ای به حداقل ممکن رسیده است و می‌توان به نتیجه کار اعتماد نمود.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتایج

نتایج بدست آمده در این پایان‌نامه را می‌توان به طور خلاصه به صورت زیر مطرح نمود:

- انتخاب محل پست‌های انتقال و فوق توزیع از جمله تصمیم گیری های پیچیده و مشکل در شرکت های برق منطقه ای بوده که روش های معمول جوابگوی حل این مسئله نمی باشد.

- با بررسی سوابق تحقیق مشخص شد کل پژوهش های قبلی را می توان به دو بخش کاندیدیابی و انتخاب محل بهینه از میان کاندیدها تقسیم نمود.

- معیار ها و زیر معیارهایی که برای انتخاب محل پست اهمیت دارند متعدد هستند. این معیارها و زیر معیارها متنوع و گاهی با یکدیگر متضاد هستند.

- در روش پیشنهادی برای اولین بار از معیارها و زیر معیارهایی استفاده شده است که در کارهای قبلی به آنها پرداخته نشده بود.

- استفاده از روش مقایسه زوجی در وزن دهی به معیارها و زیر معیارها توانسته است اولویت‌بندی مناسبی را بین آنها تعیین نماید. به عبارت دیگر امکان برخورد های سلیقه‌ای و شخصی در تعیین اهمیت معیارها و زیرمعیارها کاهش می یابد.

- با توجه به اهمیت استراتژیک تعیین محل پست در شرکت‌های برق منطقه‌ای و صرف هزینه‌های بالای ساخت و خرید تجهیزات، بهینه‌سازی محل پست می تواند بازگشت سرمایه طرح‌های توسعه را کاهش دهد.

- استفاده از نظر خبرگان و اضافه نمودن تعداد آنها می‌تواند در بالا بردن دقت نتـایج مـؤثر باشد. لازم است در این باره نظرات خارج از محدوده، حذف و مابقی نظرات مبنای محاسبات باشد.

- استفاده از روش پیشنهادی می‌تواند در کنار سایر ابزارهـا بـرای یـک انتخـاب آگاهانـه و خالی از تصمیم‌های غیر کارشناسی برای تعیین محل پست کمک نماید.

- تعیین ضرایب وزنی برای هر بار احداث پست مورد توجه قرار گیرد. بـه عبـارت دیگـر در روش پیشنهادی ضرایب وزنی روی مقدار خاصی ثابت نشده اند.

- استفاده از لایه‌های اطلاعاتی سیستم اطلاعات جغرافیـایی تحلیـل مسـئله را آسـان مـی نماید. ضمن اینکه با نرم افزار سیستم مذکور سرعت و دقت نتایج اضافه خواهد شد.

- اضافه شدن نفرات خبره برای بررسی و امتیاز دهی به معیارهـای کیفـی و وزن دهـی بـه معیارها در روش مقایسه توصیه می شود.

- مدلسازی روش پیشنهادی و تهیه یک الگو خاص یک منطقه برای انتخـاب محـل پسـت های اتی از اهمیت بالایی برخوردار است .

- توسعه روش پیشنهادی برای کاربرد سایر شرکت های برق منطقه‌ای و یا ارگان هایی کـه به نوعی به موضوع مکان‌یابی نیاز دارند قابل توجه است.

- تهیه دستور العمل و آیین نامه های مرتبط برای استفاده از روش های بهینه سازی محل پست مانند روش پیشنهادی در شرکت های برق الزام آور باشد.

۵-۲ پیشنهادات

- انجام تحلیل حساسیت روی نتایج روش انتخابی، می تواند برای ارزیابی روش بهینه سازی بکارگیری شود.

- مدلسازی عدم‌قطعیت مبتنی بر سناریو جهت تصمیم‌گیری کارا برای ادامه کار پیشنهاد می شود.

- اضافه شدن موضوعات جدید به مسئله مانند منابع تولید پراکنده، مدیریت سمت تقاضا و ... می تواند جامعیت روش پیشنهادی را تقویت نماید.

مراجع

[1]گزارش بررسی شبکه انتقال وفوق توزیع سایرکشورها - شرکت مهندسین مشاور منیران

[2] خادم تیکا سهراب، رضا صمدی، " انتخاب محل بهینه احداث تأسیسات صنعت برق کشور با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی"، [نشریه]. کاربرد سامانه های اطلاعات مکانی ص. ۱۳. ۱۳۹۱.

[3]مهرداد صالحی، فریبرزاقتدارنیا، "تهیه یک الگوریتم جهت تعیین تعداد ، محل بهینه و تخصیص بار بهینه پست های برق و پیاده سازی آن در محیط GIS"، [نشریه]. تهران. ۱۳۸۹.

[4]جواد روحی، برزویوسفی، "جایابی بهینه پست های فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت در شرایط توسعه"،یازدهمین کنفرانس بین المللی برق. تهران. ۱۳۸۲.

[5]**محسنخانی،** "روشی نوین جهت مکان یابی بهینه پست های فوق توزیع و توزیع"، [نشریه]. اصفهان.۱۳۹۱.

[6]**حمید رضاافتخاری،** "بهینه سازی محل احداث پست با روش شباهت به گزینه ایده آل فازی"، بیست وهشتمینکنفرانس بین المللی برق. تهران.۱۳۹۲.

[7]محمد کریمی, امین شجاعی، "جایابی بهینه پست های فوق توزیع با استفاده از الگوریتم تکاملی دیفرانسیل دینامیکی "، ، کنفرانس ملی الگوریتم های فرا ابتکاری،فریدونکنار.

[8]علی ناصح, مهدی نجار، مهدی ستوده، هادی حسینی، ایمان ویسی، "برنامه ریزی توسعه و جایابی پست های فوق توزیع خراسان با روشی نوین"،کنفرانس بین المللی برق.تهران.

[9] B.barati, M.A.sabzivand, K.sheikhi, M.joorabian , “optimal location and sizing of HV/MV substation using the branch and bound method in distribution network of dezful city“, international journal on technical and physical problems of engineeing (IJTPE), Vol. 5, PP.44-50, Jun. 2013 .

[10] X.Mao, Y.Wu, Y. Shen, X. Peng , and Y. Sun,“Study on the plan of UHV substation location based on grey comprehensive optimal selection using moment estimation theory to weight”, 2012 IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON), vol. 3, pp. 20-25, Nov. 2012.

[11] J.r mcdonald, G.m.burt, J.s.zielinski & S.d.j.mc Arthur, “intelligent knowledge based systems in electrical power engineering“. Book.

Abstract

Network expansion planning is inevitable due to the electric load growth. As important planning stage, regional electricity companies determine the appropriate location of transmission and distribution substations considering load growth and demand request of large industrial consumers. Current method of determining the substation location indicates that the expert knowledge is used. However, due to the lack of a system for taking all effective criteria and their value, the substation location is normally chosen by an expert person or a group. Due to the impact of the substation location on the transformers loading, losses, and high costs of construction and operation of substations, it is necessary to use a decision support system for determining appropriate location of substation. The proposed method determines the main criteria influencing the choice of location substation, and evaluates the importance of each criterion by analytic hierarchy process. Based on the weighted average of scores of all main criteria and sub-criteria, the substation locations are listed in merit, and accordingly, the best one is chosen. Implementation of the proposed method on a real case study in Yazd province, Iran, shows its applicability in choosing appropriate location of substation.

*Keywords:*Substation location, decision support system, analytic hierarchy.

Shahrood University of Technology

Faculty of E-Learning

Development of supportive system to determine the optimal location of high voltage substation

(Case study : Yazd Regional Electric Company)

Majid Ghafarian

Supervisor:

Dr. Morteza Rahimiyan

A thesis submitted in partial fulfillment of the

requirements for the degree of

Master of Science in Electrical Engineering

January 2016