

طراحی و توسعه سامانه برداشت اطلاعات شبکه فشار متوسط توزیع نیروی برق بر پایه یک مدل داده‌ی مکان‌مبنا

محمد شاعری^۱، رحیم علی عباسپور^{۲*}

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های

فنی - دانشگاه تهران
mshaeri@ut.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

abaspour@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت خرداد ۱۳۹۸، تاریخ تصویب شهریور ۱۳۹۹)

چکیده

رشد مداوم شهرها، جمعیت آن‌ها و مراکز صنعتی و کشاورزی، افزایش روزافزون متقاضیان و مشترکین را به دنبال داشته و شبکه‌های توزیع نیروی برق به عنوان آخرین حلقه از زنجیره تامین برق همگام با سایر بخش‌ها می‌بایست پاسخگوی نیازهای جامعه در نقاط مختلف کشور باشند. اطلاع از وضعیت تجهیزات و کنترل آن‌ها در شبکه‌های توزیع نیروی برق هنگام بروز حوادث و انجام تغییرات ضروری امری اجتناب ناپذیر است. از همین رو در سراسر کشور طرح‌های متعددی جهت برداشت اطلاعات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق ارائه و عملیاتی می‌گردند. مشکل اساسی در این رابطه مربوط به نحوه جمع‌آوری سنتی اطلاعات می‌باشد که در آن امکان کنترل منطقی و پردازش اطلاعات میدانی مورد نظر و استخراج اشتباهات در مقاطع مختلف برداشت وجود ندارد. در این مقاله به رویکرد جدیدی برای جمع‌آوری سریع و قابل کنترل اطلاعات توسط تکنولوژی‌های نوین در عرصه سیستم‌های اطلاعات مکانی به کمک ارائه یک مدل داده مکان‌مبنا جهت حل مشکلات مطرح شده، پرداخته شده است. در این روش، سامانه برداشت اطلاعات موبایلی برای برداشت اطلاعات و سامانه دسکتاپ برای بررسی منطق‌های پآوری و انجام پردازش‌های مکانی و توصیفی جهت بررسی خطای کاربران و آماده‌سازی داده برای ورود به سامانه GIS اداره برق پیاده‌سازی شده‌اند. در انتها به ارائه گزارش موفقیت منطق طراحی شده در قالب پردازش‌های تناظریابی و استخراجی پرداخته می‌شود. در مرحله ارزیابی، ۴۵۰ کیلومتر شبکه فشار متوسط پردازش شده و ۹۲ درصد اطلاعات تجهیزات شبکه تناظریابی و ثبت گردیدند.

واژگان کلیدی: شبکه فشار متوسط، مدل داده مکان‌مبنا، سامانه

۱- مقدمه

رشد مداوم شهرها، جمعیت آنها و مراکز صنعتی و کشاورزی، افزایش روزافزون متقاضیان و مشترکین را به دنبال داشته و شبکه‌های توزیع نیروی برق به عنوان آخرین حلقه از زنجیره تامین برق همگام با سایر بخش‌ها می‌بایست پاسخگوی نیازهای جامعه در نقاط مختلف کشور باشند. شبکه توزیع نیروی برق هم از جهت طول شبکه و هم از نظر تجهیزات مورد استفاده با پیشرفت تکنولوژی در صنعت برق هر روزه در حال رشد و گسترش می‌باشد.

این واقعیت، امر نظارت بر تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق توسط واحدهای مختلف مسئول بر صحت عملکرد تجهیزات و ایمنی شبکه را بیش از پیش پیچیده‌تر و دشوارتر کرده است. به طوری که انجام وظایف مربوطه به صورت گذشته و بدون استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی و مکانیزه غیرقابل انجام خواهد بود.

از این رو در سال‌های گذشته سامانه‌های متعددی در جهت ذخیره‌سازی، مدیریت و کنترل شبکه‌های فشار ضعیف، متوسط و قوی توزیع نیروی برق طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند. اما مشکلات متعددی در رابطه با اطلاعات تجهیزات شبکه توزیع برق وجود دارد از جمله:

- پراکندگی اطلاعات مکان مرجع
 - افزایش روز افزون حجم تجهیزات شبکه توزیع
 - عدم ثبت و ذخیره‌سازی اطلاعات مربوط به تغییرات به وجود آمده
 - وجود بخش اعظم اطلاعات به صورت آنالوگ
 - جدا بودن اطلاعات مکانی و توصیفی
- از همین رو در سراسر کشور طرح‌های متعددی جهت برداشت اطلاعات تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق تعریف گردیده است.

اما روش برداشت اطلاعات هنوز به شیوه سنتی که همان کاغذی می‌باشد، ادامه دارد. این روش دارای مشکلات مختلفی است. با بررسی فرم‌های موجود شرکت توزیع برق عدم تطابق اطلاعات و اتصالات مورد نیاز برداشت با فرم‌های طراحی شده به صورت قابل توجهی مشهود بود به صورتی که در عمل، نیروهای برداشت، اطلاعات خود را خارج از چارچوب فرم یادداشت نموده و این مسئله باعث می‌شود تا تنها خود برداشت‌کننده اطلاعات، قادر به فهم محتوای یادداشت شده باشد و ثبت اطلاعات در سامانه توسط

شخص سومی امکان‌پذیر نباشد. مشکل بعدی حمل تجهیزات متعدد توسط نیروی برداشت است. در روش سنتی نیروی برداشت می‌بایست فرم‌های کاغذی را به همراه دوربین که جهت اخذ تصاویر تجهیزات و دستگاه GPS^۱ که جهت ثبت موقعیت تجهیزات الزامی است، حمل نماید. علاوه بر حمل تجهیزات، سختی نگارش بر روی کاغذ بدون استفاده از سطح مسطح و وارد کردن صحیح شماره نقطه GPS و شماره تصاویر مربوطه که در برخی موارد اشتباه وارد می‌گردند از مشکلات دیگر می‌باشد. مسئله بعدی عدم ثبت دقیق موقعیت پایه فشار متوسط با توجه به کاهش دقت GPS در کنار خطوط انتقال نیرو می‌باشد. مشکل بعدی عدم امکان نظارت بر صحت اطلاعات برداشت شده با توجه به طول زیاد شبکه، تعدد تجهیزات، عدم ثبت اطلاعات در قالب قابل فهم برای کاربر در فرم‌های پراکنده است. در نتیجه، در صورتی که ناظر قصد آگاهی از وضعیت پیشرفت برداشت اطلاعات تجهیزات و تهیه گزارشات مختلف مورد نیاز را داشته باشد، عملاً به علت زمان‌بر بودن، این امر امکان‌پذیر نمی‌باشد و ایرادات برداشت اطلاعات در انتهای فرآیند مشخص می‌شوند که جبران این اشتباهات در اغلب مواقع از نظر زمانی و مالی بسیار پرهزینه خواهد بود.

از همین رو برای حل این مشکلات ایده ارائه یک مدل-داده مکان‌مبنا که برای مرحله برداشت اطلاعات مناسب بوده و از جزئیات اضافی که در این مرحله مورد نیاز نمی‌باشد، به وجود آمد. در این مدل‌داده، اطلاعات به صورت ساختاریافته و منطقی ذخیره می‌گردند که برای همگان قابل فهم بوده و تهیه گزارشات و شناسایی خطاهای منطقی و توصیفی در هر مقطع از برداشت امکان‌پذیر می‌باشد. در ادامه کار، سامانه برداشت اطلاعات شبکه فشار متوسط با پلتفرم اندروید پیاده‌سازی شده است. در انتها جهت انجام نظارت، استخراج خطاهای منطقی و توصیفی و انجام عملیات تحلیل‌های توپولوژیکی جهت انطباق تجهیزات، سامانه دسکتاپ طراحی و پیاده‌سازی گردیده است.

۲- پیشینه پژوهش

در زمینه طراحی چارچوب‌ها و ارائه مدل‌های شبکه‌های توزیع انتقال نیرو در کاربردهای مختلف، پژوهش‌های متنوعی صورت گرفته است. در این رابطه رامبو و همکاران

^۱ Global Positioning System

در سال ۱۹۹۱ در زمینه مفاهیم مربوط به شی‌گرایی و تحلیل‌های سیستمی در زمینه شبکه‌های توزیع برق پرداخته‌اند[۱]. در سال ۲۰۰۶ مدل‌های شبکه‌های توزیع و تحلیل‌های مبتنی بر آن توسط کرس‌تینگ و ویلیام بررسی و تدوین گردیده است[۲]. لوسی و راسو در سال ۲۰۰۳ بر روی مدل‌سازی جریان بارگزاری شی‌گرا کار کرده‌اند[۳]. پاکا و همکاران در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ بر روی ارائه چارچوب کاری در زمینه تحلیل و شبیه‌سازی شبکه توزیع فشار ضعیف و متوسط بر پایه‌ی مدل‌های شی‌گرا ساده، پرداخته‌اند[۴ و ۵]. دورانا و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی شبیه‌سازی مدل‌های شی‌گرا سیستم‌های ترکیبی مدیریت انرژی مطالعه کرده‌اند[۶]. سوارپ و سلوان در ۲۰۰۶ بر روی طراحی و پیاده‌سازی مدل شی‌گرا سیستم‌های توزیع نامتوازن کار کرده‌اند[۷]. در سال ۱۳۹۳ محمدحسین جعفری و همکاران در زمینه مدیریت بحران شبکه‌های توزیع برق با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی پرداخته و اهمیت ایجاد GIS^۱ در این رابطه را بررسی کرده‌اند[۸].

در همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) نیز در زمینه کاربردهای GIS در صنعت برق پرداخته شده است. منصور عبدی و همکاران در سال ۱۳۸۶ در زمینه روش‌های برداشت اطلاعات مکانی و توصیفی شبکه برق منطقه‌ای باختر و پیاده‌سازی در سیستم اطلاعات مکانی مطالعه کرده‌اند[۹]. محمدهادی کریمی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۳ درباره کاربرد سیستم اطلاعات مکانی در مدیریت بحران شبکه‌های توزیع برق و مدیریت حوادث در دیسپاچینگ توزیع پژوهش کرده‌اند[۱۰]. در زمینه بکارگیری سامانه‌های اطلاعات مکانی در تسریع پاسخگویی و انجام اقدامات لازم توسط سیستم‌های اطلاعات مکانی مقالات متعددی منتشر گردیده است[۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴].

پارکپوم در سال ۲۰۱۳ به تعریف یک مدل GIS مبنا برای پیاده‌سازی طراحی مبدل برق پرداخته است[۱۵]. وی در این پژوهش با افزودن موقعیت به تجهیزات شبکه در یک مدل داده که حاوی ویژگی‌های سخت‌افزاری اجزای شبکه برق می‌باشد، به تحلیل موقعیت بهینه مبدل‌های برق در شبکه توزیع برق پرداخته است. همچنین در بخش تعیین موقعیت نیز، برای افزایش دقت مکانی، از تلفیق

GPS و تصاویر ماهواره‌ای بهره برده است. اکثر تحلیل‌های او مربوط به محاسبات بهینه شبکه و جریان می‌باشد. الخاندور و همکاران در ۲۰۱۵ به بازسازی مدل جریان شبکه فشار ضعیف از روی داده GIS پرداخته‌اند[۱۶]. آن‌ها در این پژوهش به معرفی یک سازوکار برای ساخت توپولوژی استاندارد جهت تجزیه و تحلیل جریان در نرم-افزارهای متداول برق پرداخته‌اند. پیلارینوس و پلاس در سال ۲۰۱۷ به تلفیق سامانه‌های GIS و GPS و استفاده از آن‌ها در بحث اجرا و نگهداری خطوط انتقال فشار متوسط در قالب نمایش شبکه و مسیریابی پرداخته‌اند[۱۷]. تجهیزات مورد نظر در داده‌ها به پنج مورد از جمله دکل، خط انتقال و مدار محدود می‌شدند. در بحث جمع‌آوری اطلاعات توسط کاربران به صورت داوطلبانه یا پراکنده^۲ نیز نرم‌افزارهایی توسعه یافته‌اند[۱۸].

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته توسط متخصصین رشته برق مشاهده می‌شود که مدل‌داده‌های ارائه شده بیشتر دارای جنبه‌های پیچیده منطق برق بوده و جنبه مکانی در آن‌ها در نظر گرفته نشده است و یا با به کارگیری از GIS در صنعت برق، مدل‌های بسیار ساده می‌باشند که کمتر به اهمیت ارتباط تجهیزات و حداقل جزئیات مربوط به آن‌ها پرداخته شده است. در دیگر پژوهش‌ها نیز مدل‌های ساده شده جهت حل مسئله مورد نظر قابل توجیه بوده (مانند پژوهش پیلارینوس و پلاس)، اما در زمینه بحث این مقاله که مربوط به برداشت تجهیزات به همراه اتصالات و دیگر جزئیات مدنظر است، غیر قابل استفاده‌اند. نوع دیگری از سامانه‌های توسعه یافته صرفاً برای ارائه گزارشات موردی تک تجهیز بوده و به صورت یکپارچه، ارتباطات تجهیزات را در نظر نگرفته‌اند.

با توجه به مطالعات صورت گرفته، مدل‌داده‌ای که نیاز ما را برای برداشت اطلاعات شبکه فشار متوسط بر طرف نماید، یافت نگردید و از آنجا که در مرحله برداشت جمع‌آوری اطلاعات، هدف ثبت صحیح و ساختاریافته اطلاعات به صورتی که اشتباهات به حداقل رسیده باشد است، ما نیازمند یک مدل با میزان جزئیات بهینه می‌باشیم تا نیروی برداشت‌کننده اطلاعات، با صرف کم‌ترین زمان به برداشت اطلاعات ادامه داده و درگیر ثبت اطلاعاتی که بعداً قابل تشخیص از اطلاعات کنونی می‌-

^۲ sporadic

^۱ Geographic Information System

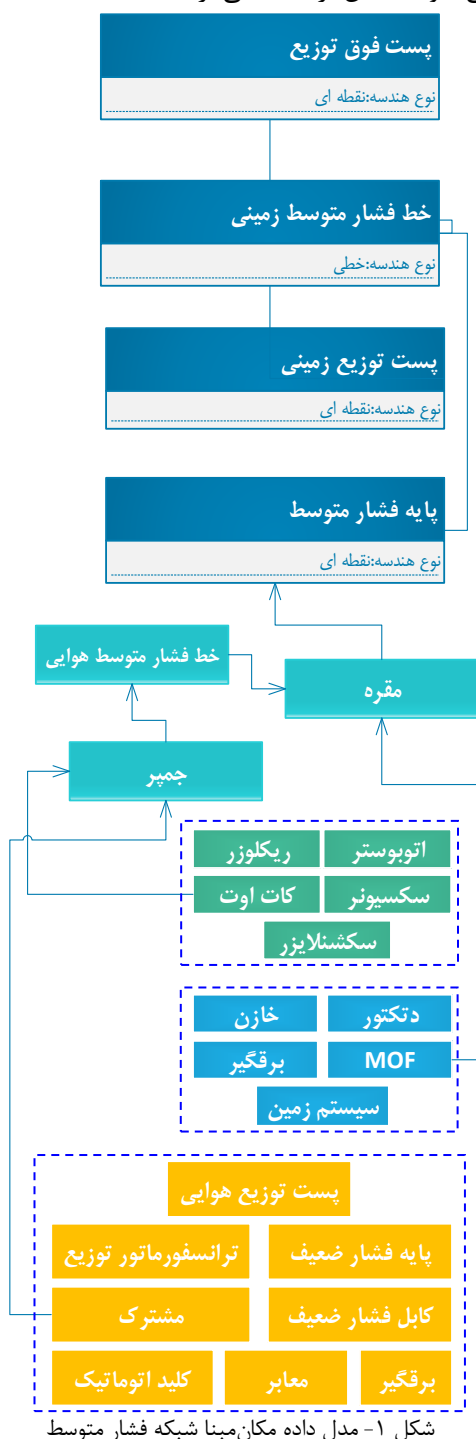
باشد، نشود. از همین رو در مرحله بعد به معرفی مدل داده خود می پردازیم.

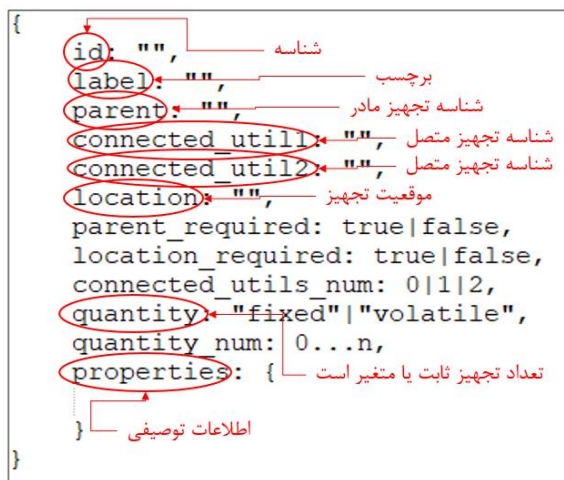
۳- مدل داده مکان مبنا

برای ساده سازی فرآیند برداشت اطلاعات نیازمند تعریف یک مدل داده با حداقل جزئیات می باشیم به ترتیبی که در نهایت همه اطلاعات مورد نیاز از آن قابل استخراج باشد. از آن جا که تمرکز پژوهش در بخش فشار متوسط شبکه های توزیع می باشد، تجهیزات مدل مفهومی نیز بر همین اساس مختص همین شاخه می باشند. عملیات برداشت اطلاعات در اکثر شهرهای بزرگ به اتمام رسیده و عمدتاً در شهرهای کوچک در حال انجام است. در شهرهای بزرگ به علت مشکل رعایت حریم مجاز، از سیستم زمینی استفاده می گردد، بلعکس در شهرهای کوچک به علت عدم وجود این مشکل، خطوط هوایی نصب می گردند. از آن جا که منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، شهرستان سبزوار می باشد، شبکه فشار متوسط به صورت هوایی نصب گردیده است و بیشترین تجهیزات مورد برداشت مربوط به پایه های فشار متوسط هوایی و تجهیزات مربوط به آن می باشند. قبل از معرفی مدل داده به تعریف چند مفهوم بنیادی در شبکه فشار متوسط می پردازیم [۱۹].

- پست فوق توزیع: توسط پست فوق توزیع برق فشار قوی ورودی توسط ترانسفورماتورها تبدیل به برق فشار متوسط شده و در حقیقت نقطه آغازین شبکه فشار متوسط می باشد.
- فیدر: هر شاخه خارج شده از پست فوق توزیع که شبکه فشار متوسط از آن منشعب خواهد شد، فیدر نامیده می شود.
- پایه فشار متوسط: پایه ای است که تجهیزات مختلف مربوط به شبکه توزیع فشار متوسط بر روی آن قرار می گیرند.
- پست توزیع زمینی: جهت تبدیل برق فشار متوسط به فشار ضعیف و توسط مشترکین صنعتی و یا عمومی از آن استفاده می شود.
- خط فشار متوسط زمینی: خط انتقال دهنده برق فشار متوسط که در زیر زمین نصب می گردد و توسط سرکابل ها به پست توزیع زمینی یا پایه های فشار متوسط متصل می گردد.

همان طور که در شکل (۱) نمایش داده شده است. چهار تجهیز اصلی که شبکه فشار متوسط را تشکیل می دهند، پست فوق توزیع، خط فشار متوسط زمینی، پست توزیع زمینی و پایه فشار متوسط هستند. موقعیت این چهار تجهیز دارای اهمیت بوده و دیگر تجهیزات بر روی یا داخل این تجهیزات سوار شده و موقعیت نسبی آن ها نسبت به محل این تجهیزات مهم است. در شرایطی که موقعیت تجهیز دارای اهمیت باشد، با یک فیلد محل نسبی، موقعیت آن برداشت می گردد.



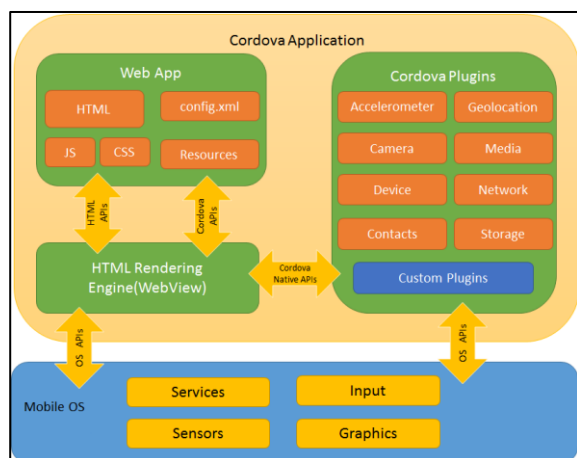


شکل ۲- ساختار فایل تنظیمات مربوط به یک تجهیز

بر اساس این قواعد می توان سامانه های برداشت اطلاعات برق را به صورت انعطاف پذیر پیاده سازی نمود به صورتی که بر اساس فایل تنظیمات ورودی که ساختار بیان شده را رعایت کرده، فرم های برداشت ایجاد می شوند. در شکل (۲) ساختار کلی یک تجهیز در فایل تنظیمات نمایش داده شده است.

۴- طراحی و توسعه سامانه برداشت

جهت توسعه سامانه موبایلی از یکی از بروزترین تکنولوژی های روز دنیا در عرصه توسعه سامانه های موبایلی که از محصولات شرکت آپاچی^۱ به نام کردوا^۲ می باشد، استفاده گردیده است. این محصول امکان برنامه نویسی آسان تر در محیط خود را به صورتی ایجاد نموده که امکان تولید سامانه مورد نظر در سیستم عامل های گوناگون متداول قابل نصب در تلفن های همراه و تبلت قابل تولید باشند.



شکل ۳- معماری تکنولوژی کردوا [۲۰]

^۱ Apache
^۲ Cordova

این مسئله به نیروی برداشت کننده کمک می کند تا تنها برای ثبت چهار نوع تجهیز بر روی نقشه اقدام نموده و بقیه اطلاعات به صورت فرم وارد شوند.

در شبکه های فشار متوسط بیش از ۹۹ درصد تجهیزات مکان مند را پایه های فشار متوسط به خود اختصاص می دهند. از این رو تمرکز اصلی بر روی پایه فشار متوسط و دیگر تجهیزات قابل نصب که بر روی آن قرار می گیرد، است.

در یک پایه فشار متوسط سه تجهیز اصلی که لازمه دیگر تجهیزات هستند، مقره، خط هوایی و جمپر می باشند. سایر تجهیزات در هنگام ثبت در سیستم یا بر روی جمپر قرار گرفته و به خط هوایی متصل می گردند و یا مستقیماً به یک مقره متصل می شوند. برای تجهیزاتی که نیازمند جمپر بوده در فرم مربوطه، یک جمپر ثبت می گردد.

برای تجهیزاتی که مستقیماً به مقره متصل می شوند، کد مربوط به مقره یا خط هوایی مربوطه ثبت می گردد. با بررسی تجهیزات و نحوه ارتباط آن ها با یکدیگر می توان قواعدی مشخص را استخراج نمود که همه تجهیزات از آن پیروی می کنند. این قواعد عبارتند از:

- هر تجهیز خود یا دارای موقعیت مکانی نیاز به ثبت بوده یا بر روی تجهیز مادر دیگر که دارای موقعیت مکانی می باشد، قرار دارد.
- هر تجهیز شامل یک سری اقلام اطلاعات توصیفی می باشد.
- ممکن است یک تجهیز با چند تجهیز مادر واسطه به تجهیز دارای موقعیت مکانی مرتبط گردند. برای مثال ترانس بر روی پست توزیع هوایی و پست هوایی بر روی پایه فشار متوسط قرار می گیرد.
- هر تجهیز ممکن است به یک یا دو تجهیز دیگر اتصال داشته باشد. در غیر این صورت یا خود دارای موقعیت مکانی می باشد یا دارای تجهیز مادری است که خود دارای موقعیت مکانی است.

بر اساس این ضوابط می توان با توجه به وارد شدن تجهیز جدید، مدل داده شبکه فشار متوسط را گسترش داد. در شهرهایی هم که دارای شبکه فشار متوسط زمینی می باشند، صرفاً نام تجهیزات تغییر کرده اما اصول معرفی شده هنوز پا برجاست.

(ب)

شکل ۴- تصاویر سامانه برداشت اطلاعات (الف) نقشه سامانه به همراه پایه‌ها و خطوط هوایی (ب) فرم اطلاعات عمومی پایه

۵- طراحی و توسعه سامانه کنترل، نظارت و پردازش اطلاعات

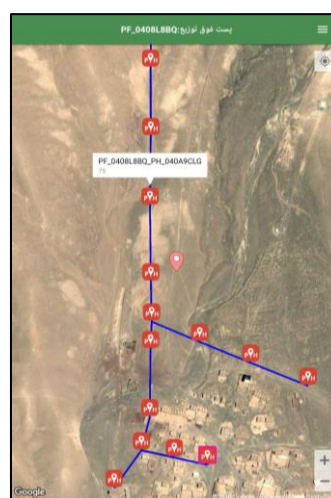
در سامانه اطلاعات برداشت، زیرساخت لازم جهت برداشت اصولی و منطقی اطلاعات تهیه گردیده است. در این سامانه هدف، نظارت بر صحت اطلاعات و انجام پردازش‌های لازم جهت آماده‌سازی برای ورود به سامانه اطلاعات مکانی که به منظور نگهداری و مدیریت شبکه برق فشار متوسط تهیه گردیده است، می‌باشد.

از آنجا که انجام این پردازش‌ها نیازمند حضور در مجاورت تجهیزات نبوده و در دفتر کاری انجام می‌پذیرد، این سامانه به صورت دسکتاپ توسعه یافته است. در توسعه این سامانه جهت افزایش سرعت برنامه‌نویسی و بهره‌گیری از قابلیت‌های نوین عرصه اطلاعات مکانی از جمله تحلیل‌های برداری، از یکی از تکنولوژی‌های تولید نرم‌افزار دسکتاپ با استفاده از کدنویسی در فضای وب استفاده گردیده است.

همان‌طور که در شکل (۳) مشخص است، کدنویسی در محیط وب می‌باشد. صفحات طراحی شده در بستر وب در یکی از المان‌های سیستم عامل موبایل، برای مثال وب-ویو^۱ در اندروید ساخته شده و نمایش داده می‌شوند. همچنین می‌توان از دیگر افزونه‌ها^۲ که با کدنویسی در بستر همان سیستم عامل جهت بالا بردن کارایی و سرعت سامانه ایجاد شده‌اند، استفاده نمود.

بر اساس توضیحات ارائه شده در قسمت مدل داده، به طراحی سامانه موبایلی برداشت اطلاعات اقدام شد.

چهار تجهیز در مدل داده مکان‌مبنا دارای موقعیت مکانی می‌باشند. برای این چهار تجهیز که عبارتند از پست فوق توزیع، پایه فشار متوسط، خط فشار متوسط زمینی و پست توزیع زمینی- قابلیت اضافه نمودن بر روی نقشه با نشان‌گرهای مختلف ایجاد شده است. از آنجا که ثبت دقیق محل پایه‌های فشار متوسط دارای اهمیت بالایی بوده و به علت پایین بودن دقت GPS موبایل و افزایش خطا در نزدیکی تجهیزات شبکه برق، از تصاویر ماهواره‌ای پیش‌زمینه استفاده گردیده است که در اکثر مواقع سایه پایه‌های فشار متوسط در تصویر قابل تشخیص می‌باشند. ملاک صحت و دقت محل پایه‌ها برای شرکت توزیع نیروی برق تصاویر ماهواره‌ای گوگل است، از همین رو در نرم‌افزار نیز از همین تصاویر به صورت آنلاین استفاده شده است. اطلاعات ثبت شده توسط کاربران در فایل‌های sqlite در داخل موبایل ذخیره می‌گردد که نوعی پایگاه‌داده جدولی قابل حمل بوده و بدون نیاز به نصب و راه‌اندازی می‌باشد.



(الف)

^۱ Web view

^۲ Plugin

این چهار بند در قالب بیش از هفتاد ضابطه درآمده و هنگام چک تجهیزات بررسی می گردند. برای مثال در صورتی که نوع مقرر به غیر از سوزنی باشد، می بایست روی پایه جمپر تعریف گردد و یا اتصالات تجهیزات حتما باید مشخص گردند. فیلدهای مهم مثل تعداد مهر و حریم ثبت گردند و ...

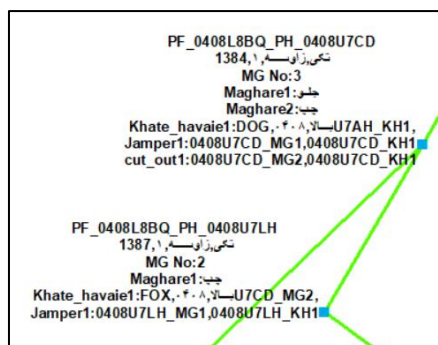
۵-۲- پردازش اطلاعات

در این بخش اطلاعات برداشت شده جهت ورود به سامانه اطلاعات مکانی شرکت توزیع برق مربوطه آماده- سازی می گردد. در سامانه موجود شرکت توزیع برق امکان ورود اطلاعات مکانی به صورت فایل وجود ندارد. از همین رو، ورود اطلاعات به دو بخش ثبت دستی اطلاعات مکانی و ورود اطلاعات توصیفی توسط اکسل صورت می پذیرد.

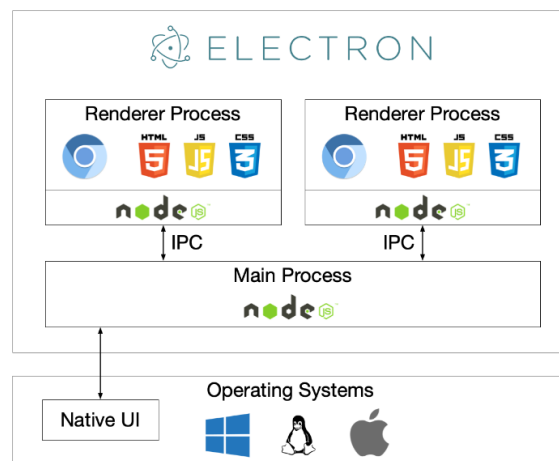
۵-۲-۱- آماده سازی اطلاعات مکانی

در مرحله اول اطلاعات هندسی پایه ها و خطوط هوایی مربوطه تولید می شود. در مرحله تولید شیپ فایل تجهیزات، جهت کمک به مسئول ثبت اطلاعات مکانی، بعضی از اقلام اطلاعاتی مورد نیاز برای کاربر که در نحوه ترسیم کمک کننده و لازم هستند، در داخل شیپ فایل به عنوان اطلاعات توصیفی افزوده شده و بر روی نقشه برچسب زده می شوند. این اطلاعات شامل موارد زیر می باشند.

- کد پایه، سال ساخت، تعداد مدار، آرایش پایه و نحوه قرارگیری پایه
 - تعداد مقرر، پایه مربوطه خطوط هوایی، خط مربوطه مقررها و جمپرها
 - تجهیزات متصل مربوط به تجهیزات نصب شده بر پایه یا پست هوایی
- در شکل (۶) یک نمونه از پایه های برچسب دار نمایش داده شده است.



شکل ۶- شیپ فایل برچسب زده شده در نقشه جهت کمک به کاربر ثبت اطلاعات



شکل ۵ - معماری تکنولوژی الکترون جی اس [۲۱]

در شکل (۵) به اجزای تشکیل دهنده این تکنولوژی اشاره شده است. نود جی اس^۱ امکان توسعه سامانه های دسکتاپ توسط زبان جاوااسکریپت را فراهم آورده و همچنین از مرورگر کرومیوم به عنوان حامل و مجری صفحات استفاده می گردد. افزونه های الکترون جی اس^۲ با استفاده از دیگر افزونه های پیاده سازی شده در محیط دسکتاپ، سامانه های قابل اجرا در محیط دسکتاپ را تولید می نمایند. در مرحله توسعه، از زبان ها و کتابخانه های بستر وب استفاده شده و با استفاده از تکنولوژی الکترون جی اس و دیگر افزونه های تولید شده، محصول نهایی در محیط کرومیوم ساخته شده و اجرا می گردد.

۵-۱- نظارت و کنترل اطلاعات برداشت

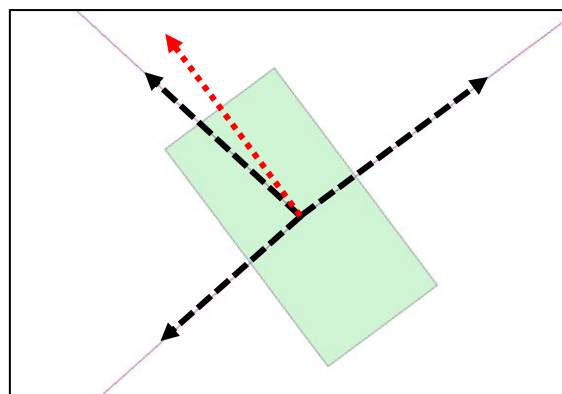
در بخش نظارت بر صحت اطلاعات برداشتی بر قواعد و منطق هایی که بین تجهیزات موجود است، تمرکز می گردد. در بخش کنترل، موارد زیر بررسی می گردند:

- تکمیل بودن اطلاعات تجهیزات
- وجود ارتباط منطقی ما بین اطلاعات ثبت شده و اطلاعات مکانی مانند آرایش پایه ها بر روی نقشه و مشخصه آرایش پایه درون فرم
- اندازه منطقی خطوط هوایی و جمپرها بر روی نقشه با در نظر گرفتن محدودیت های موجود
- کنترل صحت اطلاعات با بررسی عکس های مربوطه تجهیزات
- کنترل دقت ثبت محل پایه ها

^۱ NodeJS

^۲ ElectronJS

یکی از مسائل مهم در رابطه با پایه‌ها، جهت قرارگیری آن‌ها می‌باشد. این مسئله از آن جهت دارای اهمیت است که قدرت کشش پایه در راستای نری^۱، بیشتر از مادگی بوده، در نتیجه برآیند بردار خطوط هوایی می‌بایست همان راستای نری پایه باشد تا کشش وارد شده بر پایه در قسمت نری جبران گردد. در شکل (۷) تعیین راستای یک پایه نمایش داده شده است.



شکل ۷- بردارهای جهت خطوط هوایی به رنگ مشکی و برآیند بردارها به رنگ قرمز

برای پست هوایی نیز با توجه به محل پایه فشار ضعیف، برداری موازی یا عمود بر برآیند بردارهای خطوط هوایی تعیین می‌گردد و با فاصله قابل قبول ترسیم می‌شود. برای تجهیزات نقطه‌ای و خطی دیگر نیز بر اساس محل و جهت پایه‌های فشار متوسط و ضعیف، تعیین موقعیت آن‌ها انجام می‌گردد.

۵-۲-۲- آماده‌سازی اطلاعات توصیفی

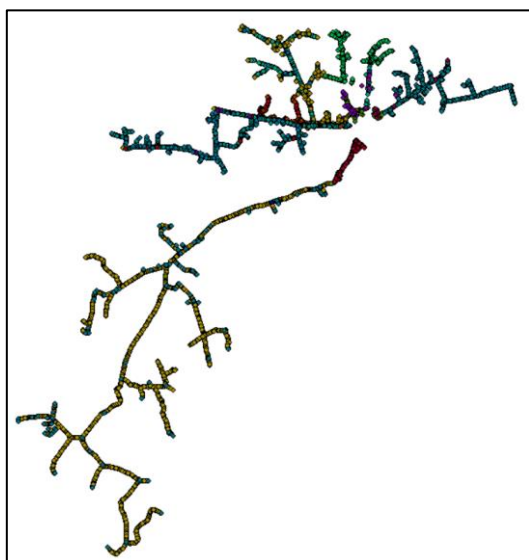
در این مرحله می‌بایست اطلاعات توصیفی تجهیزات توسط ورود فایل اکسل انجام گردد. برای انجام این منظور می‌بایست یک فیلد مشترک به عنوان فیلد Join انتخاب شود. در سیستم تنها شناسه ObjectId به عنوان فیلد Join قابل قبول می‌باشد که در سیستم هنگام ورود به هر تجهیز اختصاص می‌یابد. این مسئله سبب می‌شود که جهت الصاق اطلاعات توصیفی تنها راه، انجام تناظریابی مکانی پایه‌های خروجی گرفته شده از سیستم و پایه‌های برداشت شده باشد.

۱ مفهوم نری و مادگی در پایه‌های دارای مقطع مستطیل شکل تعریف می‌گردند. زمانی که کابل برق در راستای طول مقطع پایه باشد، در راستای نری و زمانی که در راستای عرض مقطع پایه باشد، مادگی محسوب می‌شود.

قبل از انجام هر کار می‌بایست سیستم مختصات هر دو مجموعه داده یکسان گردند. سیستم مختصات نرم‌افزار برداشت، WGS84 و سیستم مختصات سامانه اطلاعات مکانی شرکت برق، لامبرت ایران می‌باشد.

در شکل (۸) تصویر ژئودیتابیس خروجی سامانه اطلاعات مکانی و اطلاعات برداشت شده در سامانه نظارت که عملیات تناظریابی بر روی آن‌ها انجام خواهد شد، نمایش داده شده‌اند.

در گام اول به ایجاد اندکس مکانی و در گام بعد تناظریابی پایه‌ها و سایر تجهیزات می‌پردازیم.



(الف)



(ب)

شکل ۸- نمایی از اطلاعات برداشت شده شبکه برق فشار متوسط (الف) ژئودیتابیس خروجی سامانه اطلاعات مکانی شرکت توزیع برق (ب) اطلاعات برداشت شده برق در سامانه نظارت

۵-۲-۱- ایجاد اندکس مکانی

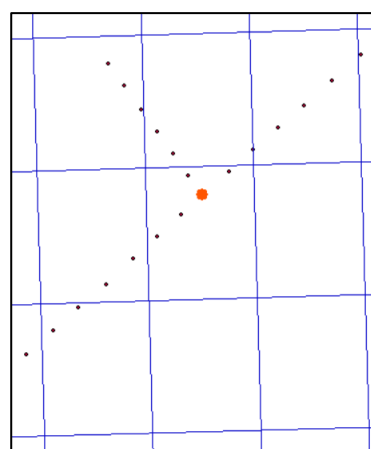
باید توجه داشت که تعداد پایه‌هایی که قصد تناظریابی مکانی آن‌ها را داریم بسیار زیاد بوده (حدوداً ۴۲۶۰۰ پایه) و بدون استفاده از اندکس مکانی قابل انجام نیست. در این پژوهش از اندکس گرید^۱ استفاده شده است. این اندکس-گذاری با برنامه‌نویسی و تعریف یک تابع مستقل پیاده-سازی می‌شود. یک گرید با خانه‌های به ابعاد ۳ متری تعریف کرده و کد پایه‌های موجود در هر خانه را در اندکس ثبت می‌کنیم. این مقدار بسته به ملاحظات که در بخش تناظریابی پایه‌ها توضیح داده خواهد شد، انتخاب شده است. خانه‌ها در اندکس دارای شماره‌گذاری منحصر بفردی هستند. نحوه شماره‌گذاری به صورت زیر می‌باشد.

{شماره خانه عمودی از مبدا} _ {شماره خانه افقی از مبدا}

شماره خانه هر تجهیز نیز از فرمول زیر مشخص می‌شود. اگر مولفه افقی یک تجهیز را x و مولفه عمودی آن را y فرض کنیم و مولفه افقی مبدا را x_0 و مولفه عمودی مبدا را y_0 در نظر بگیریم.

$$\text{floor}((x-x_0)/3)+''_''+\text{floor}((y-y_0)/3)$$

به این صورت برای یافتن پایه‌های نزدیک هر پایه شماره خانه پایه را یافته و پایه‌های موجود در خانه پایه و ۸ خانه مجاور یافت می‌شوند. از این اندکس برای دیگر تجهیزات که نیازمند عملیات تناظریابی مکانی می‌باشند نیز استفاده می‌گردد. شکل (۹) یک اندکس گرید ساخته شده با شبکه‌های به ابعاد ۱۰ درجه را نشان می‌دهد.



شکل ۹- گرید تشکیل شده برای پایه‌ها

۵-۲-۲- تناظریابی پایه‌ها و سایر تجهیزات

برای انجام تناظریابی بین پایه‌های خروجی و برداشتی می‌بایست یک حدآستانه در نظر گرفته شود. این حدآستانه با در نظر گرفتن دقت GPS موبایل و تصویر هوایی و دقت کاربر حدود ۳ متر در نظر گرفته می‌شود. این مقدار یک عدد تجربی است که از تجربه برداشت‌های پیشین در روش سنتی حاصل شده است. سپس به دسته-بندی پایه‌ها در دواير با شعاع ۳ متر اقدام می‌شود.

۱. در مرحله اول پایه‌هایی از هر دو طرف که تا شعاع ۳ متری فقط یک پایه (که از طرف مقابل هست) در اطراف آن‌ها وجود دارد، جدا می‌گردند.

۲. در مرحله دوم پایه‌های اطلاعات برداشت که تا شعاع ۳ متری آن‌ها چند پایه نظیر خروجی وجود دارد و پایه برداشت دیگری وجود ندارد و همچنین پایه‌های خروجی نظیرشان تنها یک پایه برداشت نظیر دارند، جدا می‌شوند. در این حالت با توجه به آرایش پایه نزدیک‌ترین پایه نظیر خروجی در نظر گرفته شده و انتخاب می‌گردد.

۳. در مرحله آخر پایه‌هایی که حداقل یک پایه از جنس خود و چند پایه از جنس مخالف در شعاع ۳ متری خود داشته باشند بررسی می‌گردند. ابتدا پایه‌های تکی بررسی می‌شوند. پایه‌های تکی به ترتیبی با نظیر خود انتخاب می‌شوند که انحراف معیار فواصل جفت-های متناظر حداقل باشد. سپس برای پایه‌های با آرایش دو تایی و سه تایی با رعایت حداقل شدن انحراف معیار فواصل مرکز ثقل مکان پایه‌هایشان انطباق بین آن‌ها صورت می‌پذیرد.

تقسیم‌بندی تناظریابی پایه‌ها به این نوع مرحله‌بندی از فرایندها از آن جهت صورت گرفت که بعد از ورود اطلاعات مکانی به سامانه اطلاعات مکانی شرکت توزیع برق، بعضی از پایه‌ها حذف و یا مکان آن‌ها تغییر می‌یابد. پس از تناظریابی پایه‌های فشار متوسط نوبت به تناظریابی دیگر تجهیزات می‌رسد. در شکل (۱۰) پایه فشار متوسط هوایی به همراه تجهیزات مربوط به آن نمایش داده شده است. حال به کمک این شکل به تناظریابی دیگر تجهیزات می‌پردازیم.

^۱ Grid

جدول ۱- نتایج عملیات تناظریابی تجهیزات

تجهیز ^{۱*}	تعداد کل	تعداد تناظریابی	موفقیت
^۲ AUT_SWCH	۹۳	۵۵	٪۵۹
^۳ DISCNT_S	۳۶	۲۲	٪۶۱
^۴ DISTTRNS	۵۸۰	۵۰۱	٪۸۶
^۵ FLT_INDC	۴	۱	٪۲۵
^۶ FUS_COUT	۸۱۷	۶۵۲	٪۸۰
^۷ HEAVY_CUS	۳۳۶	۲۶۶	٪۷۹
^۸ LIGHT_CUS	۶۵۱	۴۲۷	٪۶۶
^۹ LV_POLE	۵۰۶	۳۹۹	٪۷۹
^{۱۰} MVIS	۱۱۰۳۰	۱۰۸۴۷	٪۹۸
^{۱۱} MV_CPACI	۳	۲	٪۶۷
^{۱۲} MV_JMPR	۲۰۹۴	۱۶۳۴	٪۷۸
^{۱۳} MV_POLE	۹۵۰۹	۹۳۸۲	٪۹۹
^{۱۴} OV_HDMVL	۹۵۷۳	۸۶۳۰	٪۹۰
^{۱۵} PL_MDSUB	۵۸۰	۵۰۱	٪۸۶
^{۱۶} RECLOSER	۲	۱	٪۵۰
^{۱۷} SRG_ARSTR	۵۸۴	۵۰۰	٪۸۶
^{۱۸} UGRD_LV_L	۸۹۷	۶۰۶	٪۶۸

بررسی فوق مربوط به حدود ۴۵۰ کیلومتر شبکه توزیع فشار متوسط می باشد. همان طور که ملاحظه می شود در تجهیزاتی که دارای تعدد بالایی هستند، طبق جدول (۱)، میزان موفقیت در تناظریابی تجهیزات بسیار بالا بوده و برای تجهیزاتی که به تعداد اندکی موجود هستند، با یافت نشدن

۱ نام های لاتین تجهیزات بر اساس مدل مفهومی تهیه شده توسط شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران ذکر شده اند.

۲ کلید اتوماتیک

۳ سکسیونر (نوعی کلید قطع کننده)

۴ ترانسفورماتور توزیع

۵ نشانگر خطا

۶ فیوز کات اوت (نوعی کلید قطع کننده)

۷ مشترک دیماندی (سنگین)

۸ مشترک غیر دیماندی (سبک)

۹ پایه فشار ضعیف

۱۰ مقره فشار متوسط

۱۱ خازن فشار متوسط

۱۲ جمپر فشار متوسط

۱۳ پایه فشار متوسط

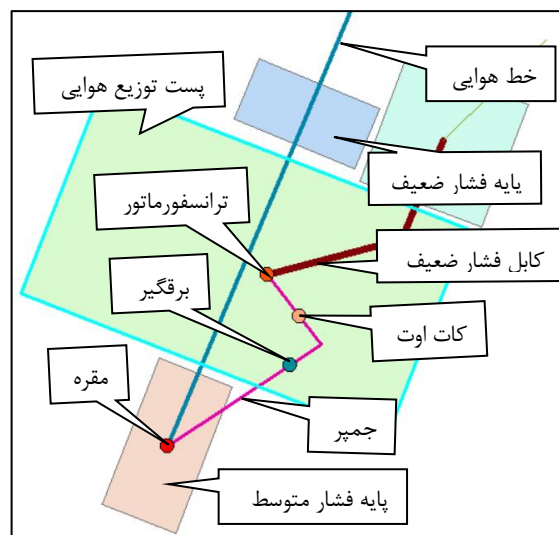
۱۴ خط هوایی فشار متوسط

۱۵ پست توزیع هوایی

۱۶ ریکلوزر (نوعی کلید قطع کننده)

۱۷ برقگیر

۱۸ کابل فشار ضعیف زمینی



شکل ۱۰- نمایی از پایه به همراه تجهیزات متداول موجود بر آن در سامانه اطلاعات مکانی شرکت توزیع برق

مقره ها روی پایه قرار دارند و به ترتیب ثبت در نرم افزار برداشت و سامانه اطلاعات مکانی با هم تناظریابی می شوند. خطوط هوایی از تجهیزاتی هستند که دو سر آن ها به مقره متصل می شود. از روی مقره های تناظریابی شده و اتصالات خطوط هوایی با مقره ها، خطوط هوایی متناظر قابل شناسایی خواهند بود. پست هوایی توزیع نهایتاً دارای فاصله یک متری از پایه فشار متوسط است. از همین رو از روی پایه های متناظر به پست های هوایی منتظر می توان دست یافت. پایه فشار ضعیف نیز همین وضع را داشته و با فاصله کمتر از نیم متری در کنار پست هوایی وجود دارد. جمپر از مهمترین تجهیزات است که اتصالات شبکه توزیع را مشخص می کند. برای این تجهیز به مانند خطوط هوایی، با شناسایی مقره ها و خطوط هوایی مرتبط می توان به جمپر متناظر دست یافت.

۶- تناظریابی تجهیزات و تولید اکسل های اطلاعات توصیفی تجهیزات

بر اساس توضیحات ارائه شده، تناظریابی تجهیزات در بیش از ۳۰ فیدر مختلف در طی حدود ۳۲۵۰ کیلومتر انجام پذیرفت. در ادامه به ارائه گزارش درصد موفقیت تناظریابی تجهیزات در یکی از فیدرها پرداخته می شود.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادها

همان طور که در بخش تناظریابی تجهیزات ذکر شد، از مجموع ۳۷۲۹۵ تجهیز، ۳۴۴۲۶ تجهیز که معادل ۹۲ درصد کل تجهیزات است، تناظریابی صورت گرفته است. با این درصد از تناظریابی، فرآیند مربوط به ثبت اطلاعات توصیفی که زمان برترین بخش کار است به صورت اتوماتیک صورت می پذیرد که نشانگر موفقیت مدل داده و تحلیل های مربوط به کنترل و قیود منطق های موجود ما بین موجودیت های تعریف شده در مدل داده است. در واقع بدون طراحی صحیح و بهینه مدل داده، امکان موفقیت در مراحل ثبت، کنترل و تناظریابی وجود نداشت. در کنار نتایج ذکر شده، امکان گزارش گیری آنی از مقدار برداشت و ثبت اطلاعات به صورت لحظه ای از دستاوردهای این روش است که عملاً در روش سنتی امکان پذیر نبوده است. در مقاطع مختلفی از کار، ناظر نیازمند بررسی حجم و تنوع تجهیزات برداشت شده بوده که به علت ساختار داشتن اطلاعات ثبت شده، تهیه گزارشات مورد نظر به سهولت و سرعت امکان پذیر بوده است. همان طور که در بخش قبل ذکر شده، عدم دستیابی به درصد تناظریابی بالاتر، ناشی از خطاهای نیروهای برداشت اطلاعات و مشکلات اجرایی در نظارت سرپرست در ابتدای فرآیند بوده است. در حقیقت مهم ترین مشکل فرآیند برداشت و ثبت اطلاعات همین موضوع است. از همین رو با توجه به اینکه بخش اعظم اطلاعات شبکه فشار متوسط کشور هنوز برداشت نگردیده است، بحث کنترل خطاهای برداشت اطلاعات از اهمیت بالایی برخوردار بوده و باید در این زمینه مطالعات بیشتری صورت گیرد. زیرا با افزودن منطق های پآوری بیشتر در کنار کنترل های مکانی و توصیفی، شناسایی خطاها، بیش از پیش هوشمندتر خواهد شد و اشتباهات نیروهای برداشت به حداقل خواهد رسید. به علاوه در بحث تناظریابی، با استفاده از قیود بیشتر و هوشمندتر می توان درصد تجهیزات تناظریابی شده را افزایش داد. همچنین گسترش مدل داده مکان مبنا جهت پوشش تجهیزات فشار ضعیف، دامنه کارایی این سازوکار را گسترش خواهد داد و می تواند از مطالعات آتی در این زمینه باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از شرکت مهندسين مشاور راهبرد نقشه اطلس ابراز می دارند.

یک تجهیز متناظر، مقدار قابل توجهی از موفقیت کاسته شده است. در حقیقت آنچه که مطلوب بوده و دارای اهمیت هست، تعداد تجهیزات تناظریابی شده است. برای مثال در ریکلوزر از دو تجهیز موجود یک تجهیز تناظریابی نشده و به همین علت میزان موفقیت ۵۰٪ گردیده است اما این درصد پایین مهم نبوده زیرا تنها یک تجهیز تناظریابی نشده است. بیشتر تمرکز بر روی تجهیزات دارای تعدد بالا است. از جمله پایه فشار متوسط و ضعیف، مقره، جمپر، خط-هوایی، پست هوایی و ترانس.

جدول ۲- کلاسه بندی فاصله پایه ها تناظریابی شده

کلاس	محدوده فاصله (متر)	تعداد
۱	۰-۰,۲۵	۲۱۱۷
۲	۰,۲۵-۰,۵	۳۲۵۷
۳	۰,۵-۰,۷۵	۲۰۶۶
۴	۰,۷۵-۱	۱۰۲۸
۵	۱-۱,۲۵	۵۴۱
۶	۱,۲۵-۱,۵	۲۲۳
۷	۱,۵-۱,۷۵	۱۱۹
۸	۱,۷۵-۲	۵۴
۹	۲-۲,۲۵	۲۶
۱۰	۲,۲۵-۲,۵	۳۴
۱۱	۲,۵-۲,۷۵	۲۷
۱۲	۲,۷۵-۳	۱۷

در جدول (۲) فاصله بین پایه های برداشتی و متناظر آنها در پایگاه داده که با دقت بالا و مطلوب جانمایی شده نمایش داده شده است. وجود اکثر پایه ها در ۴ کلاس اول، نشان از دقت مطلوب حاصل از جانمایی پایه ها توسط تلفیق GPS موبایل و تصاویر ماهواره ای پیش زمینه نقشه در اپلیکیشن موبایل است.

لازم به ذکر است که این نتایج مربوط به یکی از فیدرهای آغازین بوده و به علت وجود خطاهای بیشتر نیروهای برداشت اطلاعات و وجود مغایرت های فراوان میان اطلاعات خروجی سامانه اطلاعات مکانی شرکت توزیع برق و اطلاعات برداشت شده، درصد تناظریابی نسبت به فیدرهای بعدی پایین تر می باشد. به صورتی که در فیدرهای پایانی در برخی تجهیزات متعدد مانند پایه ها، میزان موفقیت صددرد را شاهد بوده ایم.

مراجع

- [1] Rumbaugh, James, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, and William E. Lorensen. Object-oriented modeling and design. Vol. 199, no. 1. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall. (1991).
- [2] Kersting, and William H. Distribution system modeling and analysis. CRC press. (2006).
- [3] Losi, Arturo, and Mario Russo. Object-oriented load flow for radial and weakly meshed distribution networks. IEEE Transactions on Power Systems 18, no. 4 (2003): 1265-1274.
- [4] Pakka, Vijayanarasimha H., and Richard M. Rylatt. An object-oriented framework for analysis of MV/LV distribution systems. (2013).
- [5] Pakka, Vijayanarasimha Hindupur, and Richard Mark Rylatt. Design and analysis of electrical distribution networks and balancing markets in the UK: A new framework with applications. Energies 9, no. 2 (2016): 101.
- [6] De Durana, José María González, and Oscar Barambones. Object oriented simulation of Hybrid Renewable Energy systems focused on Supervisor Control. In Emerging Technologies & Factory Automation. ETFA. IEEE Conference on, pp. 1-8. IEEE. (2009).
- [7] Selvan, M. P., and K. S. Swarup. Modeling and analysis of unbalanced distribution system using object-oriented methodology. Electric Power Systems Research 76, no. 11 (2006): 968-979.
- [8] Mohammad Hossein Jafari, Bahareh Khojastehpour, and Zeinab Zarei. Crisi Management of Electricity Distribution Networks using Geographic Information System (GIS) and Appropriate Positioning Equipment from the perspective of passive defense. Conference on application of advanced models (RS & GIS) in spatial planning. (2015) (in Persian).
- [9] Mansour Abdi, Amir Reza Rezaei, and Fatemeh Mousavian. Spatial and descriptive information extraction methods of West Regional Electricity Network and Implementation of Geographic Information System. Twenty-second International Power Conference, Tavanir Co., Niroo Research Center. (2007) (in Persian).
- [10] Mohammad Hadi Karimi, Bahareh Khojastehpour, and Mohammad Hossein Sharifjaefari. Application of Geographic Information System (GIS) in Disaster Management of Distribution Networks and Disaster Management in Dispatching Distribution. National Conference on Application of Advanced Spatial Analysis (Remote Sensing and GIS) in Land Use Planning. Islamic Azad University, Yazd Branch, Yazd, (2014) (in Persian).
- [11] Mohammad Hossein Sharif Jaefari, and Shahryar Fouladi. Mechanized Mechanism Drawing for GIS Split Power Distribution and Automatic Updating of Information in the GIS Software. Second National Conference on the Application of the Spatial Information System in the Management of the Electricity Industry, Babolsar. (2013) (in Persian).
- [12] Bahareh Khojastehpour, and Mohammad Hossein Sharifjaefari. Application of GIS data of power distribution networks in accelerating the response to customers requesting split and automatic updates in GIS software. National Conference on Application of Advanced Spatial Analysis (Remote Sensing and GIS) in Land Use Planning. Islamic Azad University, Yazd Branch, Yazd. (2014) (in Persian).
- [13] Rahman Dashti, and Seyyed Mehdi Salehizadeh. Line positioning in the two-way medium voltage distribution networks by the impedance method. Iranian Society of Electrical and Electronics Engineers. (2015) (in Persian).
- [14] Parviz Farzinpour, and Reza Mansourian. Optimal location of switches in communication networks. Thirty-first International Conference on Electricity Tehran. Tavanir Co., Niroo Research Center. (2017) (in Persian).
- [15] Parkpoom, Nattakit. "GIS-based model for implementation on Power Transformer planning within Thailand Power Network." Asia-Oceania Regional Council of CIGRE, China 16 (2013).
- [16] Navarro-Espinosa, Alejandro, L. Ochoa, Rita Shaw, and Dan Randles. Reconstruction of low voltage distribution networks: From GIS data to power flow models. In 23rd International Conference on Electricity Distribution, no. 1273. (2015).
- [17] Pylarinos, D., and I. Pellas. Incorporating open/free GIS and GPS software in power transmission line routine work: the case of Crete and Rhodes. Engineering, Technology & Applied Science Research 7, no. 1 (2017): 1316-1322.
- [18] <https://www.giscloud.com/blog/smart-city-apps-for-utilities/>
- [19] Short, Thomas Allen. Electric power distribution handbook. CRC press. (2014).
- [20] <https://cordova.apache.org/docs/en/latest/guide/overview/>
- [21] <https://insujang.github.io/2019-11-10/code-server/>