



طراحی و پیاده سازی تجمیع بانک های اطلاعاتی SCADA و GIS به منظور مدیریت هوشمند شبکه های توزیع برق

فرشته السادات سید مروستی	اسماء سخی	محمد رضا گیوه ای	یحیی شکری
شرکت موج نیرو - دانشگاه علم و صنعت ایران	شرکت موج نیرو	شرکت موج نیرو	مدیر امور دیسپاچینگ
تهران، ایران	تهران، ایران	تهران، ایران	شرکت توزیع نیروی برق استان تهران
F.Marvati@ModjeNiroo.com	Asma_Sakhi@ModjeNiroo.com	Geevehei@gmail.com	Shokridm42@yahoo.com

SCADA، DMS و EMS^۱ و ... در شبکه های توزیع است [1]. سیستم GIS مجموعه ای سازمان یافته از سخت افزار، نرم افزار، داده های مکان مرجع و نیروهای انسانی متخصص است که کار اخذ، ذخیره سازی، بازیابی، بهنگام سازی، پردازش، نمایش و تبادل اطلاعات مکان مرجع را تسهیل می بخشد. سیستم SCADA نیز با در اختیار گذاشتن اطلاعات وسیعی از شبکه های توزیع که لحظه به لحظه با توجه به وضعیت شبکه تجدید می شوند کمک بسیار بزرگی به سیستم های مدیریت انرژی و مدیریت بار می نماید.

اگر چه سیستم GIS قابلیت های زیادی برای مدیریت بهینه شبکه های توزیع دارد ولی دارای معایبی است که کاربرد آن را در برخی از حوزه ها محدود می کند. یکی از معایب این سیستم، عدم تشخیص بلادرنگ مکان وقوع خطا (حادثه) در شبکه توزیع است. با توجه به اینکه جلوگیری از وقوع برخی حوادث تقریباً غیر ممکن می باشد به همین دلیل تشخیص محل وقوع حادثه و برطرف نمودن خطای مربوطه در کمترین زمان ممکن بهترین راه حل برای کاهش زمان قطع برق می باشد. در شبکه های توزیع برق تشخیص وقوع خطا با سه روش استفاده از نصب نشانگرهای خطا در طول فیدهای فشار متوسط، در مواردی خاص با بکارگیری Fault Locatorها در سر فیدر و اطلاعات تماس های مشترکین هنگام قطع برق انجام می شود [2]. این روش ها اگر چه در بسیاری از موارد به تشخیص وقوع خطا کمک می کنند اما به دلیل پروسه طولانی پردازش داده و تصمیم گیری های انسانی مدت زمان زیادی برای تشخیص خطا سپری می شود و این باعث قطع طولانی مدت شبکه برق و افزایش انرژی توزیع نشده می شود. طراحی روش های نرم افزاری که بتواند با صرف کمترین زمان و هزینه از ویژگی های بلادرنگ

چکیده — بدلیل گسترش و پیچیدگی روزافزون شبکه های توزیع برق بکارگیری سیستم های اتوماسیون SCADA عامل کلیدی در مدیریت توسعه و بهره برداری این شبکه ها شده است. همچنین این گسترده گی باعث افزایش روزافزون استفاده مدیران و مسئولان از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در جهت تصمیم گیری های مناسب شده است. ارتباط و تعامل این دو سیستم علاوه بر اینکه باعث مدیریت هوشمند حوادث و اتفاقات به صورت بلادرنگ در شبکه های توزیع می شود به صورت قابل توجهی هزینه و زمان ایجاد ایزوله این سیستم ها را کاهش می دهد. در این مقاله برای اولین بار تجمیع بانک های اطلاعاتی سیستم های SCADA و GIS برای شبکه های توزیع به صورت بومی طراحی و پیاده سازی شده است و بر روی سیستم SCADA واقعی و نرم افزار GIS تست شده است.

واژه های کلیدی — SCADA؛ GIS؛ تجمیع بانک های اطلاعاتی؛ مدیریت هوشمند شبکه های توزیع برق؛ تشخیص بلادرنگ خطا.

۱. مقدمه

افزایش جمعیت شهرها و تقاضای روزافزون مصرف برق در بخش های خانگی، صنعتی، کشاورزی و خدماتی اهمیت بکارگیری یک تفکر سیستمی و جامع در زمینه مدیریت اطلاعات و توسعه منابع را روز به روز آشکارتر می سازد. بدیهی است که به منظور دستیابی به این مهم، صنعت برق ناگزیر به استفاده از روش های نوین علمی و فنی در مدیریت بهینه منابع و امکانات خود می باشد که از جمله این روش های نوین، بکارگیری سیستم های GIS^۱،

^۲ Supervisory Control And Data Acquisition

^۳ Distribution Management System

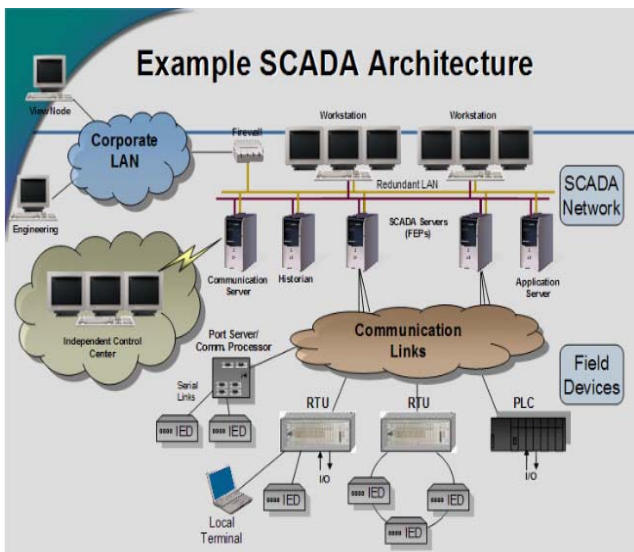
^۴ Energy Management System

^۱ Geographical Information System

در چند سال اخیر سیستم‌های GIS در بیشتر شرکت‌های توزیع برق به عنوان بانک اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفته است. گزارش‌گیری از تمامی عارضه‌های شبکه توزیع، ایجاد بستر مناسب جهت انجام محاسبات الکتریکی شبکه، طراحی خطوط، ارائه برنامه زمان‌بندی بازدید و سرویس شبکه، نمایش پارامترهای مربوط به مشترکین و ... از جمله امکاناتی است که به کمک بانک اطلاعاتی GIS در اختیار کاربران قرار می‌گیرد[۳].

۳. سیستم SCADA در شبکه‌های توزیع

سامانه‌های SCADA وظیفه جمع‌آوری داده از ایستگاه‌های مختلف در سطح وسیع جغرافیایی و ارسال آنها به ایستگاه مرکزی را در هر لحظه بر عهده دارند. علاوه بر آن سامانه‌های SCADA امکان کنترل تجهیزات موجود در ایستگاه‌ها را از راه دور و از طریق یک نرم افزار مرکزی فراهم می‌سازند. یکی از بخش‌هایی که به عنوان زیر مجموعه سیستم‌های SCADA مورد استفاده زیاد قرار می‌گیرد، سامانه‌های مدیریت هشدار و ثبت خطا می‌باشد. این سامانه‌ها قادر می‌باشند تا اطلاعات آنالوگ و دیجیتال مختلف را به عنوان ورودی دریافت نموده و در صورت بروز رخداد‌های خاص بر روی آنها، این خطا را ثبت و یا برای مرکز ارسال نمایند[4]. (شکل ۲) ساختار کلی سیستم SCADA را نشان می‌دهد.



شکل ۲- ساختار کلی SCADA.

سیستم‌های SCADA در کنار داده‌های مکان مرجع سیستم GIS برای شناسایی سریع وقوع خطا و هشدارها استفاده کند حائز اهمیت است. در این مقاله، سعی بر ارائه راهکاری عملی، کم هزینه و با توجه به امکانات موجود برای کاهش قطع برق در شبکه‌های توزیع بوده است. تجمیع بانک‌های اطلاعاتی GIS و SCADA موجود راه حلی است که در این مقاله برای این منظور ارائه شده است. بدین صورت که بانک اطلاعاتی SCADA از طریق استاندارد ارتباطی ODBC در اختیار سیستم GIS قرار گرفته و نتایج سنجش داده‌ها بصورت بلادرنگ علاوه بر نمایش در محیط نرم افزار GIS در بانک اطلاعاتی مشترک ذخیره شده و در سیستم SCADA و GIS قابل دسترسی خواهد بود.

در ابتدا نرم‌افزارهای مختلف GIS را بر اساس سطح دسترسی، نحوه اتصال بانک اطلاعاتی و قابلیت اتصال بهینه نرم‌افزار با نرم‌افزار SCADA مورد نظر بررسی می‌کنیم. نرم‌افزار SCADA استفاده شده در این مقاله، نرم افزار شرکت موج‌نیرو با نام PAYA-SCADA است. با اتصال نرم‌افزار GIS به بانک اطلاعاتی نرم‌افزار PAYA-SCADA و انجام شبیه‌سازی بر روی شبکه نمونه طراحی شده، نتایج هم به صورت گرافیکی و هم به صورت گزارش متنی در دو محیط نمایش داده شده است.

۲. سیستم GIS در شبکه‌های توزیع

GIS با فراهم نمودن امکان ذخیره‌سازی و نمایش کلیه اطلاعات مکان مرجع مورد نیاز شرکت‌های توزیع برق و همچنین امکان طراحی و پیاده‌سازی کاربردهای مورد نیاز واحدهای مختلف شرکت‌های توزیع برق، مدیران این مجموعه را قادر می‌سازد تا به صورت بهینه و سیستماتیک، مجموعه فعالیت‌ها و طرح‌های مرتبط با آن شرکت را سازماندهی کنند. شکل (۱) نمونه‌ای از محیط سیستم GIS است.



شکل ۱- نمونه‌ای از محیط سیستم GIS.

۴. انواع نرم‌افزارهای GIS

۱.۴. مقایسه و انتخاب نرم‌افزار

هدف ما در این مقاله یافتن روشی جهت ارتباط بانک اطلاعاتی SQL Server سیستم SCADA موجود با نرم‌افزار GIS بود. لذا با توجه به ویژگی‌های ذکر شده برای نرم‌افزارهای بررسی شده، نرم‌افزار QGIS را برای طراحی سیستم و یکپارچه‌سازی انتخاب کردیم. بدیهی است که هر کدام از نرم‌افزارها مزایا و معایب خود را دارند اما به دلایلی همانند متن باز بودن، محیط ساده و کاربر پسند، امکان اتصال به بانک‌های اطلاعاتی و... از نرم‌افزار QGIS استفاده شده است در ادامه این نرم‌افزار معرفی شده است.

۲.۴. نرم‌افزار QGIS^۲

این نرم‌افزار، از جمله نرم‌افزارهای بسیار جذاب و تا اندازه‌ای هم ساده جهت کار با قالب‌های داده‌ای برداری^۳ و رستری^۴ می‌باشد. دسترسی به قطعه برنامه‌های کوچک مهم و کاربردی Grass^۵ در یک محیط ساده و جذاب، از دیگر ویژگی‌های این نرم‌افزار است. جداسازی داده‌ها به صورت لایه‌ای و انجام عملیات‌های گوناگون مانند ویرایش بر روی اطلاعات و همچنین تعریف Style جهت نمایش و دسته‌بندی نمایشی از جمله مشخصات این نرم‌افزار می‌باشد.

شرح مختصری از خصوصیات این نرم‌افزار:

- ۱- پشتیبانی نمایش لایه‌ای داده‌ها.
- ۲- امکان نمایش داده‌های برداری و رستری.
- ۳- امکان اتصال و نمایش داده‌ها از دو منبع داده‌ای:
 - MapServer ها و امکان اتصال با استفاده از اساس نامه .WMS
 - PostGIS و امکان اتصال به پایگاه داده PostgreSQL و مدیریت اطلاعات GIS موجود.
- ۴- امکان ویرایش اطلاعات

^۲ Quantum GIS

^۳ Vector

^۴ Raster

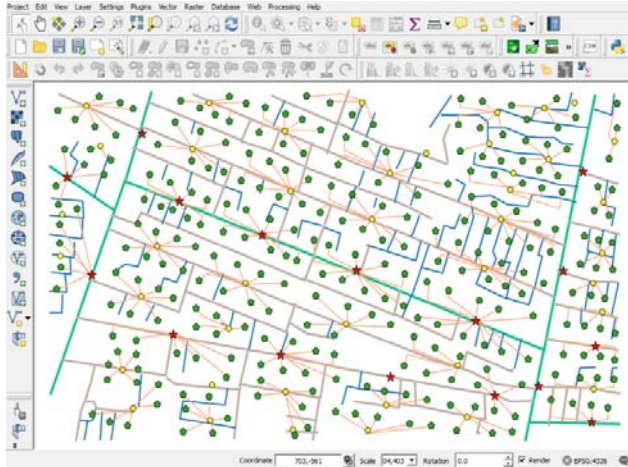
^۵ Geographic Resources Analysis Support System

به منظور تجمیع بانک‌های اطلاعاتی دو سیستم SCADA و GIS، نرم‌افزارهای مختلف GIS مورد بررسی قرار گرفته است. که از جمله مهم‌ترین و رایج‌ترین آنها ArcGIS است این نرم‌افزار برخلاف قابلیت‌های زیادی که دارد بدلیل متن باز نبودن، هزینه زیاد خرید، عدم پشتیبانی از زبان فارسی، عدم پشتیبانی از سیستم عامل‌های مختلف به جز ویندوز و همچنین حجم زیاد نمی‌تواند برای توسعه استفاده شود. در این میان نرم‌افزارهای متن باز^۱ به دلیل اینکه قابلیت برنامه نویسی و توسعه را برای کاربردهای مختلف دارند مورد توجه قرار گرفته اند. در جدول (۱) انواع نرم‌افزارهای متن باز GIS برای انجام مقایسه بهتر نمایش داده شده است.

جدول ۱- مقایسه انواع نرم‌افزارهای متن باز GIS [3].

نرم‌افزار	نوع داده قابل نمایش	قابلیت‌های سیستم	امکان اتصال و نمایش داده‌ها از منابع داده‌ای	پشتیبانی از فرمت‌ها	سیستم عامل
gvSIG	Vector, raster	اخذ داده، ذخیره‌سازی، دست‌کاری، تجزیه و تحلیل	PostGIS, MySQL, Oracle, JDBC, CSV, ...	Shp, xml, jpeg, ...	Window, Linux, Mac
QlandkarteGT	دریافت/ بارگذاری اطلاعات از GPS	نمایش سه-بعدی نقشه، امکان ویرایش اطلاعات	جستجوگرهای اینترنت همانند OpenStreetMap	GPX, kml, shp, ...	Linux
QGIS	Vector, raster and database	تفکیک داده‌ها به صورت لایه-ای، ویرایش اطلاعات، امکان تعریف Style جهت نمایش	MapServer ها و PostGIS	GPX, Shp, gml, xml, jpeg, ...	Windows, Linux, MacOS X, Unix
uDig	Vector, raster	پشتیبانی از نمایش لایه‌ای، ویرایش اطلاعات	Oracle Spatial, Web Map Server, PostGIS, MySQL, ...	Shp, xml, jpeg, ...	Windows, Linux and MacOS
GRASS	Vector, raster	اخذ داده، ذخیره‌سازی، دست‌کاری، تجزیه و تحلیل، اطلاعات	پایگاه داده‌ها و MapServer ها	Shp, xml, jpeg, Dxf, GPS, ...	GNU/Linux, MacOS X, Unix, MS-Wind

^۱ GIS Open source Software



شکل ۴- تصویر برداری تصویر شکل (۳).

1.5. اتصال به بانک اطلاعاتی SCADA

نرم‌افزارهای SCADA موجود از بانک‌های اطلاعاتی مختلفی همچون MSSQL، Oracle و PostgreSQL استفاده می‌کنند. بانک اطلاعاتی نرم‌افزار استفاده شده در این مقاله Microsoft SQL Server یا همان MSSQL است. داده‌های دریافتی از تجهیزات اندازه‌گیری در سیستم SCADA بر اساس ID و آدرس مخابراتی‌شان در جدول ویژگی نقاط ذخیره می‌شوند که با نوشتن Query مقادیر مورد نظر را از بانک اطلاعات استخراج می‌کنیم. شکل (۵) این جدول را نشان می‌دهد.

ID	Measurement_ID	MeasurementValueSource_ID	value	timeStamp	exOPCQuality	value_backup	DC_Value
992	19363	51	89...	136889438800874980	256	0	0
993	19365	51	16...	136889438785093450	264	0	0
994	19387	51	6.5...	136882300371770000	264	0	0
995	19396	51	0.1...	136795676510000000	264	0	-89.51299
996	19408	51	13...	136889438801187450	264	0	0
997	19411	51	13...	136889438800562440	264	0	0
998	19456	51	-1	136882313643600820	1472	0	0
999	19500	51	-1	136882299651358400	1472	0	0
1...	19504	51	1	0	1472	NULL	NULL

شکل ۵- جدول ویژگی نقاط بانک اطلاعاتی SCADA.

۵- امکان تعریف Style و کلاسه‌بندی نمایشی داده‌ها.

۶- ساختار Plugin Base: به عبارتی با اضافه کردن افزون‌های موجود و با توسعه افزونه‌های مورد نیاز می‌توان قابلیت‌های این نرم‌افزار را افزایش داد. از جمله افزونه‌های مفید آن GPS می‌باشد که امکان اتصال به GPSها و با بارگذاری اطلاعات با قالب GPX را

در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

۷- قابل توسعه با زبان C++ و Python.

۸- مدل کردن روند آتی.

۹- پرس و جوی‌ها ساده و پیچیده.

۱۰- آنالیزهای فضایی.

۱۱- حریم‌بندی.

۱۲- ترکیب روش‌های مختلف نمایش.

۱۳- رایگان بودن.

۱۴- حجم کم.

۱۵- پشتیبانی از زبان فارسی.

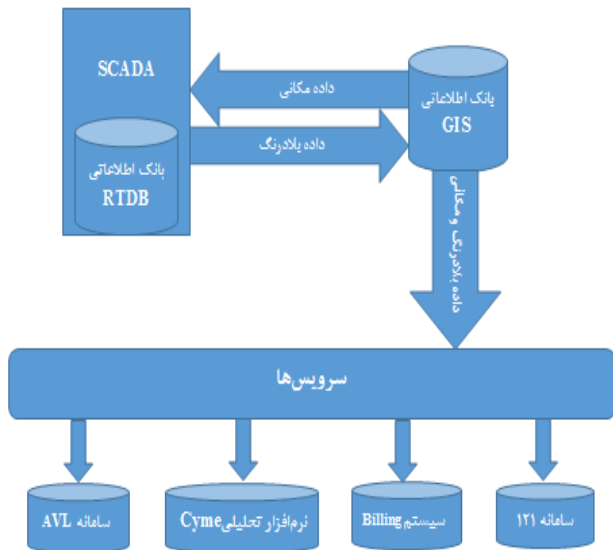
۱۶- پشتیبانی از انواع سیستم عامل [5].

۵. طراحی شبکه نمونه

برای انجام شبیه‌سازی طرح ارائه شده تصویر ماهواره ای منطقه عظیمیه کرج که در شکل (۳) نشان داده شده استفاده شده است. در محیط GIS تصویر برداری این تصویر رسم شده و برای هر نقطه یک ID در نظر گرفته شده است. همچنین داده‌های مربوط به تحلیل هر نقطه در محیط GIS وارد شده است. شکل (۴) این تصویر برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای انتخابی برای انجام شبیه‌سازی.



شکل ۷- نمودار کلی طرح پیشنهادی در شبکه‌های توزیع برق.

۶. شبیه‌سازی سیستم تجمیع شده

ابتدا شبکه توزیع منطقه مورد نظر در محیط GIS طراحی شده و تمامی المان‌های استفاده شده در شبکه به صورت مجازی آدرس‌دهی شدند و بانک اطلاعاتی مربوط به شبکه در نرم‌افزار GIS ایجاد شد. در ادامه تصویر شبکه به محیط گرافیکی نرم افزار SCADA منتقل شد و سپس با برنامه نویسی Python از طریق اینترنتی ODBC اتصال نرم‌افزار GIS به بانک اطلاعاتی SCADA برقرار شده و در جدول T_MeasurementValue در MSSQL کنار داده های SCADA قرار می‌گیرد.

المان های موردنظر در سیستم اسکادا به صورت لحظه‌ای مورد سنجش قرار می‌گیرند و تغییرات در بانک اطلاعاتی MSSQL ذخیره می‌شود. در صورت بروز حادثه در تجهیز یا خط در شبکه توزیع، المان مورد نظر در محیط GIS به صورت چشمک زن و بزرگتر از سایر المان‌ها به اپراتور نشان داده می‌شود. اپراتور سریعاً متوجه خطا رخ داده می‌شود و بدون منتظر ماندن برای تماس مشترکین (کاری که در حال حاضر انجام می‌شود) برای رفع خطا اقدام می‌کند.

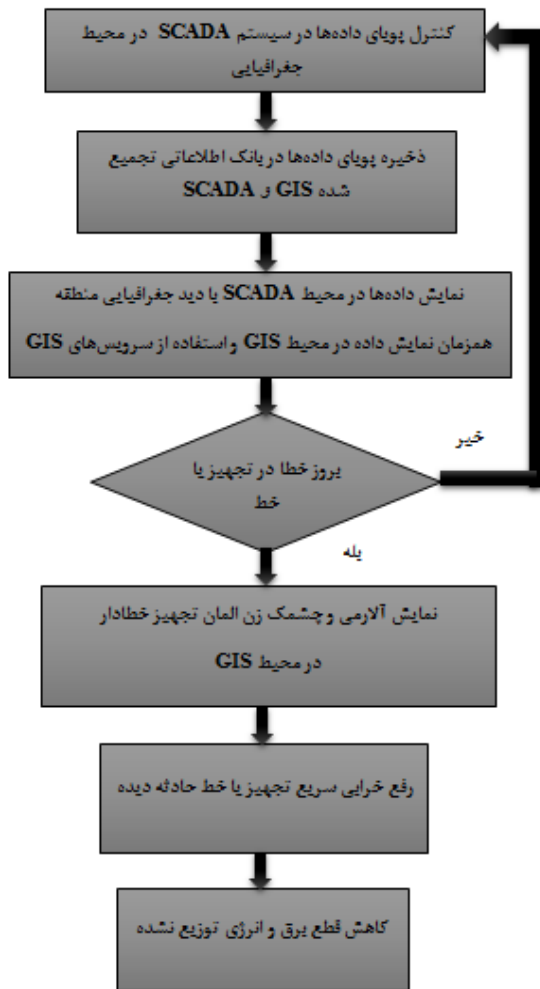
با پیاده‌سازی این طرح بسیاری از موازی کاری‌ها از قبیل ثبت اطلاعات مشابه در سیستم‌های مربوط به واحد بهره‌برداری، مشترکین و ... حذف

برای اتصال نرم‌افزار GIS به بانک اطلاعاتی SCADA از استاندارد ارتباطی OBDC استفاده شده است. در این حالت نرم‌افزار GIS با داشتن نام و رمز دسترسی کامل به بانک اطلاعاتی SCADA داشته و می‌توان در این حالت با نوشتن Queryهای مختلف به هر قسمت از بانک اطلاعاتی دسترسی یافته و داده‌های مورد نظر را استخراج کند. این ارتباط باعث می‌شود هر تغییری در دیتابیس SCADA بلافاصله در محیط GIS نیز قابل مشاهده باشد. شکل (۶) فلوچارت روند پیاده‌سازی طرح پیشنهادی برای برقراری ارتباط بین دو بانک اطلاعاتی و نتایج بکارگیری طرح در هر قسمت را نشان داده است.



شکل ۶- پیاده‌سازی طرح پیشنهادی.

سیستم طراحی شده علاوه بر دید جغرافیایی که به دیسپاچر توزیع می‌دهد، باعث هوشمندسازی قابلیت‌های سیستم GIS می‌شود. نمودار کلی طرح پیشنهادی در شبکه‌های توزیع برق شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۷- روند طرح پیشنهادی برای تشخیص مکان وقوع خطا.

۸. منابع

- [1] Xianqi LI, S. M., Xiaoliang Feng, Zhiyuan Zeng, Xuejun Xu, Yongchuan Zhang . "Distribution Feeder One-Line Diagrams Automatic Generation from Geographic Diagrams Based on GIS." IEEE Third International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), 2008.
- [2] Michael Swearingen, I. M., M. o. E. a. " Real Time Evaluation and Operation of the Smart Grid Using Game Theory", IEEE Rural Electric Power Conference (REPC), Pages, B3-1 - B3-6, 2011.
- [3] Kale, D., R. Lad E., "GIS Integration With SCADA, DMS & AMR in Electrical Utility.", India Conference Proceedings of Map, 2006.

می‌شود و با ساخت یک بانک اطلاعاتی می‌توان از امکانات تمام سیستم‌ها به منظور افزایش بهره‌وری از شبکه‌های توزیع استفاده کرد. از طرف دیگر در صورت مغایرت در هر نقطه از شبکه و تاسیسات، با توجه به پویا بودن اطلاعات سیستم SCADA، اطلاعات جدید بدون نیاز به ثبت مجدد در کوتاه‌ترین زمان در سیستم GIS جایگزین شده و تغییرات لازم انجام می‌شود.

در صورت بروز هر گونه خطا در شبکه، مرکز کنترل یا اپراتور مرکز اتفاقات هر ناحیه، می‌تواند در کوتاه‌ترین زمان از علت بروز خطا و مختصات محل مطلع و خودروهای مجهز به GPS گروه عملیاتی را در کوتاه‌ترین زمان و مناسب‌ترین راه، به محل موردنظر هدایت کند. همچنین با بکارگیری بانک اطلاعاتی پویا و طبقه‌بندی شده‌ی سیستم SCADA می‌توان سطح کیفی گزارش‌های سیستم GIS را افزایش داد [6].

فلوچارت روند طی شده طرح پیشنهادی برای تشخیص مکان وقوع خطا در شبکه‌های توزیع در شکل (۷) نمایش داده شده است.

۷. نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه امروزه در شبکه‌های توزیع برق هر یک از سیستم‌های SCADA و GIS به منظور هدف خاصی پیاده‌سازی و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. تجمیع پایگاه داده پویای سیستم SCADA با پایگاه داده مکانی سیستم GIS باعث می‌شود وضعیت هر یک از تجهیزات شبکه در هر لحظه با موقعیت مکانی آن تجهیز در محیط GIS نمایش داده شود. علاوه بر اینکه دید جغرافیایی به دیسپاچر می‌دهد، در صورت بروز خطا در طول خط یا هر یک از تجهیزات به صورت اتوماتیک آن تجهیز برای نمایش خطا چشمک بزند و دیسپاچر توزیع متوجه مکان دقیق خطا در شبکه شود. همچنین با تجمیع بانک‌های اطلاعاتی این دو سیستم می‌توان به صورت خودکار به مشترکین در محدوده خطا پیغامی به صورت اتوماتیک برای بیان علت قطعی و مدت زمان لازم برای رفع خطا فرستاد. با این روش علاوه بر کاهش تعداد تماس‌های مشترکین، تعداد اپراتورهایی که برای کنترل جاگانه هر یک از سیستم‌های SCADA و GIS لازم بوده، کاهش می‌یابد.

طراحی و پیاده‌سازی تجمیع بانک‌های اطلاعاتی SCADA و GIS به منظور مدیریت هوشمند شبکه‌های توزیع برق

سی و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق - ۱۳۹۵ تهران، ایران

- [4] پیوند سیستم‌های SCADA و GIS به منظور مدیریت بهینه‌ی شبکه‌های توزیع برق - محمد اسماعیل قاسم زاده، مینا تقوی، شعبانعلی خراشادیزاده و مصطفی کرمانی - کنفرانس شبکه‌های هوشمند ۹۲.
- [5] طراحی و پیاده‌سازی سیستم مدیریت کاهش قطع برق در شبکه‌های توزیع (NR OMS) - بابک امینی و آزاده زمانی فر - نوزدهم کنفرانس بین‌المللی برق.
- [6] نرم‌افزارهای متن باز در دنیای سیستم‌های اطلاعات مکانی - سمیه نظامی - نشریه نقشه‌برداری، شماره ۱۱۰.