

طراحی و توسعه سامانه تحت وب برای جستجو و بازیابی مکانی - معنایی اطلاعات

محمد جواد شهیدی نژاد^{۱*}، مهدی فرنقی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه

نصیرالدین طوسی

mshahidinejad@mail.kntu.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

farnaghi@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت آذر ۱۳۹۵، تاریخ تصویب فروردین ۱۳۹۶)

چکیده

جستجو و اولویت‌بندی مکان‌ها و خدمات از جمله نیازهای ضروری کاربران در محیط‌های شهری است. در دو دهه اخیر، قابلیت‌های برنامه‌های کاربردی تحت وب بهبود یافته و بخش قابل توجهی از پرسش‌های کاربران در وب با جستجوهای ساده مکانی پاسخ داده می‌شوند؛ اما در برخی موارد نیاز است که علاوه بر معیارهای مکانی ساده، روابط مکانی نیز در نظر گرفته شوند. علاوه بر این، وب فعلی به سمت اضافه کردن توانایی درک و فهم به ماشین از طریق وب معنایی پیش می‌رود. برنامه‌های کاربردی حاوی داده‌های مکانی در وب به سرعت در حال افزایش است. این داده‌ها با مشکلاتی از قبیل تنوع و گستردگی، تعامل‌ناپذیری و کامل نبودن روبه‌رو هستند؛ بنابراین برای بازیابی و به‌کارگیری اطلاعات مکانی مناسب نمی‌باشند. تعریف داده‌های مکانی با استفاده از مفاهیم وب معنایی، راه حلی برای مشکلات مذکور است. در حال حاضر استانداردهای مختلفی برای تعریف داده‌های مکانی-معنایی توسعه داده شده‌اند. ژئواسپارکل به عنوان یک زبان پرسش‌وپاسخ معنایی، استاندارد توسعه‌یافته به‌منظور پرسش-وپاسخ و بازیابی اطلاعات مکانی در وب معنایی می‌باشد. در این پژوهش یک برنامه کاربردی تحت وب به منظور اطلاع‌رسانی، جستجو و توصیه مراکز خدماتی توسعه داده شده است. در سامانه توسعه‌داده‌شده، سیستم اطلاعات مکانی و وب معنایی با یکدیگر ترکیب شده و جستجو براساس روابط هندسی ساده، روابط توپولوژی مکانی، عملگرهای مکانی، روابط معنایی و ویژگی‌های توصیفی انجام می‌شود. به علاوه، از فرض جهان باز و فناوری‌هایی همچون هستی‌شناسی و زبان پرسش‌وپاسخ مکانی - معنایی ژئواسپارکل استفاده شده است. هستی‌شناسی ژئواسپارکل برای کار با مفاهیم مکانی و هستی‌شناسی QallMe برای تعریف مفاهیم گردشگری به‌کار گرفته شده‌اند. علایق و نیازهای شهروندان نیز در این سامانه در نظر گرفته شده است. روال اجرایی سامانه شامل دو فاز ورود اطلاعات و پرسش‌وپاسخ می‌باشد. ابتدا اطلاعات مکانی و توصیفی از منابع مختلف گردآوری شده و به فرمت معنایی در هستی‌شناسی کاربردی تبدیل شده‌اند. سپس اطلاعات معنایی در پایگاه داده گرافی پارلیامنت ذخیره شده‌اند. با وجود این داده‌ها و با استفاده از رابط کاربری تحت وب توسعه داده شده، کاربر می‌تواند مراکز خدماتی موردنیاز خود را جستجو کند. سامانه طراحی شده، با دریافت درخواست کاربر، پرسشی مکانی - معنایی مبتنی بر زبان پرسش‌وپاسخ ژئواسپارکل را ایجاد و اجرا کرده و نتایج بر روی نقشه به کاربر نمایش داده می‌شوند. برای بررسی قابلیت‌های سامانه، دو سناریو اجرایی پیاده شده است. در این سامانه، مشکلات اطلاعات مکانی در وب شامل تعامل‌ناپذیری، تنوع و کامل نبودن تا حد قابل قبولی کاهش یافته است. همچنین نتایج حاصل از اجرای سناریو در نرم‌افزار مکانی، عملکرد بهتر سامانه توسعه داده شده را نسبت به سامانه‌های مرتبط پیشین نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: وب معنایی، زبان پرسش‌وپاسخ ژئواسپارکل، پایگاه داده گرافی پارلیامنت، روابط توپولوژی مکانی، خدمات عمومی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

اطلاع از مراکز خدمات عمومی و نحوه دسترسی به آن‌ها نظیر رستوران‌ها، پارک‌ها، هتل‌ها، بانک‌ها، مراکز تجاری، ادارات، مراکز درمانی، سینماها و غیره از جمله نیازهای روزانه شهروندان است. شهروندان برای جستجوی مراکز خدماتی مورد نظر خود معمولاً زمان زیادی را صرف می‌کنند. در این راستا، سامانه‌ای مورد نیاز است که اولاً اطلاعات توصیفی مربوط به مراکز خدماتی را داشته باشد؛ ثانیاً در دسترس عموم شهروندان و گردشگران باشد و در نهایت امکان جستجوی مراکز خدماتی را فراهم کند به گونه‌ای که شهروندان قادر به جستجوی مراکز مورد علاقه خود باشند و یا اینکه بر اساس نیاز افراد، مراکز خدماتی توسط سامانه جستجو و به کاربران پیشنهاد داده شود.

بخش قابل توجهی از پرسش‌وپاسخ‌ها در وب، به مکان‌های جغرافیایی و روابط مکانی اشاره دارند [۱]. موقعیت مکانی خدمات مورد علاقه افراد، نسبت به موقعیت خود شخص و موقعیت دیگر مراکز خدماتی در تصمیم‌گیری برای شهروندان و گردشگران از اهمیت بالایی برخوردار است. اغلب به دلیل علایق و اولویت‌های افراد، تصمیم‌گیری برای انتخاب مراکز خدماتی دشوار است [۲].

معمولاً پرسش‌های شهروندان به عنوان نمونه بازیابی تمام شهرها در یک پایگاه داده، با جستجوی ساده مکانی پاسخ داده می‌شود؛ اما در بعضی موارد مانند استخراج فرودگاه-های درون هر شهر، نیاز است تا روابط توپولوژی مکانی استفاده شوند. روابط توپولوژی مکانی بر روی نتایج حاصل از جستجوهای ساده فیلتر می‌گذارند و پاسخ را برمی-گردانند [۳]. از طرفی در وب نسل 0.1 و 0.2، ماشین قادر به درک و فهم محتویات وب نبوده و بر اساس تشابه واژگان کار می‌کند بنابراین نیاز است از فناوری‌های جدید با قابلیت درک معانی استفاده شود. وب معنایی، فناوری‌ها و استانداردهایی برای ایجاد توانایی فهم و درک اسناد و داده‌های وب توسط ماشین را فراهم می‌کند [۴]. با افزایش تعداد برنامه‌های کاربردی متنوع در وب که شامل المان‌های داده‌های مکانی هستند؛ نیاز به ادغام موثر فناوری‌های وب معنایی و داده‌های مکانی احساس می‌شود [۵]. استفاده ترکیبی از فناوری‌های وب معنایی و سیستم اطلاعات مکانی باعث می‌شود کاربر به صورت بهینه، کاراتر، دقیق‌تر و در مدت زمان کمتری به مکان‌های مورد

علاقه خود دست یابد [۶، ۷]؛ بنابراین بهتر است که سیستم در ارائه پیشنهاد به کاربر، علاوه بر مکان، معنا را نیز در نظر بگیرد. فرمت استاندارد برای یکپارچه‌سازی، ترکیب، نمایش و تبادل اطلاعات در وب معنایی، RDF^۱ نام دارد [۴]. برای بازیابی اطلاعات معنایی، زبان پرسش‌وپاسخ اسپارکل^۲ که بر مبنای RDF می‌باشد، توصیه شده است [۸]. از آنجا که زبان اسپارکل از پرسش‌وپاسخ‌های مکانی-معنایی پشتیبانی نمی‌کند، نسخه توسعه‌یافته‌ای از آن به نام ژئواسپارکل^۳ برای پشتیبانی از پرسش‌وپاسخ داده‌های مکانی در وب معنایی، معرفی شده است [۹].

در این پژوهش به منظور اطلاع‌رسانی و جستجوی مراکز خدماتی، سامانه‌ای تحت وب و قابل دسترس برای عموم شهروندان طراحی شده است. به‌منظور افزایش کارایی سامانه پیشنهادی، از تلفیق همزمان فناوری‌های سیستم اطلاعات مکانی و وب معنایی از جمله: روابط توپولوژی مکانی، عملگرهای مکانی، ویژگی‌های توصیفی، روابط معنایی در هستی‌شناسی^۴ و قابلیت‌های فرض جهان باز^۵ استفاده شده است. این سامانه با استفاده از ابزارهای مذکور و در نظر گرفتن علایق و نیاز شهروندان، می‌تواند نقش موثری در اطلاع‌رسانی و ارائه خدمات عمومی به شهروندان ایفا کند.

روال اجرایی تحقیق بدین صورت است که ابتدا داده‌های مورد نظر جمع‌آوری شده و هستی‌شناسی ایجاد و وارد پایگاه داده پارلیامنت^۶ می‌شود. سپس سامانه تحت وبی طراحی می‌شود که اطلاعات را از کاربر گرفته و پرسش‌وپاسخ ژئواسپارکل را ایجاد می‌کند. در ادامه پرسش به سرور پارلیامنت ارسال شده و پاسخ به سامانه بازگردانده می‌شود. سامانه نتایج را به سرور نقشه گوگل^۷ ارسال کرده و در نهایت نتایج برگشتی را روی نقشه به کاربر نمایش می‌دهد.

در ادامه در بخش ۲ مطالعات مرتبط مرور می‌شود. سپس در بخش ۳، مبانی نظری مربوط به روابط توپولوژی مکانی، وب معنایی، زبان‌های پرسش‌وپاسخ معنایی و به طور ویژه زبان ژئواسپارکل ارائه شده است. در بخش ۴، مراحل

^۱ Resource Description Framework

^۲ SPARQL Protocol and RDF Query Language

^۳ GeoSPARQL

^۴ Ontology

^۵ Open World Assumption (OWA)

^۶ Parliament

^۷ Google Maps APIs

پایاده‌سازی و ایجاد رابط کاربری و نتایج بیان می‌شوند. بخش ۵ راه کار ارائه شده در این تحقیق را با نمونه اجرا شده در یک نرم افزار GIS مقایسه می‌کند. در بخش ۶، بحث و جمع‌بندی و در نهایت در بخش آخر به نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی پرداخته شده است.

۲- پیشینه تحقیق

مطالعات مرتبط با این تحقیق را می‌توان به سه دسته کلی طبقه‌بندی نمود. دسته اول مطالعاتی هستند که از سیستم اطلاعات مکانی و روابط مکانی برای توصیه خدمات به کاربران استفاده کرده‌اند. اغلب پژوهش‌ها در این زمینه فقط به موقعیت مکانی کاربر و عوارض و فاصله بین آن‌ها توجه کرده‌اند و روابط توپولوژی مکانی را در نظر نگرفته‌اند که از جمله این مطالعات Stiller و همکاران در سال ۲۰۱۰، تحقیقی پیرامون ترکیب روابط مکانی کاربر-آیتم در سیستم‌های توصیه‌گر انجام دادند. در این مطالعه منظور از روابط مکانی، رابطه بین مکان کاربر و مکان آیتم‌هاست. این روابط با استفاده از فاصله اقلیدسی و وزن‌دهی به امتیازهای هر کاربر با توجه به فاصله از آیتم‌ها، مشخص می‌شوند [۱۰]. Vansteenwegen و همکاران در سال ۲۰۱۱ سامانه تحت وبی به نام City Trip Planner را برای برنامه سفر روزانه گردشگران طراحی کرده‌اند. این سامانه از علاقه-مندی‌های کاربر، مکان مراکز مورد علاقه^۱ به دست آمده از GPS، ساعات باز یا بسته بودن مراکز، میانگین زمان بازدید و همچنین توضیحاتی راجع به مراکز گردشگری در جهت پیشنهادی شخصی‌سازی شده به کاربر استفاده می‌کند. نظرات کاربران در مورد این سیستم با استفاده از پرسشنامه اخذ شده است [۱۱]. Abomeh در سال ۲۰۱۳ از فناوری GIS برای صنعت گردشگری استفاده کرد. در این مطالعه مقاصد گردشگری شامل: موزه‌ها، پارک‌ها، استراحتگاه‌ها، هتل‌ها، رستوران‌ها، باشگاه‌ها، کافه‌ها، سینماها، مراکز تناسب‌اندام و همچنین مقاصد خدماتی مثل پلیس، کلینیک‌ها و بیمارستان‌ها در نظر گرفته شده است. مکان و ویژگی تمامی مراکز در یک پایگاه داده مکانی در نرم‌افزار ArcGIS جمع‌آوری شده و از ابزارهای آماری مکانی استفاده نموده‌اند. آنالیزهای انجام شده در این تحقیق عبارتند از: آنالیزهای شبکه مانند تعیین مسیر بهینه، آنالیز نواحی

خدماتی، آنالیز نزدیک‌ترین خدمات، ماتریس هزینه مبدا-مقصد، جستجوی مکانی (پرسش با استفاده از مکان یا ویژگی) و آنالیز میانگین نزدیکترین همسایگی. در این تحقیق تمام عوارض به صورت نقطه‌ای در نظر گرفته شده و روابط توپولوژی مکانی نیز لحاظ نشده است [۲]. Zheng و همکاران در تحقیقی بر روی شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا^۲ یک سیستم توصیه‌گر به نام GeoLife2.0 برای پیشنهاد مکان به کاربران پایاده‌سازی کرده‌اند. در این سیستم که از داده‌های GPS استفاده می‌کند، نزدیک‌ترین کاربران از نظر رفتار و علایق به کاربر فعلی مشخص شده و پنج مکانی که ممکن است مورد علاقه کاربر باشد، به وی پیشنهاد می‌شود [۱۲]. دسته دیگری از مطالعات انجام شده، بر روی استفاده از روابط توپولوژی مکانی متمرکز گردیده‌اند. برای نمونه Hong و همکاران در سال ۲۰۱۴ بر روی چارچوب توصیه‌گری برای پیشنهاد تصاویر سنجش‌ازدور با استفاده از روابط توپولوژی مکانی تحقیق کرده‌اند و یک چارچوب به نام موتور دست‌یابی به تصاویر سنجش‌ازدور مکان‌مبنا^۳ ارائه نموده‌اند که با توجه به منطقه موردعلاقه^۴ کاربر، تصاویری مطابق با پارامترهای موردنظر توصیه می‌کند [۱۳].

دسته دوم مطالعاتی هستند که از وب معنایی و روابط معنایی برای ارائه پیشنهاد به کاربر استفاده نموده‌اند. به عنوان نمونه، Choi و همکاران سیستمی بر مبنای سرویس وب معنایی^۵ برای پیشنهاد POI^۶ ها به کاربر ارائه نموده‌اند. هستی-شناسی سفر طراحی شده دارای چهار کلاس اصلی حمل و نقل، خوراک، فعالیت و نوع محل اقامت بوده و دارای قوانینی بر مبنای منطق تشریحی^۶ است. در این سیستم، علاقه‌مندی‌ها از پروفایل کاربر استخراج شده و رابط کاربری برای پرسش‌وپاسخ طراحی شده است [۱۴]. Wang و همکاران در سال ۲۰۰۹ از روابط معنایی برای سیستم‌های توصیه‌گر محتوا مبنا در میراث فرهنگی استفاده کرده‌اند. در این مطالعه تمرکز اصلی بر روی فراداده و به‌کاربردن این اطلاعات در روابط معنایی بین آیتم‌ها بوده است [۱۵]. Wang تحقیق و همکاران در سال ۲۰۰۸ نیز از دیگر تحقیقات مشابه در این زمینه به شمار می‌آید که از سیستم‌های توصیه‌گر و وب معنایی برای پیشنهاد موزه و آثار هنری به کاربران استفاده می‌کند [۱۶].

^۲ Location-Based Social Network (LBSN)

^۳ Location-based RS-Image Finding Engine (LIFE)

^۴ Area Of Interest (AOI)

^۵ Semantic Web Service

^۶ Description Logic

^۱ Point Of Interest (POI)

دسته سوم مطالعاتی هستند که سیستم اطلاعات مکانی و وب معنایی را به طور ترکیبی برای توصیه خدمات به کاربران به کار گرفته‌اند. اغلب این مطالعات از موقعیت هندسی و فاصله به همراه روابط معنایی استفاده کرده‌اند. به عنوان نمونه Ceccaroni و همکاران در سال ۲۰۰۹ راه حلی بر مبنای الگوریتم‌های توصیه‌گر، وب معنایی، عامل‌ها، مکان، پروفایل و علایق کاربر برای پیشنهاد خدمات عمومی به شهروندان و گردشگران ارائه کرده‌اند. در این تحقیق منظور از مکان، موقعیت کاربر بوده است [۱۷]. Lee و همکاران در سال ۲۰۰۹ یک سامانه توصیه‌گری هستی‌شناسی مبنای چند عامله‌ی تحت وب برای استفاده گردشگران در شهر تاینان پیشنهاد کرده‌اند. اطلاعات توریستی در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل مکان‌های تاریخی، فروشگاه‌ها و رستوران‌های محلی است. در این تحقیق برای محاسبه فاصله بین مکان‌های گردشگری از فاصله اقلیدسی استفاده شده است [۱۸]. Codescu و همکاران در سال ۲۰۱۲ سامانه تحت وبی برای برنامه‌ریزی سفر مکانی-زمانی بر مبنای هستی-شناسی طراحی کرده‌اند. مراکز توریستی و خدمات عمومی در نظر گرفته شده بر مبنای داده‌های OSM^۱ شامل: مراکز خرید، درمانی، تفریحی، تغذیه، آموزشی، حمل و نقل عمومی، مکان‌های مذهبی و غیره است. منظور از مکان در نظر گرفته شده در این پژوهش، موقعیت مبدا و مقصد کاربر و همچنین موقعیت مراکز خدماتی است. علاوه‌براین، برای بازیابی اطلاعات بیشتر، بر روی غنی‌سازی هستی‌شناسی بر اساس برچسب‌های تعریف شده تمرکز کرده‌اند [۱۹]. Ruotsalo و همکاران در سال ۲۰۱۳ برنامه کاربردی بر مبنای وب معنایی با عنوان SMARTMUSEUM پیاده کرده‌اند. در این برنامه، مکان‌های تاریخی و هنری به همراه توصیفات، تصاویر و ویدئوهای مربوطه به کاربران پیشنهاد می‌شود. در این تحقیق، موقعیت کاربر و عوارض از GPS و RFID به دست آمده است [۲۰]. در این میان تحقیقات اندکی نیز روابط توپولوژی مکانی را به همراه روابط معنایی در نظر گرفته‌اند. Wiegand و همکاران در سال ۲۰۱۴، یک رابط کاربری با نام GeoQuery برای پرسش‌وپاسخ با استفاده از ژئواسپارکل طراحی کردند. این رابط پرسش‌وپاسخ‌های ژئواسپارکل را با استفاده از پایگاه داده گرافی پارلیامنت پردازش می‌کند. رابط کاربری طراحی شده در این تحقیق نیاز به آشنایی اولیه

داشته و کاربر باید مدل داده مورد استفاده برای ترجمه به RDF را بداند تا بتواند از رابط کاربری به درستی استفاده کند [۳]. Rivera و همکاران در سال ۲۰۱۴ روشی برای تعیین مکان‌ها و فعالیت‌هایی که کاربر در طول تعطیلات نیاز دارد، ارائه نموده‌اند. POI‌هایی که در نظر گرفته‌اند شامل: رستوران‌ها، مراکز خرید، کافه‌ها، موزه‌ها و مکان‌های تاریخی است. در این روش یک هستی‌شناسی برای توصیف نقاط در WGS84 Geographic coordinate system تعریف شده و به همراه هستی‌شناسی‌های گردشگری و POI‌ها، در یک SPARQL endpoint ذخیره شده است. همچنین از عملگرهای مکانی intersection و containment با در نظر گرفتن مسافت بین POI‌ها استفاده شده است [۲۱]. Battle و Kolas در سال ۲۰۱۲ وضعیت داده‌های مکانی در وب معنایی را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق بر قابلیت‌های مکانی زبان ژئواسپارکل تاکید شده است و جزء اولین پژوهش‌ها در این زمینه می‌باشد. آنها ضمن تعریف مفاهیم مکانی مرتبط با ژئواسپارکل، پرسش‌وپاسخ‌های مکانی - معنایی متنوعی برای نمایش قدرت مکانی زبان ژئواسپارکل ارائه نموده‌اند. POI‌های در نظر گرفته شده شامل: پارک‌ها، رستوران‌ها، موزه‌ها، آثار تاریخی و غیره است. در این تحقیق رابط کاربری ارائه نشده و ویژگی‌های توصیفی نیز تعریف نشده و به جای آن از برچسب^۲ استفاده شده است [۲۲]. مطالعات مشابهی در این زمینه کار شده مانند عرب‌شیبانی و همکاران [۲۳] و Yilmaz و همکاران [۲۴] در سال ۲۰۱۵، که هدف آنها نیز تاکید بر قابلیت‌های مکانی وب معنایی بوده است. در این مطالعات نیز مجموعه داده‌های معنایی در پایگاه داده گرافی پارلیامنت ذخیره شده و چند نمونه کوئری مکانی معنایی با ساختار ژئواسپارکل بررسی شده است.

۳- مبانی نظری

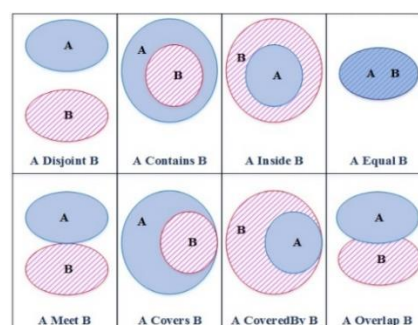
در این بخش مفاهیم استفاده شده از سیستم‌های اطلاعات مکانی در این تحقیق شامل روابط توپولوژی مکانی تشریح شده است. در ادامه به معرفی مفاهیم و فناوری‌های مربوط به وب معنایی پرداخته شده است. پس از آن زبان پرسش‌وپاسخ مکانی-معنایی ژئواسپارکل تشریح شده است.

^۱ OpenStreetMap

^۲ Label

۳-۱- روابط توپولوژی مکانی

یکی از مفاهیم اساسی برای تحلیل داده‌های مکانی، درک رسمی روابط هندسی میان عوارض مکانی است [۲۵]. نظریه‌های مختلفی برای تعریف روابط توپولوژی مکانی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به Egenhofer [۲۶]، RCC [۲۷] و Simple Feature (SF) [۹] اشاره نمود. روابط توپولوژی زیرمجموعه خاصی از روابط هندسی هستند که تحت تبدیلات توپولوژیکی از قبیل حرکت انتقالی^۲ مانند جابه‌جایی در جهت محور مشخصی، rotation و scaling تغییر نمی‌کنند. شکل ۱ تفسیر هندسی روابط توپولوژی مکانی بین دو عارضه سطحی را نمایش می‌دهد [۲۵]. این روابط، ارتباط بین همه عوارض موجود در فضا از قبیل نقطه ای، خطی و سطحی با هر نوع دگرذیسی^۳ ممکن را توصیف می‌کنند [۲۸]. پرسش‌ها در پایگاه‌های داده مکانی اغلب بر مبنای روابط میان عوارض مکانی است [۲۵]. بنابراین نیاز است ارتباط مکانی عوارض نسبت به یکدیگر در نظر گرفته شود تا کاربر پاسخ مورد نظر خود را دریافت نماید. در چنین مواقعی که معمولاً روابط هندسی میان عوارض پیچیده است، به جای اینکه چندین پرسش ساده مکانی انجام شده و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه و ترکیب شوند، از روابط توپولوژی مکانی استفاده می‌شود. این روابط نتایج پرسش‌های ساده مکانی را ترکیب کرده و با فیلترگذاری بر روی آنها، پاسخ بهینه را باز می‌گردانند [۳].



شکل ۱- روابط توپولوژی مکانی بین دو عارضه سطحی [۲۵]

۳-۲- وب معنایی

رشد سریع وب، نیاز به ابزارها و سازوکارهای جدیدی ایجاد کرده است به‌منظور اینکه ماشین‌ها قادر باشند

وظایفی که قبلاً به صورت دستی و توسط انسان انجام می‌شد را به طور خودکار اداره کنند [۲۹]. Berners-Lee برای اولین بار در سال ۲۰۰۱ وب معنایی را این‌گونه معرفی کرد: «وب معنایی توسعه‌ای از وب کنونی است که اطلاعات در آن از نظر معنایی به خوبی تعریف شده و افراد و کامپیوترها بهتر قادر به همکاری هستند» [۳۰]. وب معنایی بر مبنای فرض جهان باز بنا شده است. فرض جهان باز بیان می‌کند، حقیقت هر عبارت مستقل از شناخت هر شخص مبنی بر درست یا نادرست بودن آن حقیقت است. یعنی اگر شخصی نمی‌داند که یک واقعیت درست است، به این معنی نیست که آن واقعیت نادرست است. اگرچه به نظر می‌رسد این موضوع واضح است اما بسیاری از پایگاه‌های داده با فرض جهان بسته^۴ ایجاد شده‌اند. فرض جهان بسته بیان می‌کند که هر عبارتی نادرست است مگر اینکه در پایگاه داده درست شناخته شده باشد. بنابر این فرض، اگر اطلاعاتی درون پایگاه داده موجود نباشد، واقعیت مورد نظر توسط پایگاه داده نادرست شناخته می‌شود. فرض جهان باز زمانی که تضمینی برای کامل بودن اطلاعات نیست مفید واقع خواهد شد. از آنجایی که اغلب اطلاعات وب ناکامل هستند و نبود اطلاعات در مورد حقیقتی در وب یعنی اینکه یا اطلاعات مورد نظر وجود ندارد و یا درستی اطلاعات مشخص نیست؛ به همین دلیل وب معنایی از فرض جهان باز استفاده می‌کند [۳۱].

برای تحقق وب معنایی، فناوری‌ها و استانداردهایی ارائه شده است. فناوری‌هایی همچون توصیف رسمی داده با استفاده از RDF و هستی‌شناسی‌های رسمی در RDFS^۵ و OWL^۶ امکان اجرای جستجوی پیشرفته و طبقه‌بندی عوارض در GIS را فراهم می‌کنند [۳۲]. RDF یک مدل داده ساخته شده بر مبنای گراف یال-گره^۷ برای توصیف داده‌ها در وب می‌باشد. هر یال در این گراف یک عبارت سه‌گانه^۸ شامل فاعل^۹ (گره شروع، نمونه، هستند، عارضه) - گزاره^{۱۰} (فعل، ویژگی، رابطه و غیره) - مفعول^{۱۱} (گره پایان، مقدار) می‌باشد [۹]. RDF استاندارد کنونی W3C^{۱۲} در سطح داده، RDFS و

^۴ Closed World Assumption

^۵ Resource Description Framework Schema

^۶ Web Ontology Language

^۷ Edge-Node

^۸ Triple

^۹ Subject

^{۱۰} Predicate

^{۱۱} Object

^{۱۲} World Wide Web Consortium

^۱ Region Connection Calculus

^۲ Translation

^۳ Deformation

OWL استاندارد رایج در سطح شما^۱ و اسپارکل استاندارد رایج در سطح پرسش و پاسخ هستند [۳۳]. توسعه این فناوری‌ها ارائه ابزارهای منعطف مبتنی بر وب برای ساختاردهی، تفسیر و حاشیه‌نویسی معنایی داده‌ها را ممکن می‌سازد [۳۲]. فراداده‌های معنایی برای تعریف صریح معنای واژگان و اشیای صفحات وب و در دسترس قرار دادن این دانش برای به اشتراک گذاری، مورد استفاده قرار گرفته‌اند که درک و دستکاری اطلاعات توسط ماشین را تسهیل می‌کنند [۱]. از جمله ابزارهای دیگر برای تحقق وب معنایی استفاده از داده‌های پیوندی^۲ می‌باشد. داده‌های پیوندی به مجموعه‌ای از روش‌های استاندارد برای ارتباط و انتشار اطلاعات ساخت-یافته در وب اطلاق می‌شود به گونه‌ای که برای ماشین قابل فهم باشند. مهم‌ترین مزیت داده‌های پیوندی، امکان استفاده مجدد و پیدا کردن آسان‌تر داده‌ها است. داده‌های پیوندی به صورت خلاصه شامل استفاده از مدل داده RDF برای یکپارچه‌سازی، انتشار و دسترسی بیشتر و راحت‌تر به داده‌های ساخت‌یافته به دست آمده از منابع گوناگون در وب و استفاده از ارتباطات گراف RDF برای پیوند داده‌ها از منابع مختلف می‌باشد [۴، ۳۱].

تعداد برنامه‌های کاربردی حاوی داده‌های مکانی در وب در حال افزایش است و مواردی از قبیل تنوع و گستردگی اطلاعات مکانی، ناهمگونی، تعامل‌ناپذیری، کامل نبودن، متغیر بودن، نوع داده‌ها و فرمت‌ها و استانداردهای متنوع، تفاسیر متفاوت از ویژگی‌های توصیفی و غیره امکان ذخیره-سازی، تلفیق، به اشتراک گذاری و بازیابی اطلاعات مکانی را با مشکل مواجه کرده است. اگرچه استانداردهایی برای رفع این مشکلات ارائه شده است اما همچنان این مشکلات و به طور خاص تعامل‌ناپذیری و ناهمگونی اطلاعات مکانی به طور کامل مرتفع نشده‌اند؛ بنابراین نیاز به ادغام موثر فناوری وب معنایی با اطلاعات مکانی احساس می‌شود [۵، ۶، ۳۲، ۳۴-۳۶]. این ادغام به عنوان یک زمینه تحقیقاتی با نام معناشناسی مکانی^۳ معرفی شده است. معناشناسی مکانی چگونگی انتشار، بازیابی، استفاده مجدد، ادغام داده‌های جغرافیایی، چگونگی توصیف این داده‌ها و چگونگی توسعه ساختار استاندارد و رسمی برای داده‌های مکانی به منظور کاهش خطر ابتلا به ناسازگاری را مطالعه می‌کند [۳۴]. وب

مکانی - معنایی بر کاربرد فناوری‌های معنایی در داده‌های مکانی دلالت دارد و یک گام مهم رو به جلو در ایجاد سیستم اطلاعات مکانی ارتقا یافته به لحاظ معنایی محسوب می‌شود [۳۲]. برای امکان انجام پرسش و پاسخ و استنتاج مکانی^۴ در وب معنایی استانداردها و فناوری‌هایی مانند ژئواسپارکل توسعه داده شده است [۳۵].

۳-۳- ژئواسپارکل

زبان اسپارکل، زبان پرسش و پاسخ پایه و استاندارد وب معنایی است که مبتنی بر RDF بوده و توسط گروه DAWG^۵ استانداردسازی شده است. اسپارکل در سال ۲۰۰۸ رسماً از طرف W3C توصیه شده و به عنوان یک فناوری کلیدی در وب معنایی مطرح شده است. به منظور فراهم کردن امکان انجام پرسش و پاسخ مکانی، توسعه‌ای از زبان اسپارکل به نام ژئواسپارکل ارائه شده است که در آن توابع فیلتری برای پرسش و پاسخ‌های سیستم اطلاعات مکانی با استفاده از استانداردهای OGC^۶ (مانند GML^۷، WKT^۸) تعریف شده است [۸، ۹].

هستی‌شناسی ژئواسپارکل سه ویژگی اصلی دارد که عبارتند از: «مجموعه واژگان»^۹ RDF/OWL برای نمایش اطلاعات مکانی سازگار با مدل Simple Features. مجموعه‌ای از توابع توسعه یافته از اسپارکل برای محاسبات مکانی و مجموعه‌ای از قوانین RIF^{۱۰} برای تبدیل پرسش و پاسخ‌ها» [۹]. در واقع ژئواسپارکل با تعریف یک هستی‌شناسی که از استانداردهای OGC پیروی می‌کند مشکلات مربوط به پیاده‌سازی‌های ناسازگار و مختلف برای نمایش و پرسش و پاسخ از داده‌های مکانی را برطرف می‌نماید [۲۲]. هستی‌شناسی استاندارد ژئواسپارکل دارای چندین مولفه بوده که این مولفه‌ها در شکل ۲ نمایش داده شده و ذیلاً تشریح شده‌اند [۹]:

- مولفه هسته که کلاس‌ها و ویژگی‌هایی برای نمایش داده‌های مکانی با ساختار واژگان RDFS و OWL تعریف می‌کند. کلاس‌های اصلی SpatialObject،

^۴ Geospatial reasoning

^۵ RDF Data Access Working Group

^۶ Open Geospatial Consortium

^۷ Geography Markup Language

^۸ Well Known Text

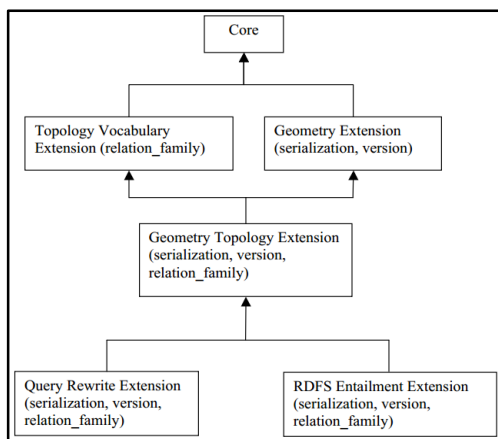
^۹ Vocabulary

^{۱۰} Rule Interchange Format

^۱ Schema

^۲ Linked Data

^۳ Geospatial Semantic



شکل ۲- مولفه‌های اصلی هستی‌شناسی ژئواسپارکل [۹]

در دهه اخیر موتورهای پرسش‌وپاسخ و استنتاج‌گری همچون PelletSpatial [۳۷] برای افزودن استنتاج‌گر مکانی به استنتاج‌گرهای RDF ارائه شده است. در رابطه با اطلاعات مکانی، دو استنتاج‌گر مکانی سنتی شامل استنتاج‌گر مکانی پیرامون کیفیت روابط مکانی و دیگری استنتاج‌گر مبتنی بر عملگرهای مکانی وجود دارد که این قابلیت در وب معنایی از طریق ژئواسپارکل و با ترکیب قابلیت استنتاج‌گرهای کیفی با محاسبات هندسی فراهم شده است [۳۵]. ژئواسپارکل مجموعه‌ای از قوانین تبدیل پرسش‌وپاسخ تعریف می‌کند که یک پرسش‌وپاسخ عارضه (ویژگی) مبنا را به پرسش‌وپاسخ مبتنی بر هندسه بسط می‌دهد. با در نظر گرفتن این قوانین، پرسش‌وپاسخ درباره روابط مکانی بین عوارض، نه تنها برای سیستم‌های کمی بلکه برای سیستم‌های کیفی نیز خصوصیات مشابهی خواهد داشت [۹].

به طور کلی ژئواسپارکل از خانواده روابط توپولوژی مکانی شامل: RCC8، Egenhofer، Simple Features و همچنین توابع و عملگرهای مکانی مانند: distance، buffer، difference، union، boundary، convexHull و غیره پشتیبانی می‌کند [۹]. جدول ۱ این ویژگی‌ها را به همراه شناسه^۴ مربوطه طبقه‌بندی کرده است. در این جدول پیشوند geo^۵ برای تعریف واژگان و روابط مکانی پایه، پیشوند geof^۶ برای تعریف توابع فیلتری و پیشوند geor^۷ برای تعریف قوانین تبدیل استفاده شده‌اند.

برای ذخیره و بازیابی اطلاعات مکانی فناوری‌هایی همچون انبار سه‌گانه پارلیامنت^۷ توسعه داده شده است

Feature در هستی‌شناسی ژئواسپارکل در این مولفه تعریف شده‌اند. مفاهیم در نظر گرفته شده برای عوارض زیرکلاس‌های این دو کلاس هستند.

- مولفه واژگان توپولوژی که ویژگی‌های RDF را برای فراهم شدن امکان پرسش‌وپاسخ‌های خانواده روابط توپولوژی (مانند RCC، SF، Egenhofer) بین عوارض مکانی ارائه می‌نماید.
- مولفه هندسه که واژگانی به‌منظور اضافه کردن قابلیت مکانی به داده‌های هندسی ارائه می‌کند. در این مولفه از نوع داده RDFS برای Serialization داده‌های هندسی و ویژگی‌های RDF برای تعریف ویژگی‌های وابسته به هندسه استفاده شده است. به عنوان نمونه ویژگی‌های hasGeometry، hasSerialization و asWKT و نوع داده wktLiteral در این مولفه تعریف شده‌اند. کلاس اصلی Geometry برای تعریف هندسه در این مولفه تعریف شده و انواع‌های مختلف نقطه‌ای، خطی و چند ضلعی هندسه‌ها به طور طبقه‌بندی شده زیرکلاس‌های این کلاس هستند. همچنین توابع پرسش‌وپاسخ مکانی غیرتوپولوژیکی مانند buffer و distance، دیگر بخش‌های این مولفه را تشکیل می‌دهند.
- مولفه توپولوژی هندسه که مجموعه‌ای از توابع فیلتری پرسش‌وپاسخ خانواده روابط توپولوژیکی را برای مقادیر هندسی با پیشوند geof^۱ تعریف می‌کند. در این مولفه امکان مقایسه هندسه دو عارضه و تشکیل ماتریس ۹-اشتراکی^۲ حاصل از ارتباط آن‌ها مطابق الگوی DE-9IM^۳ فراهم شده است.
- مولفه RDFS Entailment سازوکاری برای تلفیق سه-گانه‌های RDF ضمنی مشتق‌شده از سلسله‌مراتب کلاس Geometry در پرسش‌وپاسخ‌های ژئواسپارکل ارائه می‌نماید.
- مولفه بازنویسی پرسش‌وپاسخ‌ها مجموعه‌ای از قواعد RIF است که الگوهای سه‌گانه مربوط به پرسش-وپاسخ‌های روابط توپولوژی مکانی تعریف شده در مولفه واژگان توپولوژی را به پرسش‌وپاسخ‌های توابع توپولوژیکی تعریف شده در مولفه توپولوژی هندسه نظیر به نظیر مرتبط می‌کند.

^۴ Uniform Resource Identifier (URI)

^۵ <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>

^۶ <http://www.opengis.net/def/rule/geosparql/>

^۷ Parliament triple store

^۱ <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>

^۲ 9-intersection

^۳ Dimensionally Extended nine-Intersection Model (DE-9IM)

مکانی - معنایی را فراهم کرده و به طور کامل از پرسش - وپاسخ های ژئواسپارکل پشتیبانی می کند [۲۲, ۳۸].

[۲۳]. پارلیامنت امکان ذخیره سازی، به روزرسانی، استنتاج، اندکس گذاری مکانی، پرسش و پاسخ و بازیابی داده های

جدول ۱- شناسه قابلیت های مکانی ژئواسپارکل برای GIS [۹]

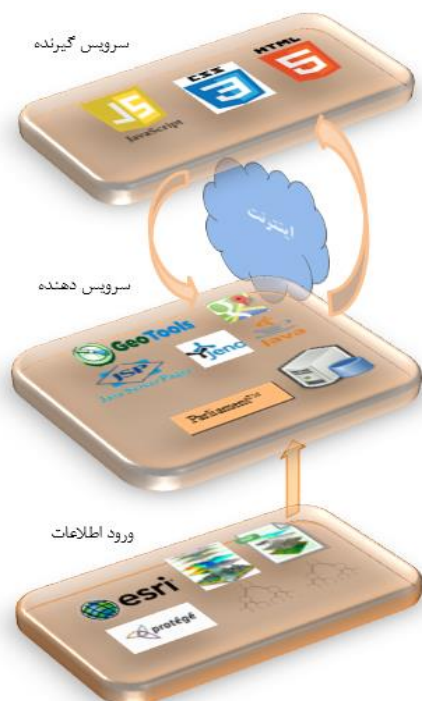
شناسه توابع غیر توپولوژیکی	شناسه روابط توپولوژیکی: (تابع، رابطه، قانون)		
	RCC8	Egenhofer	Simple Features
geof:distance	geor/geo/geof:rcc8eq	geor/geo/geof:ehEquals	geor/geo/geof:sfEquals
geof:buffer	geor/geo/geof:rcc8dc	geor/geo/geof:ehDisjoint	geor/geo/geof:sfDisjoint
geof:convexHull	geor/geo/geof:rcc8ec	geor/geo/geof:ehMeet	geor/geo/geof:sfTouches
geof:intersection	geor/geo/geof:rcc8po	geor/geo/geof:ehOverlap	geor/geo/geof:sfOverlaps
geof:union	geor/geo/geof:rcc8ntpp	geor/geo/geof:ehInside	geor/geo/geof:sfWithin
geof:difference	geor/geo/geof:rcc8ntppi	geor/geo/geof:ehContains	geor/geo/geof:sfContains
geof:symDifference	geor/geo/geof:rcc8tpp	geor/geo/geof:ehCoveredBy	geor/geo/geof:sfIntersects
geof:envelope	geor/geo/geof:rcc8tpi	geor/geo/geof:ehCovers	geor/geo/geof:sfCrosses
geof:boundary			
geof:getsrid			

پارلیامنت برای کار با اطلاعات مکانی و انجام پرسش و پاسخ های ژئواسپارکل به کار گرفته شده است. به کمک رابط کاربری نقشه گوگل، نتایج درخواست کاربران روی نقشه نمایش داده می شود. همچنین رابط کاربری سمت سرویس گیرنده^۳ به زبان برنامه نویسی جاوا اسکریپت^۴ نوشته شده است. برای پویانمایی بهتر رابط کاربری از HTML و CSS^۵ استفاده شده است.

۴- طراحی سامانه

در این تحقیق به منظور دسترسی عموم شهروندان به مراکز خدمات عمومی، سامانه ای تحت وب توسعه داده شده است. اطلاعات مربوط به انواع مراکز خدمات عمومی به همراه ویژگی های توصیفی و موقعیت جغرافیایی وارد سامانه شده است. کاربر با استفاده از سامانه قادر است انواع مراکز خدماتی را به همراه ویژگی های توصیفی جستجو کند. همچنین کاربر می تواند مراکز خدماتی را که به نوعی با یکدیگر رابطه مکانی (اعم از روابط توپولوژی مکانی، روابط هندسی، فاصله، عملگرهای مکانی) دارند، بازیابی نماید. معماری سامانه در شکل ۳ نمایش داده شده است. ابزارهای مختلفی برای پیاده سازی و توسعه سامانه پیشنهادی استفاده شده است. در مرحله تهیه داده از نرم افزار ArcGIS برای ایجاد لایه ها و افزودن ویژگی های توصیفی و از نرم افزار متن باز Protégé برای ایجاد هستی شناسی کاربردی پایه استفاده شده است.

برنامه سمت سرویس دهنده^۱ به زبان برنامه نویسی جاوا و با استفاده از JSP^۲ نوشته شده است. کتابخانه GeoTools برای خواندن اطلاعات شیپ فایل ها به کار گرفته شده است. از کتابخانه Jena برای پردازش و استنتاج اطلاعات وب معنایی مانند خواندن یا ذخیره اطلاعات هستی شناسی پایه و اضافه کردن نمونه ها به آن استفاده شده است. همچنین سرور



شکل ۳- معماری پیشنهادی سامانه

^۳ Client
^۴ Javascript
^۵ Cascading Style Sheets

^۱ Server
^۲ Java Server Pages

سینماها، کافه‌ها، رستوران‌ها (نوع رستوران)، بیمارستان‌ها (بیمه، تخصص)، بانک‌ها (نوع بانک)، پارکینگ‌های خودرو، پمپ‌های گاز و بنزین، مساجد، مراکز پلیس، مراکز خرید (نوع مرکز)، خطوط اتوبوس تندرو (شماره خط)، خطوط مترو و معابر است. به جز داده‌های خطوط مترو، معابر و اتوبوس تندرو که به صورت خطی وارد سامانه شده‌اند، برای سایر عوارض، پلیگون مربوطه وارد شده است. در مجموع ۴۰۹۱ عبارت سه گانه ایجاد شده است. برای سادگی، تعدادی از اقلام توصیفی برای هر کلاس و زیرکلاس گردآوری شده است. داده‌ها با استفاده از اطلاعات نقشه ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مطالعاتی تهیه شده‌اند. اطلاعات تکمیلی نیز از سایت‌های OSM، نقشه شهر تهران، نقشه گوگل و چند سایت عمومی استخراج شده و به لایه‌ها با فرمت شیپ‌فایل اضافه شده است.

۴-۲- طراحی هستی‌شناسی

هستی‌شناسی در این پژوهش در سطح هستی‌شناسی کاربردی^۱ است که با ترکیب دو هستی‌شناسی ژئواسپارکل با شناسه <http://www.opengis.net/ont/geosparql> به- عنوان هستی‌شناسی دامنه^۲ برای کار با عوارض مکانی و هندسه و دیگری هستی‌شناسی دامنه QallMe با شناسه <http://qallme.itc.it/ontology/qallme-tourism.owl> برای ایجاد کلاس‌ها، زیرکلاس‌ها و ویژگی‌های مربوط به صنعت گردشگری طراحی شده است. هستی‌شناسی QallMe خود از دو هستی‌شناسی سطح بالا^۳ SUMO و WordNet استفاده کرده است. منظور از کلاس‌ها در هستی‌شناسی، مفاهیم دنیای واقعی هستند. شکل ۶، بخشی از شمای هستی‌شناسی ایجاد شده را نمایش می- دهد. مفاهیم هستی‌شناسی ژئواسپارکل به رنگ سبز، مفاهیم هستی‌شناسی QallMe به رنگ آبی و نمونه‌ها به رنگ بنفش نمایش داده شده‌اند. لازم به ذکر است که فقط مفاهیم مورد نیاز از دو هستی‌شناسی مذکور حفظ شده و بقیه مفاهیم به دلیل عدم استفاده در این پژوهش و کاهش سه‌گانه‌های اضافه، حذف شده‌اند.

دو روال اجرایی در سامانه وجود دارد شامل: ورود اطلاعات و پرسش‌وپاسخ که در شکل ۴ نمایش داده شده است. در مرحله ورود اطلاعات، برنامه‌ای به زبان برنامه‌نویسی جاوا نوشته شده که توسط آن لایه‌های شیپ‌فایل و ویژگی‌های توصیفی و همچنین هستی‌شناسی پایه فراخوانی شده و نمونه‌ها از شیپ-فایل‌ها وارد هستی‌شناسی می‌شوند. در انتها هستی‌شناسی به همراه نمونه‌ها وارد پایگاه داده گرافی پارلیامنت می‌شود. در مرحله پرسش‌وپاسخ، ابتدا اطلاعات مورد نیاز کاربر از طریق رابط کاربری به سامانه ارسال می‌شود. سپس پرسش مکانی-معنایی در قالب ژئواسپارکل ایجاد شده و به سرور پایگاه داده گرافی پارلیامنت فرستاده می‌شود. پاسخ که شامل مختصات مکانی عوارض مورد نیاز کاربر است بازگردانده می‌شود. سپس پاسخ دریافت شده به فرمت استاندارد رابط کاربری نقشه گوگل تبدیل شده و درخواست نمایش عوارض به سرور آن فرستاده می‌شود. نتیجه بازگردانده شده از رابط کاربری نقشه گوگل بر روی نقشه به کاربر نمایش داده می‌شود.



شکل ۴- روال اجرایی برنامه توسعه داده شده

۴-۱- تهیه داده

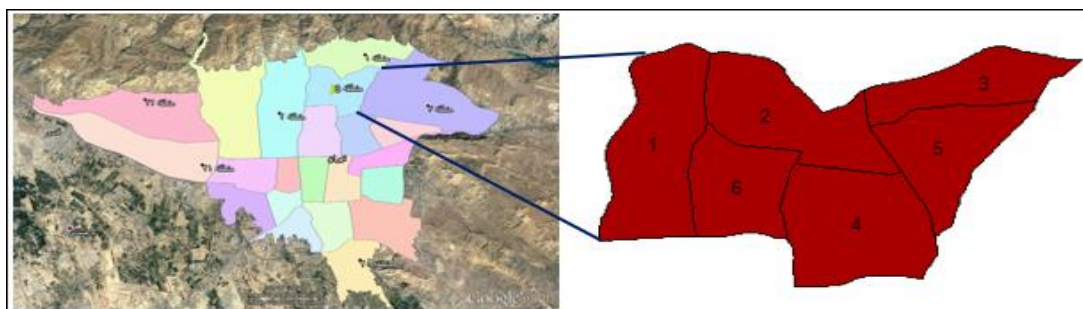
برای بررسی پرسش‌وپاسخ‌های مکانی - معنایی سامانه طراحی شده، منطقه ۳ شهرداری تهران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل ۵). داده‌های در نظر گرفته شده در این منطقه شامل: هتل‌ها (با ویژگی‌های تعداد ستاره و دارای اینترنت بی‌سیم رایگان)، پارک‌ها، نواحی منطقه سه (نام منطقه)، مدارس (پایه تحصیلی)،

^۱ Application ontology

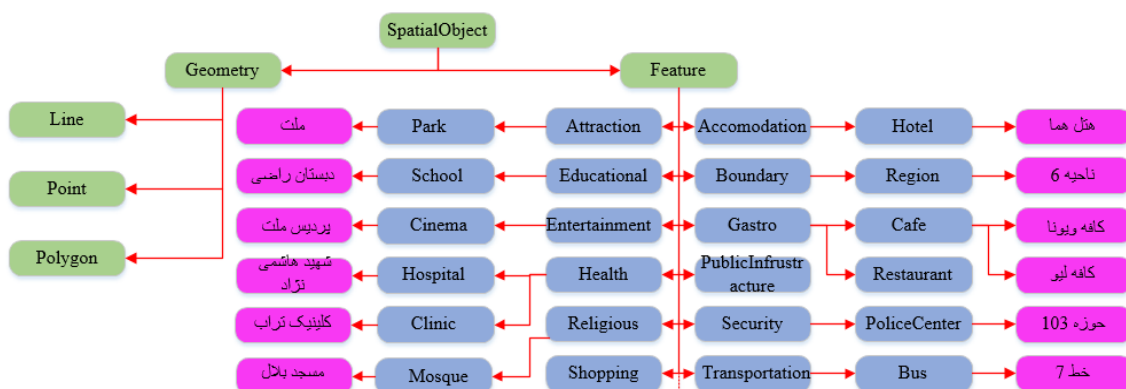
^۲ Domain ontology

^۳ Upper (top-level) ontology

^۴ Suggested Upper Merged Ontology (SUMO)



شکل ۵- منطقه مطالعاتی



شکل ۶- بخشی از هستی‌شناسی پایه در این پژوهش

۴-۲-۱- اضافه کردن نمونه‌ها به هستی‌شناسی

به هر هستنده‌ای از کلاس‌های هستی‌شناسی یک نمونه^۱ گفته می‌شود. دو نوع ویژگی در هستی‌شناسی تعریف می‌شود. ویژگی‌های تعریف شده بین دو کلاس را ویژگی شیئ^۲ و مقادیر تعریف شده برای هر نمونه را ویژگی نوع‌داده^۳ می‌نامند. نمونه‌ها توسط برنامه توسعه داده شده از شیپ‌فایل‌ها به هستی‌شناسی پایه اضافه گردید و ویژگی‌های نوع‌داده مربوط به هر نمونه مقداردهی شد. در نهایت داده‌های معنایی با فرمت RDF/XML وارد پایگاه داده گرافی پارلیامنت شده و ۸۵۰ اندکس مکانی ایجاد شده است.

۴-۳- رابط کاربری

رابط کاربری سامانه به صورت تحت وب طراحی شده که در شکل ۷ نمایش داده شده است. این رابط کاربری امکان جستجوی عوارض، انتخاب عوارض به صورت کلی یا

به همراه نام عارضه و ویژگی‌های مربوط به آن عارضه را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. همچنین به کاربر این امکان را می‌دهد که به ازای هر لایه از عملگرهای مکانی و به ازای دو لایه از عملگرهای ترکیب استفاده نماید. مطابق سامانه، کاربر باید حداقل یک عارضه که در هستی‌شناسی پایه موجود است را در قسمت مشخص شده انتخاب نماید. کاربر به ازای یک عارضه انتخاب شده می‌تواند از عملگرهای مکانی مانند buffer, convexHull, envelope, getsrid, boundary استفاده کند. همچنین کاربر می‌تواند با توجه به نیاز خود نام عارضه یا ویژگی‌های مورد نظر خود را نیز انتخاب کند. نام عوارض در هستی‌شناسی پایه به عنوان نمونه وارد شده است و ویژگی‌های مربوطه نیز ویژگی‌های داده‌ای هستی‌شناسی را تشکیل می‌دهند.

در صورتیکه درخواست کاربر مربوط به بیش از یک عارضه باشد، کاربر در قسمت‌های مشخص شده رابط کاربری باید دو عارضه را انتخاب کند. سپس یک رابطه مکانی اعم از روابط توپولوژی مکانی و یا عملگرهای مکانی ترکیب انتخاب نماید. لازم به ذکر است که سامانه پیشنهادی از تمام روابط موجود بین دو عارضه اعم از نقطه-نقطه، نقطه-خط، نقطه-پلیگون، خط-خط، خط-

^۱ Individual (instance)

^۲ Object Property

^۳ Data type property

از چند عارضه و چند رابطه مکانی باشد، کاربر می‌تواند با استفاده از دکمه "افزودن رابطه" به ترتیب درخواست‌های خود را اضافه نماید و در انتها با انتخاب دکمه "تنظیم" درخواست خود را به سامانه ارسال نماید. سامانه با دریافت اطلاعات ورودی کاربر، پرسش مکانی - معنایی را با ساختار ژئواسپارکل ایجاد می‌کند. پس از انجام فرایند پردازش پرسش، پاسخ سامانه مطابق رابط کاربری بر روی نقشه به کاربر نمایش داده خواهد شد.

پلیگون و پلیگون-پشتیبانی می‌کند. به علاوه کاربر می‌تواند عملگرهای ترکیب همچون distance, union, intersection, difference, symDifference را انتخاب نماید که به عنوان نمونه کاربرد union ترکیب نتایج دو پرسش را در قالب یک خروجی نمایش می‌دهد. همچنین کاربر قادر است هندسه عارضه مورد نظر خود را در قسمت تعیین شده وارد نماید. این ویژگی برای مثال هنگامی که کاربر می‌خواهد بدانند چه عوارضی در ناحیه مشخصی قرار دارند به کار می‌رود. در حالتیکه درخواست کاربر ترکیبی



شکل ۷- رابط کاربری سامانه

در انتها با فشردن دکمه تایید، پرسش ایجاد شده و نتیجه روی نقشه نمایش داده می‌شود. شکل ۷ نتیجه اجرای این سناریو را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که رابطه توپولوژی Within، عملگر مکانی Buffer یا Distance، توسط زبان پرسش‌وپاسخ معنایی اسپارکل پشتیبانی نمی‌شوند، به همین دلیل از زبان پرسش‌وپاسخ ژئواسپارکل که از پرسش‌وپاسخ‌های مکانی در وب معنایی پشتیبانی می‌کند، استفاده می‌شود.

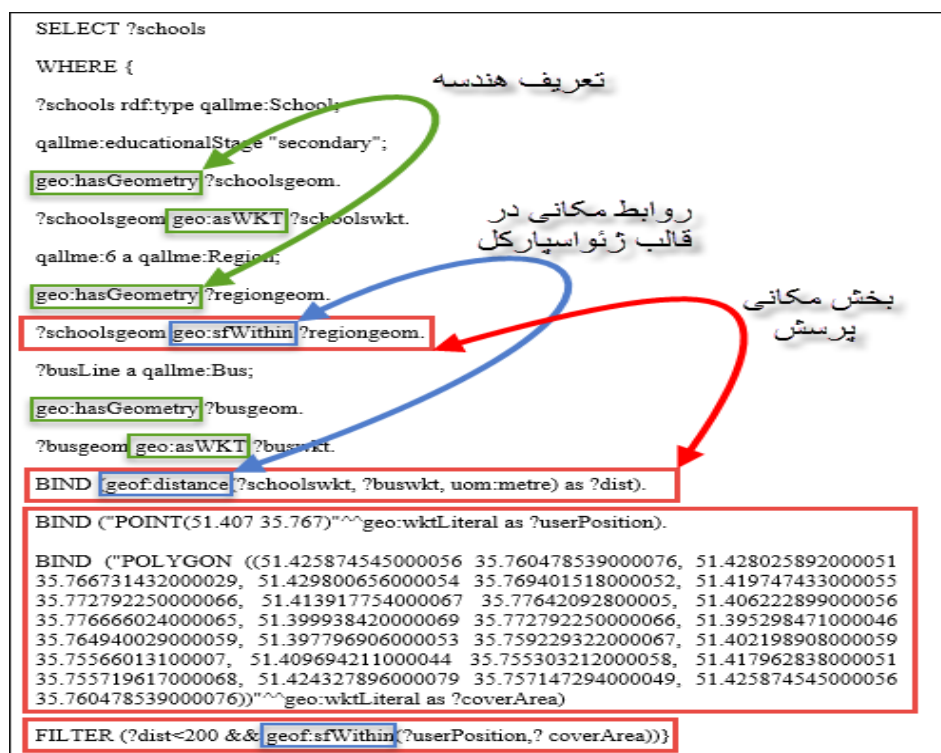
اکنون فرض کنید والدین پس از مراجعه به مدارس پیشنهاد شده توسط سامانه باید بررسی کنند که منزل آنها در محدوده تحت پوشش مدرسه قرار دارد یا خیر؟ (برای این منظور یا باید لایه محدوده‌ی تحت پوشش هر مدرسه در دسترس باشد و یا به صورت دستی مختصات هندسی وارد شود. مختصات منزل دانش‌آموز به صورت نقطه‌ای و با استفاده از GPS وارد شده است). پرسش مورد نظر برای این سناریو در شکل ۸ نمایش داده شده است.

۴-۴- سناریو اجرایی

سناریوهای مختلفی برای بررسی قابلیت و کاربرد سامانه قابل پیاده‌سازی هستند. فرض کنید پدر و مادری قصد دارند فرزند خود را در یک مدرسه راهنمایی، در ناحیه ۶، ثبت نام کنند به طوری که مدرسه مربوطه از خطوط اتوبوس تندرو کمتر از ۲۰۰ متر فاصله داشته باشد. برای این منظور مطابق سامانه، کاربر ابتدا عارضه اول را "مدرسه" انتخاب می‌کند و از بین ویژگی‌های مربوط به مدرسه، ویژگی "راهنمایی" را انتخاب می‌کند. سپس رابطه توپولوژی مکانی درون بودن "Within" را انتخاب کرده و برای بررسی مدارس درون ناحیه ۶، عارضه دوم را "ناحیه" و ویژگی شماره ناحیه را "۶" انتخاب می‌کند. در انتها دکمه افزودن رابطه را می‌فشارد. سپس عملگر مکانی را "Buffer" انتخاب کرده و مقدار آن را "۲۰۰" وارد می‌کند. البته در اینجا کاربر می‌تواند از عملگر "Distance" نیز استفاده کند.

ویژگی‌های هستی‌شناسی ژئواسپارکل بوده که با پیشوند geo نمایش داده شده‌اند. از ویژگی asWKT برای ذخیره سازی هندسه عوارض، با ساختار و فرمت استاندارد WKT استفاده شده است. در این پرسش، کلاس‌ها، زیرکلاس‌ها و ویژگی‌های مربوط به خدمات عمومی با پیشوند qallme نمایش داده شده‌اند.

بخش‌های مکانی پرسش با کادر قرمز رنگ و بخش‌های مربوط به روابط مکانی درون کادر آبی نمایش داده شده‌اند. رابطه توپولوژی مکانی "geo:sfWithin" و همچنین تابع غیر توپولوژی مکانی "geof:distance" مربوط به قابلیت‌های مکانی ژئواسپارکل هستند. به علاوه ویژگی‌های مربوط به عوارض مکانی و هندسی شامل: "hasGeometry" و "asWKT" از



شکل ۸- پرسش مکانی معنایی ایجاد شده برای سناریو

(مقادیر تهی)^۱ یا اطلاعات ناقص هستند خروجی نخواهند داشت. به عنوان نمونه برای مدارس که پایه آموزشی مربوطه ثبت نشده است یا نادرست ثبت شده باشد، این مدرسه در خروجی هیچ پرسشی با عنوان پایه آموزشی مورد نظر کاربر بازگردانده نمی‌شود حال آنکه در وب معنایی به دلیل پیروی از فرض جهان باز، این قبیل مشکلات وجود ندارد.

از طرفی در لایه مدارس، برای برخی مدارس پایه راهنمایی و دبیرستان با هم و یا جنسیت دخترانه و پسرانه هر دو ثبت شده است. اگر بخواهیم ویژگی مربوط را در جدول ویژگی‌های لایه مدارس برای مدرسه مذکور جدا نماییم یک روش این است که سطر جدیدی ایجاد شود که این مسئله خود موجب افزونگی داده می‌شود اما در

۵- مقایسه نتایج با نرم‌افزارهای مکانی

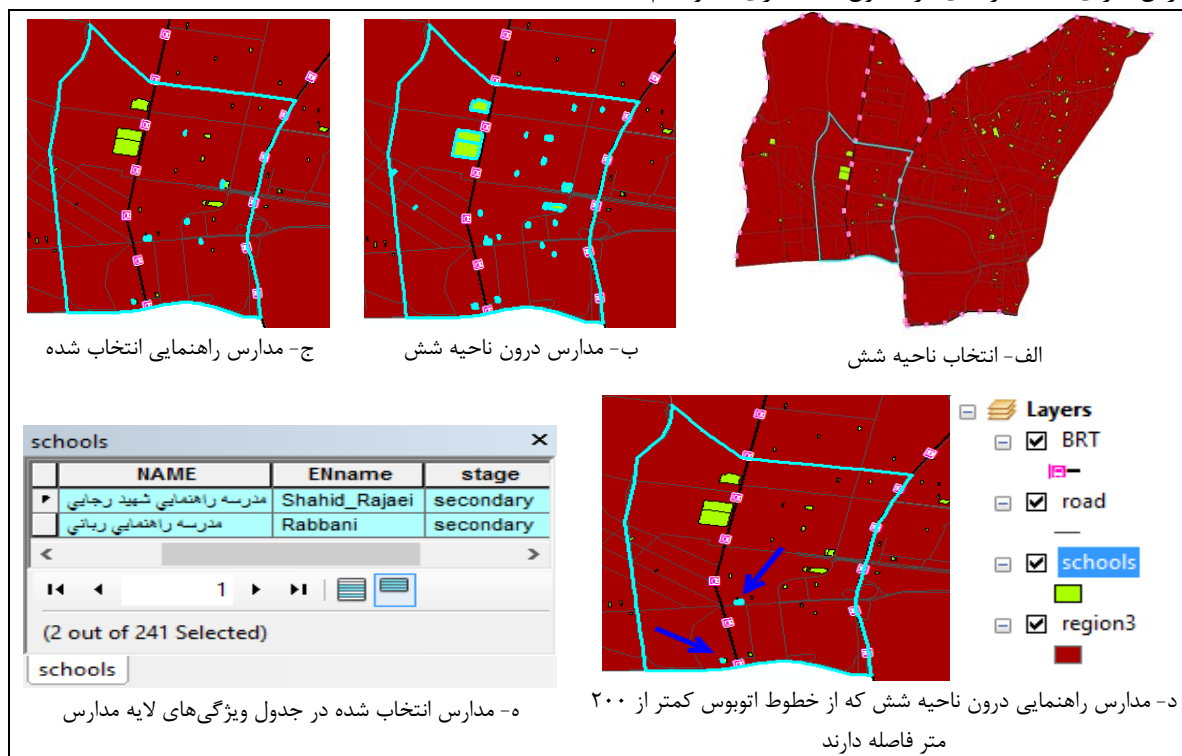
نتایج حاصل از سامانه طراحی شده با نتایج حاصل از نرم‌افزار ArcGIS مقایسه شده است. برای این منظور، سناریوی ذکر شده در بخش قبل مطابق شکل ۹ پیاده شده و مراحل آن در نرم افزار مذکور به ترتیب زیر است: انتخاب ناحیه ۶، انتخاب مدارس درون ناحیه، انتخاب مدارس راهنمایی و در نهایت انتخاب مدارس راهنمایی درون ناحیه ۶ که از خطوط اتوبوس کمتر از ۲۰۰ متر فاصله دارند.

همانطور که در شکل ۹ ملاحظه می‌نمایید، دو مدرسه با خصوصیات مذکور بازیابی شده‌اند این در حالی است که در شکل ۷، سه مدرسه استخراج شده است. علت این است که نرم‌افزارهای مکانی اکثرا بر مبنای فرض جهان بسته عمل می‌کنند و در رابطه با اطلاعاتی که در پایگاه داده وجود ندارد

^۱ Null

داشت و این امر موجب افزایش مقادیر تهی می‌شود. مقدار تهی پیچیدگی‌هایی برای پرسش‌وپاسخ در پایگاه داده ایجاد می‌کند اما چنین مشکلی در وب معنایی وجود ندارد زیرا ویژگی جدید فقط برای مدرسی که دارای آن ویژگی هستند به صورت یک عبارت سه‌گانه تعریف می‌شود.

هستی‌شناسی ویژگی‌های تعریف شده برای هر مفهوم، به همان مفهوم مرتبط است و در صورت وجود ویژگی مورد نظر یک عبارت سه‌گانه تعریف می‌شود؛ لذا، افزونگی داده ندارد. همچنین اگر قرار باشد یک ویژگی جدید به جدول ویژگی‌های لایه مدارس اضافه شود مانند هوشمند بودن مدارس، برای تعداد زیادی از سلول‌ها مقداری نخواهیم



شکل ۹- نتیجه سناریو تعریف شده در نرم افزار ArcGIS

۶- بحث و جمع‌بندی

شهروندان برای جستجوی مراکز خدماتی مورد نظر خود معمولاً زمان زیادی صرف می‌کنند. با توجه به ماهیت پویا، مجموعه استانداردها، علایق و اولویت‌های شهروندان، استفاده از فناوری‌های جدید و به‌روز برای پاسخ به نیازهای شهروندان امری ضروری است. در این راستا، ارائه سامانه‌ای تحت وب که برای عموم مردم قابل استفاده بوده و پاسخگوی درخواست‌ها و نیازهای شهروندان در زمینه جستجوی مراکز خدماتی باشد، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. از طرفی پاسخ به برخی از پرسش‌های شهروندان مانند «پیدا کردن لیست تمام فرودگاه‌های درون هر شهر» و یا «بازیابی مدرسی که از خطوط اتوبوس کمتر از ۲۰۰ متر فاصله دارند» با جستجوهای ساده مکانی امکان‌پذیر نبوده و نیاز به استفاده از روابط توپولوژی مکانی و همچنین عملگرهای مکانی احساس

به علاوه، مطابق با سامانه طراحی شده، امکان استفاده از قابلیت‌های مهم ژئوسپارکل همچون قدرت استدلال و استنتاج فراهم شده است اگر بیان شود مدرسه درون ناحیه ۶ قرار دارد و ناحیه ۶ درون منطقه ۳ واقع شده، آنگاه سامانه براساس استاندارد ژئوسپارکل توانایی استدلال اینکه مدرسه درون منطقه ۳ واقع شده است را دارد. همچنین استفاده از وب معنایی سطح بالاتری از تعامل‌پذیری را فراهم نموده است. به عنوان مثال، مطابق سیستم جدید آموزشی طبقه‌بندی مقاطع آموزشی تغییر کرده اما در بیشتر منابع این طبقه‌بندی مطابق سابق یعنی ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان ثبت شده است. از آنجاییکه در وب معنایی برای تعریف مفاهیم از هستی‌شناسی استفاده شده، مفاهیم دارای معانی صریح و روشنی بوده و تمام اطلاعات در قالب و ساختار مشخص با معانی صریح و واضح ثبت می‌شوند که امکان تمییز دو مفهوم از یکدیگر و بازیابی اطلاعات بدون ابهام فراهم شده است.

نرم افزار ArcGIS پیاده سازی شده و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته اند.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

به کمک وب معنایی بسیاری از مشکلات مربوط به اطلاعات مکانی بر روی وب از قبیل تنوع و گستردگی اطلاعات مکانی، ناهمگونی، تعامل ناپذیری، کامل نبودن، متغیر بودن، فرمت ها و استانداردهای متنوع و غیره مرتفع خواهد شد. به طور کلی با توجه به حجم انبوه اطلاعات در وب و افزایش سریع آن و همچنین پیشرفت های وب کنونی و نیاز به استفاده از فناوری های به روز، بهتر است که از مزایای وب معنایی و فناوری های وابسته به آن همچون داده های باز پیوندی، هستی شناسی، فرض جهان باز و زبان پرسش و پاسخ مکانی-معنایی همچون ژئواسپارکل در جهت بهبود کار با اطلاعات مکانی بر روی وب بهره برد. در ادامه این پژوهش، پیشنهاد می شود از روش های توصیه گری رایج در سیستم های توصیه گر در کنار روش ارائه شده در این تحقیق استفاده شود. به منظور استفاده از نظرات دیگران و همچنین اطلاعات شخصی سازی شده بیشتر، از امتیازات و نظرات کاربران در شبکه های اجتماعی نیز استفاده گردد و اطلاعات شخصی بیشتری در مورد کاربران و علایق و نیازهایشان دریافت شود. برای بررسی صحت و ارزیابی نیز می توان پرسشنامه ای در رابطه با کارایی سامانه طراحی نمود و از نظرات و امتیازدهی-کاربران استفاده نمود و یا اینکه روش های ارزیابی رایج در سیستم های توصیه گر استفاده شوند. همچنین می توان برای انتشار داده ها و دسترسی به داده های منابع دیگر، مفاهیم تعریف شده را در قالب داده های پیوندی ایجاد کرد. در انتها لازم به ذکر است که نمونه موردی در این پژوهش قابل بسط به موارد دیگر بوده و می توان برای موارد مطالعاتی دیگری نظیر شبکه حمل و نقل، خطوط انتقال برق، گاز، آب و فاضلاب و غیره نیز روش ارائه شده در این پژوهش را به کار گرفت.

می شود. از طرف دیگر، برای افزودن فهم ماشین به وب فعلی و درک اسناد وب توسط ماشین ها، از فناوری ها و استانداردهای ارائه شده برای وب معنایی استفاده است. برای پاسخ به پرسش های مکانی-معنایی، توسعه ای از زبان اسپارکل به نام ژئواسپارکل ارائه شده است که از نمایش و پرسش و پاسخ داده های مکانی در وب معنایی پشتیبانی می کند.

اغلب مطالعات پیشین در زمینه پیشنهاد خدمات به کاربر، مکان و روابط معنایی را در نظر گرفته اند ولی از روابط توپولوژی و عملگرهای مکانی همزمان با روابط معنایی و ویژگی های توصیفی استفاده نکرده اند. مطالعات اندکی هم که روابط توپولوژی مکانی را در نظر گرفته اند، اغلب ویژگی های توصیفی عوارض را لحاظ ننموده اند و یا اینکه رابط کاربری ندارند و یا اگر دارند علایق کاربران را در نظر نگرفته اند. همچنین در هیچ یک از مطالعات یاد شده از فرض جهان باز و مزایای آن صحبت نشده، به علاوه اینکه مزایای آن نسبت به نرم افزارهای مکانی به صورت عملی مقایسه نشده است. برای مرتفع سازی کمبودهای روش های پیشین بر آن شدیم تا یک سامانه تحت وب و قابل دسترس برای استفاده عموم شهروندان به منظور اطلاع رسانی و جستجوی مراکز خدمات عمومی طراحی کنیم به گونه ای که از فناوری های سیستم اطلاعات مکانی و وب معنایی استفاده کرده و روابط توپولوژی مکانی، عملگرهای مکانی، ویژگی های توصیفی، روابط معنایی و فرض جهان باز در هستی شناسی را در نظر بگیرد؛ همچنین به علایق و نیاز شهروندان توجه کرده، خدمات عمومی مورد علاقه شهروندان را بازیابی نموده و روی نقشه به کاربر نمایش دهد. اگرچه رابط کاربری طراحی شده در این پژوهش مشکلات بیان شده در مطالعات پیشین را تا حد قابل قبولی برطرف می نماید اما نیاز به آشنایی اولیه کاربران با روابط توپولوژی مکانی و عملگرهای مکانی دارد. در انتها برای بررسی درستی نتایج سامانه طراحی شده، دو سناریو اجرایی تعریف شده و توسط سامانه طراحی شده در این پژوهش و همچنین

مراجع

- [1] Sanderson, M. and Kohler, J. (2004). "Analyzing geographic queries." in SIGIR Workshop on Geographic Information Retrieval, pp. 8-10.
- [2] Abomeh, O. S. and Nuga, O. B. (2013). "Utilisation of GIS technology for tourism management in Victoria Island Lagos." European scientific journal. ESJ, 9(3).

- [3] Wiegand, N., Grove, R., Wilson, J., and Kolas, D. (2014). "Querying Geospatial Data over the Web: a GeoSPARQL Interface." in Proceedings of Workshop on Managing and Mining Enriched Geo-Spatial Data, p. 4.
- [4] Yu, L. (2011). "A Developer's Guide to the Semantic Web." Springer Berlin Heidelberg.
- [5] Kolas, D. and Self, T. (2007). "Spatially-augmented knowledgebase." in The Semantic Web, ed Springer, pp. 792-801.
- [6] Egenhofer, M. J. (2002). "Toward the semantic geospatial web." in Proceedings of the 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems, pp. 1-4.
- [7] Ricci, F. (2002). "Travel recommender systems." IEEE Intelligent Systems. vol. 17, pp. 55-57.
- [8] Antoniou, G. and Van Harmelen, F. (2004). "A Semantic Web Primer." London, England: The MIT Press.
- [9] Perry, M. and Herring, J. (2012). "OGC GeoSPARQL-A geographic query language for RDF data." OGC Implementation Standard.
- [10] Stiller, C., Roß, F., and Ament, C. (2010). "Integration of spatial user-item relations into recommender systems." International Journal for Infonomics (IJi). vol. 3, pp. 190-196.
- [11] Vansteenwegen, P., Souffriau, W., Berghe, G. V., and Van Oudheusden, D. (2011). "The city trip planner: an expert system for tourists." Expert Systems with Applications. vol. 38, pp. 6540-6546.
- [12] Zheng, Y., Chen, Y., Xie, X., and Ma, W.-Y. (2009). "GeoLife2.0: a location-based social networking service." in Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware. MDM'09. Tenth International Conference, pp. 357-358.
- [13] Hong, J.-H., Su, Z. L.-T., and Lu, E. H.-C. (2014). "A recommendation framework for remote sensing images by spatial relation analysis." Journal of Systems and Software. vol. 90, pp. 151-166.
- [14] Choi, C., Cho, M., Kang, E.-y., and Kim, P. (2006). "Travel ontology for recommendation system based on semantic web." in 8th International Conference Advanced Communication Technology, pp. 624-627.
- [15] Wang, Y., Stash, N., Aroyo, L., Hollink, L., and Schreiber, G. (2009). "Using semantic relations for content-based recommender systems in cultural heritage." in Proceedings of the Workshop on Ontology Patterns (WOP) at ISWC, pp. 16-28.
- [16] Wang, Y., Stash, N., Aroyo, L., Gorgels, P., Rutledge, L., and Schreiber, G. (2008). "Recommendations based on semantically enriched museum collections." Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. vol. 6, pp. 283-290.
- [17] Ceccaroni, L., Codina, V., Palau, M., and Pous, M. (2009). "PaTac: Urban ,ubiquitous, personalized services for citizens and tourists." in Digital Society. ICDS'09. Third International Conference, pp. 7-12.
- [18] Lee, C.-S., Chang, Y.-C., and Wang, M.-H. (2009). "Ontological recommendation multi-agent for Tainan City travel." Expert Systems with Applications. vol. 36, pp. 6740-6753.
- [19] Codescu, M., Vale, D. C., Kutz, O., and Mossakowski, T. (2012). "Ontology-based Route Planning for OpenStreetMap." in Terra Cognita Workshop, p. 62.
- [20] Ruotsalo, T., Haav, K., Stoyanov, A., Roche, S., Fani, E., Deliai, R., et al. (2013). "SMARTMUSEUM: A mobile recommender system for the Web of Data." Web semantics: Science, services and agents on the world wide web. vol. 20, pp. 50-67.
- [21] Rivera, L. C., Vilches-Blázquez, L. M., Torres-Ruiz, M., and Ibarra, M. A. M. (2015). "Semantic Recommender System for Touristic Context Based on Linked Data." in Information Fusion and Geographic Information Systems (IF&GIS'2015), ed Springer, pp. 77-89.
- [22] Battle, R. and Kolas, D. (2012). "Enabling the geospatial Semantic Web with Parliament and GeoSPARQL." Semantic Web. vol. 3, pp. 355-370.
- [23] Arabsheibani, R., Ariannamazi, S., and Hakimpour, F. (2015). "Toward Semantic Web Infrastructure for Spatial Features' Information." The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. vol. 40, p. 57.
- [24] Yilmaz, C. and Cömert, Ç. (2015). "Ontology Based Quality Evaluation for Spatial Data." The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. vol. 40, p. 95.
- [25] Egenhofer, M. J. and Herring, J. (1992). "Categorizing binary topological relations between regions, lines, and points in geographic databases." Department of Surveying Engineering, University of Maine, Orono, ME., Technical Report.
- [26] Egenhofer, M. J. (1989). "A formal definition of binary topological relationships." in International Conference on Foundations of Data Organization and Algorithms, pp. 457-472.

- [27] Randell, D. A., Cui, Z., and Cohn, A. G. (1992). "A spatial logic based on regions and connection." In B. Nebel, C. Rich, and W. Swartout, editors, KR'92. Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Third International Conference. pp. 165–176.
- [28] Brahim, L., Okba, K., and Robert, L. (2015). "Mathematical framework for topological relationships between ribbons and regions." *Journal of Visual Languages & Computing*. vol. 26, pp. 66-81.
- [29] Stravoskoufos, K., Petrakis, E. G., Mainas, N., Batsakis, S., and Samoladas, V. (2013). "SOWL QL: Querying Spatio-Temporal Ontologies in OWL." *Journal on Data Semantics*. pp. 1-21.
- [30] Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. (2001). "The semantic web." *Scientific American*. vol. 284, pp. 34-43.
- [31] Hart, G. and Dolbear, C. (2013). "Linked data: a geographic perspective." CRC Press.
- [32] Nalepa, G. J. and Furmańska, W. (2009). "Review of semantic web technologies for GIS." *Automatyka/Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*. vol. 13, pp. 485-492.
- [33] Bikakis, N., Tsinaraki, C., Gioldasis, N., Stavrakantonakis, I., and Christodoulakis, S. (2013). "The XML and semantic web worlds: technologies, interoperability and integration: a survey of the state of the art." in *Semantic Hyper/Multimedia Adaptation*, ed Springer, pp. 319-360.
- [34] Janowicz, K., Scheider, S., and Adams, B. (2013). "A geo-semantics flyby." in *Reasoning web. Semantic technologies for intelligent data access*, ed Springer, pp. 230-250.
- [35] Janowicz, K., Scheider, S., Pehle, T., and Hart, G. (2012). "Geospatial semantics and linked spatiotemporal data—Past, present, and future." *Semantic Web*. vol. 3, pp. 321-332.
- [36] Kuhn, W. (2005). "Geospatial semantics: why, of what, and how?" in *Journal on data semantics III*, ed Springer, pp. 1-24.
- [37] Stocker, M. and Sirin, E. (2009). "PelletSpatial: A hybrid RCC-8 and RDF/OWL reasoning and query engine." in *Proceedings of the 6th International Conference on OWL: Experiences and Directions*. vol. 529, pp. 39-48.
- [38] Emmons, I. (2016). "Parliament User Guide." Raytheon BBN Technologies.