

توسعه سیستم مشارکتی در حمل و نقل جاده‌ای براساس مدل زیرساخت داده مکانی داوطلبانه (VSDI)

مریم شاکری^۱، ابوالقاسم صادقی نیارکی^{۲*}، عباس علیمحمدی^۳، علی اصغر آل شیخ^۴

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
mshakeri@mail.kntu.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
a.sadeghi@kntu.ac.ir

^۳ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
alimoh-abb@kntu.ac.ir

^۴ استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
alesheikh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۵، تاریخ تصویب مهر ۱۳۹۶)

چکیده

زیرساخت داده مکانی (SDI) با ایجاد بستر اطلاعاتی مناسب برای همکاری بین سازمان‌های مختلف نقش کلیدی در مدیریت بسیاری از فعالیت‌های انسانی دارد. این زیرساخت به طور سنتی در نسل اول و دوم SDI که تنها از داده‌های سازمان‌ها و شرکت‌ها استفاده می‌کند، یک رویکرد بالا به پایین را دنبال می‌کند، از این رو اطلاعات تولیدشده توسط شهروندان را در نظر نمی‌گیرد. از سوی دیگر، پلتفرم‌های وب ۲.۰ و دستگاه‌های مجهز به GPS ابزارهای کاربرپسندی را برای مشارکت مردم در به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی فراهم می‌کنند. داده‌های تولیدشده توسط مردم که VGI نامیده می‌شوند، اطلاعات باارزشی هستند که می‌توانند به منظور تکمیل و به‌روزرسانی با دیگر منابع SDI تلفیق شوند. در این زمینه، دیدگاه SDI کاربرمحور که متمرکز بر نیازها و اولویت کاربران است، از فرصت‌های ایجادشده توسط VGI پشتیبانی می‌کند. در این مقاله سیستمی براساس استفاده از داده‌های VGI به عنوان منبع دیگری از SDI که VSDI نامیده شده است در حوزه حمل و نقل جاده‌ای پیاده‌سازی شده است. در حوزه حمل و نقل جاده‌ای به‌ویژه انتخاب مسیر، تبادل حجم زیادی از داده‌های مکانی، همکاری بین سازمان‌های مختلف و همچنین مشارکت مردم در جهت دستیابی به پایداری، ضروری است. اما کمبود اطلاعات، به‌روز نبودن اطلاعات یا نبود روشی یکسان در جمع‌آوری اطلاعات از مسائل فرهنگی و اجتماعی منطقه، معمولاً از بزرگ‌ترین موانع در به دست آوردن نتایج قابل اطمینان با توجه به واقعیت‌ها است. سیستم مبتنی بر VSDI می‌تواند با فراهم کردن محیطی برای تسهیل مشارکت مردم، اطلاعات به‌روز از منطقه را برای تصمیم‌گیری بهتر و کاراتر در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مردم به مشارکت در امر برنامه‌ریزی حمل و نقل و به اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی تمایل دارند. از این رو، استفاده از داده‌های VGI به عنوان منبع دیگری در SDI می‌تواند به اخذ تصمیمات کاراتر و افزایش سطح رضایت‌مندی مردم در حوزه حمل و نقل، کمک کند.

واژگان کلیدی: زیرساخت داده مکانی داوطلبانه (VSDI)، اطلاعات مکانی داوطلبانه (VGI)، برنامه‌ریزی حمل و نقل، انتخاب مسیر

۱- مقدمه

طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های انسانی از جمله مدیریت منابع، برنامه‌ریزی مکانی، حفاظت از طبیعت، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی یا مدیریت بحران، نیاز به دسترسی به حجم زیادی از مجموعه داده‌های مکانی دارند [۱]. علیرغم کاربردهای گسترده‌ی داده‌های مکانی، چالش‌های متعدد در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و توزیع داده‌های مکانی، استفاده از داده‌های مکانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌طوری‌که به علت پروژه‌های موازی، محدودیت‌ها و چالش‌های موجود در این زمینه، تنها درصد کمی از داده‌های موردنیاز برای کاربردهای مختلف، قابل‌استفاده هستند. برای غلبه بر جنبه‌های مختلف چالش‌های موجود در کار با داده‌های مکانی، زیرساخت داده‌های مکانی^۱ معرفی شده است. زیرساخت داده مکانی، یک محیط مشارکتی برای مدیریت، ذخیره‌سازی و تبادل داده‌های مکانی است [۲]. این زیرساخت، چارچوبی از سیاست‌ها، استانداردها و تکنولوژی می‌باشد که ارائه‌دهندگان داده را قادر به انتشار و کاربران را قادر به دسترسی، تلفیق و توزیع اطلاعات مکانی ناهمگون می‌سازد [۳]. علاوه بر این، پایه‌ای را برای کشف، ارزیابی و کاربرد داده‌های مکانی برای کاربران و ارائه‌دهندگان در تمام سطوح دولتی، بخش تجاری، بخش غیرانتفاعی، دانشگاهی و به‌طور کلی توسط شهروندان فراهم می‌کند [۴]. به‌طور سنتی (دیدگاه نسل اول و دوم) ایجاد SDI، از یک دیدگاه بالا به پایین تبعیت می‌کند. این دیدگاه منجر به الگوی ارائه دهنده-مصرف کننده می‌شود که در آن تنها ارائه‌دهندگان رسمی مانند سازمان نقشه‌برداری ملی (NMAs)^۲ و دیگر سازمان‌های زیست‌محیطی به‌صورت مرکزی، منابع را بر طبق سیاست‌های سازمانی، مدیریت و غیره گسترش می‌دهند، درحالی‌که نقش کاربران نهایی و شهروندان تنها به مصرف‌کننده محدود می‌شوند [۵].

ظهور وب ۲.۰ از یک‌سو و سوی دیگر اختراع تلفن‌ها و دستگاه‌های مجهز به GPS در طول دو دهه اخیر، شهروندان عادی را به تولید و به اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی در اینترنت تشویق می‌کند [۶ و ۷]. این تکنیک‌ها که متفاوت از متدولوژی‌های ساخت بالا به پایین و

مکانیزم‌های پیچیده SDI می‌باشند، روش‌های جدیدی از مشارکت در وب را فراهم کرده‌اند [۶]. مشارکت مردم، باعث تغییر نقش کاربران از تنها مصرف‌کننده صرف داده‌ها به مشارکت‌کنندگان و ارائه‌دهندگان فعال داده‌های مکانی شده است [۵]. این تغییر نقش کاربران در حوزه مکانی با پدیده‌ی اطلاعات مکانی داوطلبانه^۳، ظهور پیدا کرده است [۸]. اصطلاح VGI اغلب به داده‌هایی گفته می‌شود که مؤلفه مکانی دارند و به‌صورت داوطلبانه تولید می‌شوند [۷]. VGI فرصت‌های زیادی را برای توسعه SDI برای اهداف علمی و سیاسی ارائه می‌کند [۹]. به‌علاوه، به اشتراک گذاشتن و در دسترس بودن اطلاعات مکانی تولیدشده توسط کاربر در درون جریان SDI، می‌تواند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای آنالیز مکانی و وظایف پشتیبانی از تصمیم‌گیری را بهبود بخشد [۵].

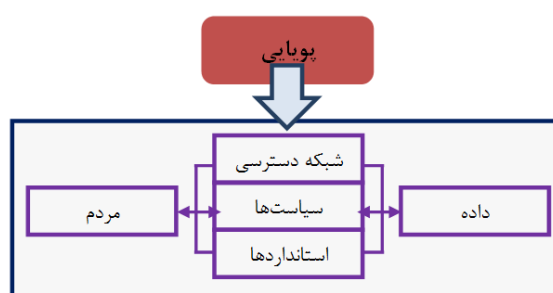
در حوزه حمل‌ونقل، اطلاعات و فن‌آوری‌های مکانی بخش مهمی از پروژه‌های این حوزه را تشکیل می‌دهند. اما در حال حاضر فرآیند سازمانی و فنی مناسبی برای دستیابی به یک زیرساخت داده مناسب جهت رسیدگی به نیازهای متنوع حمل‌ونقل وجود ندارد. از این‌رو، نیاز به توسعه استانداردهای مشترک و مکانیزم ساده تبادل داده در حوزه حمل‌ونقل بین سازمان‌های مختلف مسئول در پروژه، برای حمایت از تصمیم‌گیری‌ها به‌شدت احساس می‌شود. از سوی دیگر، یکی از اهداف اصلی پروژه‌های حمل‌ونقل ارتقای کیفیت خدمات به استفاده‌کنندگان می‌باشد. برای این منظور، استفاده از خود کاربران در فرآیندهای تصمیم‌گیری حمل‌ونقل، ضروری به نظر می‌رسد. این کار باید از طریق یک فرآیند مشارکت و دخالت مردم در تمامی فرآیندهای طرح‌های حمل‌ونقل انجام گیرد. به‌عبارت دیگر استفاده از دانش و اطلاعات مردم به‌عنوان یک منبع اطلاعات دیگر، برای دستیابی به یک تصمیم بهتر و کارا تر بسیار حائز اهمیت است. با این‌وجود، مشارکت مردم در این زمینه، به دلیل پیچیدگی کار، عدم وجود محیط یا روش مناسب برای تسهیل مشارکت، جمع‌آوری و آنالیز اطلاعات و نظرات آن‌ها، تاکنون با موفقیت انجام نشده است. پروژه‌های راه از جمله پروژه‌هایی هستند که به دلیل نوع و اندازه، دارای دامنه وسیعی از آثار مثبت و منفی بر اقتصاد، اجتماع و

^۱ Spatial Data Infrastructure (SDI)

^۲ National Mapping Agencies

^۳ Volunteered Geographic Information (VGI)

تعاریف و تفاسیر متفاوتی از SDI به دلیل تفاوت در دیدگاه‌ها و نظرات مختلف، توسط صاحب‌نظران مختلف وجود دارد. رجبی فرد در سال ۲۰۰۲، SDI را یک مفهوم اساسی به منظور تسهیل و هماهنگی در تبادل و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی بین ذینفعان در جامعه، تعریف می‌کند [۱۴]. علاوه بر این، برای دستیابی به اهداف SDI، رجبی فرد پنج جز اصلی SDI شامل داده، مردم، سیاست، استانداردها و شبکه دسترسی و همچنین روابط پویای میان آن‌ها را برای تسهیل کشف، دسترسی و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی معرفی می‌کند [۱۴ و ۱۵]. شکل (۱)، اجزای SDI و روابط بین آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اجزای SDI و روابط بین آن‌ها [۱۴]

امروزه، اکثر SDIها معمولاً تنها شامل شرکت‌کنندگانی که نقش‌های سنتی یا تجاری در تولید اطلاعات مکانی مانند سازمان‌های دولتی و خصوصی داده‌های مکانی دارند، می‌باشند. این SDIها، نظرات بخش بزرگی از جامعه از جمله گروه‌های اجتماعی یا شهروندان را در نظر نمی‌گیرند [۱۶]. اما امروزه نقش شهروندان تغییر کرده است؛ آن‌ها دیگر تنها مصرف‌کننده غیرفعال اطلاعات مکانی نیستند بلکه می‌توانند اطلاعات مکانی بالارزشی را تولید کنند و به اشتراک بگذارند.

۳- زیرساخت دواطلبانه داده مکانی (VSDI)

داده‌های VGI، منبع بالارزشی از داده‌های مکانی هستند که می‌توانند به منظور تکمیل و به روزرسانی با دیگر منابع SDI تلفیق شوند. مشارکت کاربران در VGI تناسب خوبی به عنوان patchworks برای SDI دارد [۱۸]. در این زمینه دیدگاه ترکیبی برای تلفیق مدل بالا به پایین (دیدگاه SDI) و مدل پایین به بالا (دیدگاه VGI) وجود دارد. این دیدگاه ترکیبی برای تلفیق داده‌های تولید شده توسط کاربر در زمینه SDI توسعه یافته است. صادقی

محیط‌زیست هستند. شناسایی این اثرات قبل از اجرای پروژه‌ها می‌تواند برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران را در انتخاب پروژه‌هایی که دارای بیشترین آثار مثبت و کمترین آثار منفی هستند، یاری نماید [۱۰]. در برنامه‌ریزی مسیر حمل‌ونقل به‌طور کلی یک یا چند گزینه مسیر پیشنهاد می‌شود. این فرآیند، با انتخاب مسیر بهینه با در نظر گرفتن معیارهایی مانند اثرات اقتصادی، مهندسی، زیست‌محیطی، اجتماعی و توریستی انتخاب می‌شود [۱۱]. هدف از این مقاله، توسعه سیستمی در زمینه انتخاب مسیر در حمل‌ونقل جاده‌ای براساس SDI و داده‌های VGI که در این مقاله VSDI نامیده شده است، می‌باشد. در این سیستم در این سیستم با به‌کارگیری فناوری‌های وب ۲.۰، کاربران به راحتی می‌توانند داده‌های مکانی و توصیفی از محیط‌زیست و اجتماع خود را به اشتراک بگذارند. این اطلاعات به منظور تکمیل و به روزرسانی داده‌های موجود، بر طبق استانداردها در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. مسیر بهینه با در نظر گرفتن اطلاعات مرتبط موجود در پایگاه داده و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱ و ویکور^۲، در سیستم انتخاب می‌گردد.

۲- زیرساخت داده مکانی

زیرساخت داده مکانی در مورد تسهیل تبادل و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی می‌باشد [۳]. SDI، محیطی را ایجاد می‌کند که در آن تمام ذینفعان درگیر می‌توانند با یکدیگر و با تکنولوژی برای رسیدن بهتر به اهداف خود در تعامل باشند [۱۲]. علاوه بر این، SDI از نظر پشتیبانی از کاربران و ارائه‌دهندگان با توانمند ساختن آن‌ها در کشف، بصری سازی و ارزیابی داده‌های مکانی در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی نقشی کلیدی دارد [۶]. SDI به نوبه‌ی خود از تصمیم‌گیری در مقیاس‌های مختلف برای اهداف متعدد و افزایش منافع برای جامعه با موجود بودن داده‌های مکانی، پشتیبانی می‌کند. منافع از طریق کاهش تلاش‌های تکراری در جمع‌آوری و حفظ داده‌های مکانی و همچنین از طریق افزایش استفاده از این اطلاعات بالارزش بالقوه، به دست می‌آیند [۱۳].

^۱ Analytical Hierarchical Process (AHP)

^۲ VIKOR

نیارکی تاکید می‌کند که تنها دیدگاه‌هایی از SDI که متمرکز بر نیازهای کاربر هستند، از نظر حمایت از کاربران در به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی آشکار کنند [۱۵]. SDI کاربر محور با در نظر گرفتن مردم به عنوان تولیدکنندگان داده‌های مکانی، فرصت‌های ایجادشده توسط پدیده VGI را پشتیبانی می‌کند. دیدگاه SDI کاربر محور، فراهم کردن محیطی است که در آن کاربران می‌توانند برای به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی در یک روش موثر، کارآمد و رضایت‌بخش مشارکت کنند [۱].

با باز مفهوم‌سازی دیدگاه سنتی (نسل اول و دوم SDI)، SDI کاربر محور، که طیف تولیدکنندگان را از سازمان‌های رسمی به افراد و گروه‌های افراد توسعه می‌دهد، امکان تلفیق VGI در SDI فراهم می‌شود. در این صورت، منابع تولید از سازمان‌های تخصصی به سازمان‌های کاربران و افراد گسترش می‌یابد. در نتیجه، نقش کاربران فراتر از دریافت‌کنندگان داده‌های مکانی به تولیدکننده داده‌های مکانی تبدیل می‌شود (به اصطلاح "کاربر تولیدکننده" نامیده می‌شود). "کاربر تولیدکننده" می‌تواند بازایی، استفاده، به اشتراک‌گذاری یا تولید اطلاعات مکانی را به صورت مستقل یا در همکاری با دیگران انجام دهد. بنابراین، باز مفهوم سازی کاربر، منجر به ایجاد تعامل دو طرفه بین تولیدکننده و کاربر میشود و مرز بین آن‌ها را از بین می‌برد [۸].

در دیدگاه ترکیبی، اصول SDI هنوز هم معتبر است و اجزای SDI مانند متادیتا، استانداردها، تعامل‌پذیری، سیاست و سازمان در زمینه VGI نیز مفید خواهند بود. برای مثال، مفهوم متادیتا می‌تواند برای VGI نیز به کار رود. در حقیقت، متادیتا حتی برای VGI مهم‌تر از SDI است [۸]. به دلیل حجم بالای داده‌های تولید شده توسط مردم با دانش مختلف در علوم مکانی، عدم استفاده از روش‌های رسمی در تولید داده‌ها و ایجاد داده‌هایی با کیفیت متفاوت، متادیتا از اهمیت زیادی برخوردار است. از سوی دیگر اینکه چگونه می‌توان داده‌های VGI را جستجو و ارزیابی کرد، از دلایل دیگر اهمیت متادیتا می‌باشد [۱۹]. متادیتا که به عنوان برچسب می‌تواند به داده‌های VGI اضافه گردد، می‌تواند شامل اطلاعاتی مانند روش جمع‌آوری، مشخصات فرد و خطاها باشد [۲۰]. با این وجود، برای ایجاد زیرساخت

غنی از اطلاعات مکانی در تلفیق با VGI، چالش‌هایی وجود دارند. از دیدگاه فنی مهم‌ترین چالش‌ها، پیدا کردن روش‌هایی برای اطمینان از استانداردسازی و یکنواختی و همچنین شناخت تنوع و ناهمگونی ذینفعان مختلف هستند. از دیدگاه غیر فنی، چالش‌ها تعریف مدل‌های جدیدتر از دولت SDI و اجرای کارهای ظرفیت‌سازی برای افزایش تعداد کاربران، می‌باشند. حل این چالش‌ها منجر به توسعه مدلی از SDI می‌گردد که در آن VGI به عنوان یک منبع دیگر از اطلاعات مکانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این مدل در این تحقیق، زیرساخت داده مکانی داوطلبانه، نامیده می‌شود.

۴- سیستم انتخاب مسیر مبتنی بر زیرساخت داده مکانی داوطلبانه

سیستم انتخاب مسیر مبتنی بر زیرساخت داده مکانی داوطلبانه (VSDI)، سیستمی است که با استفاده از فناوری‌های وب ۲ و دیدگاه‌های تصمیم‌گیری، زمینه‌ای برای تسهیل مشارکت مردم در انتخاب مسیر را فراهم می‌کند. در حقیقت در این سیستم، داده‌های مورد نیاز از سازمان‌های مختلف حمل‌ونقل، محیط‌زیست، جنگل‌ها و مراتع، میراث فرهنگی و زمین‌شناسی و همچنین داده‌های مکانی داوطلبانه تامین می‌گردند. VSDI در این سیستم، به عنوان زیرساختی استاندارد که به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی را بین ذینفعان مختلف در پروژه‌های حمل‌ونقل (منابع تولیدکننده داده) تسهیل می‌کند و روش استاندارد را برای ذخیره داده‌ها ارائه می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم از دو بخش اصلی جمع‌آوری و ذخیره‌سازی VGI و مدل مکانی انتخاب مسیر تشکیل شده است. این دو بخش در ادامه توضیح داده می‌شوند.

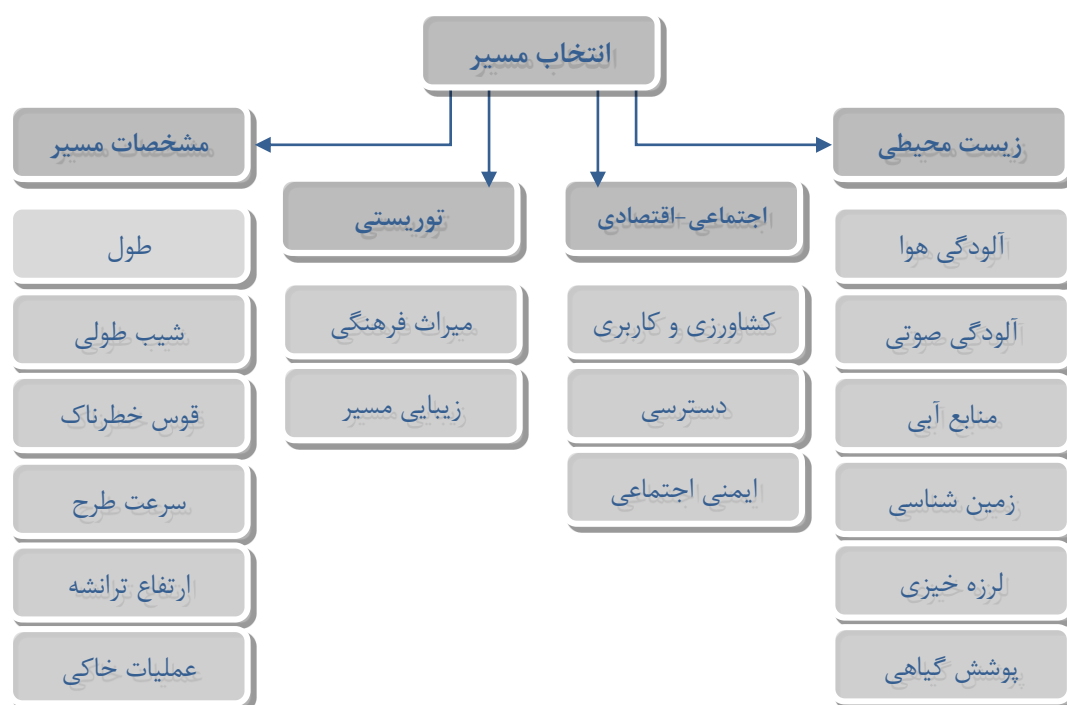
۴-۱- مدل مکانی انتخاب مسیر

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مسیر مانند بزرگراه، از آنجا که عوامل و ذینفعان زیادی در آن درگیر هستند، فرایند پیچیده است [۱۱]. فرایند انتخاب مسیر بزرگراه، یک مسئله تصمیم‌گیری چند رشته‌ای است که برای ارزیابی گزینه‌ها باید عوامل مختلفی باهدف حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی، حداکثر ساختن عملکرد در

شرایط ایمنی [۲۶]، حداقل ساختن هزینه ساخت و حداکثر ساختن نتایج سرمایه‌گذاری اقتصادی، در نظر گرفته شوند.

در برنامه‌ریزی مسیر حمل‌ونقل به طور کلی یک یا چند گزینه مسیر پیشنهاد می‌شود [۱۱]. پس از آن، گزینه‌های مسیر باید برای تعیین اثرات و هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی ارزیابی شوند. این فرآیند برنامه‌ریزان را قادر به تصمیم‌گیری در مورد ممکن‌ترین گزینه در میان گزینه‌های مختلف پروژه می‌سازد. عوامل بسیاری در بهینه‌سازی مسیر دخالت دارند و باید بین اجزای

مختلف مسیر تبادل برقرار گردد [۲۷]. ارزیابی گزینه‌های مسیر و انتخاب مسیر بهینه با در نظر گرفتن چندین معیار فنی، زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و توریستی انجام می‌گیرد. معیارهای ارزیابی، نگرانی‌های ذینفعان و طیف گسترده‌ای از انواع اثرات ناشی از توسعه زیرساخت را منعکس می‌کنند. شکل (۲)، مثالی از معیارهای در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که این معیارها بر اساس نظرات کارشناسان و تحقیقات دیگر از جمله [۱۰، ۲۸، ۲۹ و ۳۰] در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۲- مثالی از معیارهای در نظر گرفته‌شده در سیستم انتخاب مسیر

وزن‌دهی و تلفیق معیارها به منظور انتخاب مسیر با استفاده از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری فازی AHP گروهی و ویکور انجام می‌شود؛ از روش AHP فازی گسترش‌یافته چانگ که از اعداد فازی مثلثی برای بیان ارجحیت معیارها استفاده می‌کند، به منظور وزن‌دهی معیارها و از ویکور به منظور انتخاب گزینه بهینه استفاده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مبتنی بر مقایسات زوجی در یک مقیاس معین می‌باشد. AHP روش شناخته شده‌ای است که در آن یک مسئله به چندین سطح به صورت سلسله مراتب، تجزیه می‌شود [۳۱]. استفاده از مقایسه‌های زوجی برای تعیین اهمیت نسبی معیارهای هر سطح، باعث افزایش دقت خواهد شد. بر اساس [۳۲]،

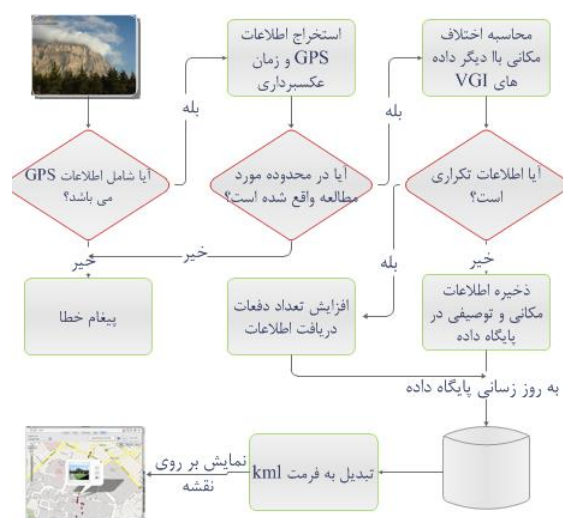
سادگی و کارایی بالای روش AHP، دلیل انتخاب این روش برای پیاده‌سازی در سیستم انتخاب مسیر مبتنی بر VSDI می‌باشد. در این راستا، با توجه به اینکه اغلب برای تصمیم‌گیرنده اختصاص یک عدد کمی مطلق و قطعی برای بیان اولیت‌های معیارهای مسیر غیر ممکن است، به همین دلیل از اعداد فازی استفاده شده است. پس از تعیین معیارها، با مقایسات زوجی معیارها توسط کاربران و کارشناسان، وزن هر معیار برای هر فرد از طریق استانداردسازی و یکی از روش‌های موجود، تعیین می‌گردد. وزن نهایی معیارها، با میانگین هندسی وزن تعیین شده برای هر فرد بدست می‌آیند. سپس وزن‌های بدست آمده در روش ویکور استفاده می‌شود. روش ویکور، بر رتبه‌بندی و انتخاب از

مجموعه‌ای از گزینه‌ها با وجود معیارهای متضاد متمرکز است. روش ویکور، یک ابزار مفید در تصمیم‌گیری چند معیاره مخصوصاً در وضعیتی که تصمیم‌گیرنده قادر به بیان اولویت خود در آغاز طراحی سیستم نیست، می‌باشد [۳۳]. بر اساس [۳۴]، انتخاب روش ویکور علاوه بر سادگی محاسباتی این روش، یک ابزار مؤثر در تصمیم‌گیری چند معیاره است و در حل مسائلی که با معیارهای ناسازگار و تناسب ناپذیر همراه هستند همانند مسئله انتخاب مسیر، استفاده می‌شود. در روش ویکور، پس از تشکیل ماتریس تصمیم با استفاده از مقادیر معیارها، تعیین می‌شود کدام گزینه‌ها دارای بهترین و بدترین مقدار در هر معیار هستند. با استفاده از این اطلاعات، مقادیر شاخص مطلوبیت، شاخص نارضایتی و مقدار Q برای هر گزینه تعیین و در نهایت براساس شروط ویکور، گزینه بهینه انتخاب می‌گردد.

۴-۲- ذخیره‌سازی و ثبت داده‌های VGI

جهت انتخاب مسیر در سیستم داده‌های مکانی و توصیفی مختلفی در زمینه حمل‌ونقل، محیط‌زیست، زمین‌شناسی، میراث فرهنگی مورد نیاز است. این داده‌های مورد نیاز از منابع مختلفی از جمله سازمان‌های حمل‌ونقل، محیط‌زیست، میراث فرهنگی و گردشگری، زمین‌شناسی و مراعات و جنگل‌ها و همچنین مردم تأمین می‌شوند. از آنجا که مردم یکی از مشارکت‌کنندگان اصلی این سیستم می‌باشند، سیستم به گونه‌ای طراحی شده است، که مردم بتوانند داده‌های مکانی و همچنین اطلاعات خود از منطقه را ارسال نمایند. ارسال داده‌ها توسط مردم که دارای دانش محلی در مورد محیط خود هستند، می‌تواند به تکمیل و به‌روزرسانی منابع موجود در سازمان‌ها کمک کند. برای این منظور، از میان داده‌های مورد نیاز برای معیارهای مختلف، معیارهایی که جنبه عمومی دارند و افراد عادی قادر به تشخیص آن‌ها می‌باشند، در نظر گرفته می‌شوند. از بین معیارهای سیستم، مردم می‌توانند اطلاعات خود را در زمینه کشاورزی و کاربری زمین، دسترسی، میراث فرهنگی، زیبایی مسیر به اشتراک بگذارند. بنابراین سیستم در این معیارها، علاوه بر استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی سازمان‌ها که به روش‌های علمی و کارشناسی تهیه شده‌اند، اطلاعات تولیدشده توسط مردم را نیز مورد استفاده قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که در مورد معیارهای دیگر که نیاز به دانش و تخصص

فنی در زمینه زیست‌محیطی و حمل‌ونقل وجود دارد، تنها اطلاعات و داده‌های سازمان مربوطه در نظر گرفته می‌شوند. در این بخش از سیستم به کاربران کمک می‌شود که اطلاعات مکانی خود را بدون انجام فرآیندهای پیچیده در پایگاه داده، ذخیره کنند. کاربران می‌توانند اطلاعات خود را به روش‌های مختلف ارسال کنند. یکی از روش‌ها، استفاده از برچسب‌گذاری مکانی است. دستگاه‌های مجهز به GPS مانند تلفن‌های همراه با استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی امکان تولید اطلاعات مکان مرجع مانند عکس‌ها و فیلم‌های دارای برچسب مکانی را فراهم می‌کنند. عکس‌های دارای برچسب مکانی، عکس‌هایی هستند که حاوی اطلاعات تنظیمات دوربین، محیط عکاسی و همچنین اطلاعات حق نشر و اطلاعات مکانی هستند. اطلاعات مکانی، با استفاده از GPS دستگاه در هنگام عکس‌برداری به دست آمده است. این عکس‌ها به عکس‌های با فرمت EXIF^۱ شناخته شده‌اند. سیستم به منظور ثبت این عکس‌ها از الگوریتم شکل (۳) استفاده می‌کند. در این الگوریتم، ابتدا مختصات GPS و زمان از تصاویر Exif استخراج می‌شود. با استفاده از این مختصات و با توجه به اینکه مختصات تصاویر Exif دیگر در پایگاه داده ذخیره شده‌اند، اختلاف مکانی و زمانی با دیگر داده‌های VGI محاسبه و در نتیجه تکراری بودن آن‌ها بررسی کرد. در صورتی که این اختلاف از حد معینی با توجه به معیار مورد نظر کمتر نباشد، در پایگاه داده ذخیره می‌گردد. در صورتی تکراری بودن به تعداد دفعات دریافت آن تصویر اضافه می‌شود.



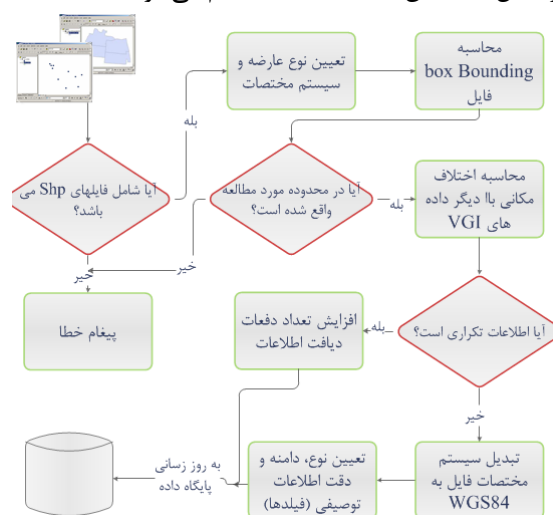
شکل ۳- الگوریتم ثبت عکس دارای برچسب مکانی

^۱ Exchangeable image file format

۵- پیاده سازی نمونه

به منظور بررسی و اثبات عملکرد سیستم، با استفاده از داده ها و اطلاعات مربوط به محور سرپل ذهاب-گیلانغرب به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد و یک سیستم در آن پیاده سازی گردید. بدین منظور، یک برنامه کاربردی مبتنی بر فناوری های وب ۲,۰ برای استفاده از مشارکت مردم در تعیین مسیر بهینه این محور، توسعه داده شد. داده ها و اطلاعات جمع آوری شده از سازمان های مختلف، پس از پیش پردازش اولیه و مدل سازی مکانی آن ها، در پایگاه داده ذخیره سازی شدند. لازم به ذکر است، پیاده سازی سیستم تنها با تمرکز بر روی جز داده VSDI انجام می شود. به این معنی که از فناوری های وب ۲,۰ برای تسهیل تولید داده های VGI توسط مردم به عنوان یک منبع داده و از سرویس های پایتون و چارچوب تحت وب Geodjango برای ذخیره سازی، بازیابی، پردازش و نمایش داده های VGI، داده های رسمی سازمان های دیگر مربوط و داده های مسیر استفاده می شود. به سایر اجزای VSDI مانند استاندارد در این پیاده سازی پرداخته نمی شود. در این سیستم، برای مدیریت و نگهداری داده های توصیفی از PostgreSQL 9.2 و برای داده های مکانی از PostGIS 1.5 استفاده شد. برنامه کاربردی در کتابخانه های مکانی آن نظیر Mapnik, Shapely, GDAL و با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون و Geodjango 5.1 و با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون و Geodjango 5.1 استفاده شد. چارچوب Geodjango، چارچوب تحت وب پایتون است که برای پشتیبانی کامل از ایجاد برنامه های تحت وب مکانی توسعه یافته است. GDAL/OGR, GEOS, PROJ4 کتابخانه های مکانی می باشند که در Geodjango تعبیه شده اند. کتابخانه GDAL، کتابخانه ای برای خواندن و نوشتن داده های مکانی رستر و OGR برای خواندن و نوشتن داده های مکانی بردار در فرمت های مختلف می تواند مورد استفاده قرار گیرند. کتابخانه Shapely یکی از بسته های پایتون برای تحلیل و پردازش عوارض دو بعدی می باشد. این بسته بر اساس کتابخانه GEOS بوده و گستره وسیعی از تحلیل های داده های مکانی در C++ را پیاده سازی می کند. از توابع مکانی این کتابخانه مانند بافر برای پردازش داده های مسیر و داده های VGI استفاده شده است. کتابخانه Mapnik ابزاری رایگان برای نمایش داده های مکانی است. این کتابخانه به صورت گسترده توسط OpenStreetMap و EveryBlock استفاده می شود. از این کتابخانه برای نمایش داده های VGI و مسیر استفاده شده است.

علاوه بر عکس های دارای برچسب مکانی، اطلاعات توصیفی نیز برای هر یک از معیارها توسط کاربر ارسال می شوند. دریافت اطلاعات توصیفی در قالب فرم ها صورت می گیرد. اخذ اطلاعات توصیفی علاوه بر داده ی مکانی هر معیار، می تواند به درک مفهوم هر معیار توسط کاربر و جلوگیری از ارسال اطلاعات بسیار فاحش کمک کند. یکی دیگر از روش های ارسال داده های مکانی توسط کاربران، ارسال داده های معمول GIS مانند لایه های وکتور با فرمت shp می باشد. این روش را کاربرانی می توانند استفاده کنند که با داده های مکانی آشنایی داشته باشند. برای مثال شرکت های خصوصی، و دانشجویان می توانند به این روش نیز اطلاعات مکانی خود را ارسال نمایند. سیستم به منظور ثبت داده های وکتور، پس از تعیین نوع داده مکانی، آن ها را در پایگاه داده ذخیره می کند. ثبت داده های وکتور بر اساس الگوریتمی که در شکل (۴) نشان داده شده است، انجام می شود.

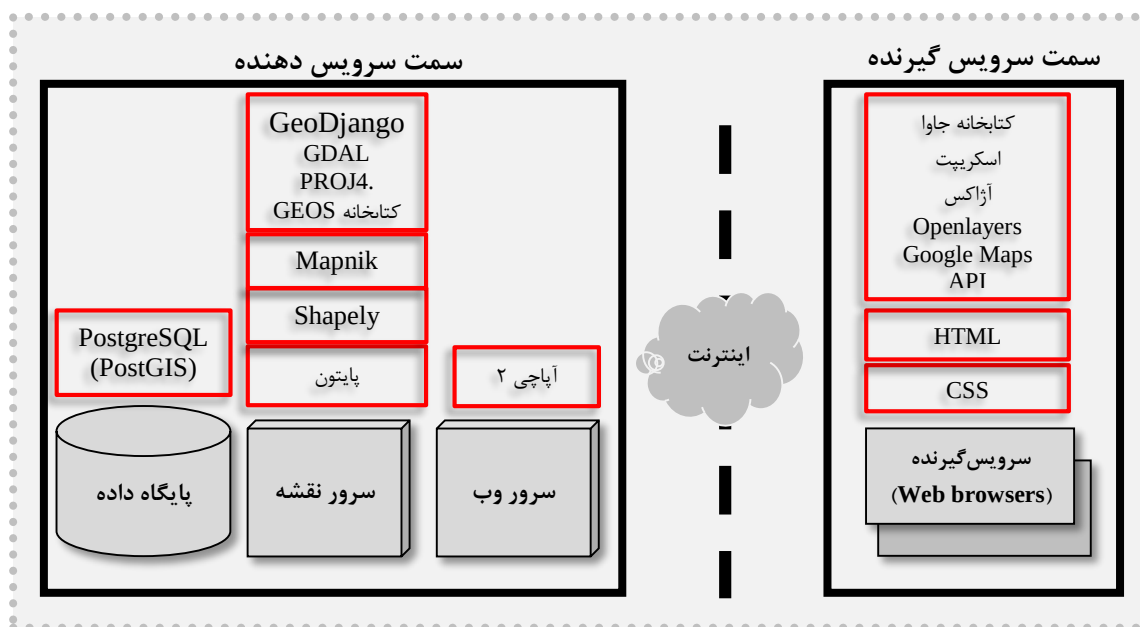


شکل ۴- الگوریتم ثبت لایه وکتور

در انتها ذکر این نکته ضروری است که با توجه به ویژگی VGI کاربر می تواند داده های مکانی در انواع مختلف وارد کند اما به اشتراک گذاری و استفاده از آن ها بر مبنای SDI خواهد بود. چون اگر کاربر محدود در ارسال داده های مکانی گردد، این با اصل VGI بودن داده ها در تناقض خواهد بود. از این رو در این تحقیق، این امکان برای کاربر وجود دارد که فرمت های مختلف از جمله shp و تصویر Exif وارد کند که این داده ها در پایگاه داده ذخیره می شوند. اما بازیابی این اطلاعات برای استفاده از در پردازش های انتخاب مسیر و نمایش آن ها بر روی نقشه بر مبنای مفاهیم SDI صورت می گیرد.

پایتون می‌باشد. براساس زبان پایتون، چارچوب Geodjango و آژاکس زمانی که یک درخواست ارسال می‌شود، شی HttpRequest ایجاد و تابع سرویس متناسب با آن فراخوانی و نتیجه به سمت کلاینت ارسال می‌گردد.

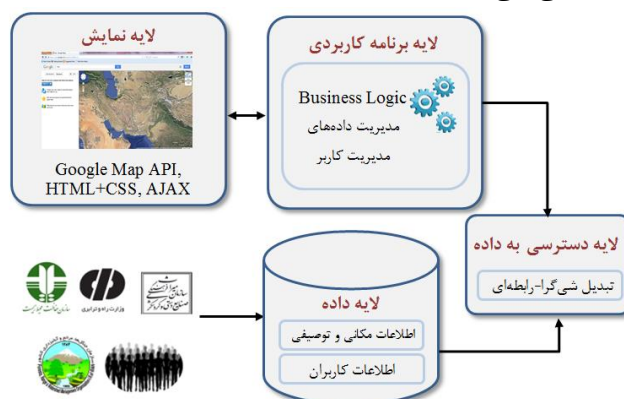
در طراحی رابط کاربری جهت تعامل بهتر با کاربر از Google Maps APIs و تکنولوژی‌هایی نظیر جاوااسکریپت و CSS بهره گرفته شد. شکل (۵)، نرم‌افزارها و زبان‌های استفاده شده در پیاده‌سازی این سیستم را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است، زبان تحت سرور،



شکل ۵- نرم‌افزارها و زبان مورد استفاده در پیاده‌سازی سیستم

پردازش می‌کند و سپس نتایج را به لایه نمایش برمی‌گرداند. این لایه شامل توابع و قابلیت‌های اصلی سیستم از ورود اطلاعات کاربران تا انتخاب مسیر بهینه می‌باشد. لایه دسترسی به داده، بازیابی، به هنگام رسانی و حذف منطقی اطلاعات موجود در پایگاه داده را بر عهده دارد. مدیریت و ذخیره‌سازی داده‌ها از وظایف این لایه محسوب نمی‌شود، بلکه لایه دسترسی مانند یک واسط میانی عمل می‌کند و ارتباط بین لایه‌های برنامه کاربردی و داده را برقرار می‌کند. لایه داده بر روی پایگاه داده است و شامل منابع داده‌های مکانی و توصیفی (عوارض مکانی، اطلاعات توصیفی، اطلاعات کاربران و دیگر محتوای وب) می‌باشد.

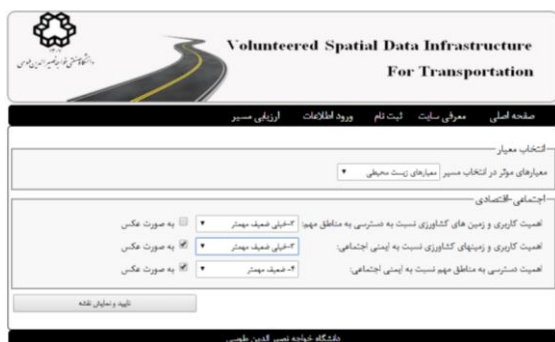
معماری سیستم پیشنهادی، با توجه به مفاهیم VSDI باهدف جمع‌آوری اطلاعات مکانی مردمی و برقراری تعامل بین سازمان‌های درگیر، به صورت ۴ لایه تعیین شده است که در شکل (۶) قابل مشاهده می‌باشند. لایه نمایش، بالاترین سطح برنامه است و رابط کاربری سیستم را پیاده می‌کند و امکان نمایش داده‌ها، دست‌کاری و ورود داده‌ها توسط کاربر را فراهم می‌کند. این لایه معمولاً با مرورگر وب، نمایش داده می‌شود. لایه برنامه کاربردی، لایه میانی است که بین لایه نمایش و لایه دسترسی به داده ارتباط برقرار می‌کند. این لایه، درخواست‌های کاربر را دریافت می‌کند، به لایه پایگاه داده متصل می‌شود، اطلاعات را بازیابی می‌کند، آن‌ها را



شکل ۶- معماری سیستم پیشنهادی برای مسیریابی در حمل و نقل



شکل ۷- رابط کاربری سیستم برای ورود و نمایش اطلاعات مکانی



شکل ۸- رابط کاربری سیستم برای ورود اولویت های کاربر



شکل ۹- نقشه مسیر بهینه

کاربران عادی می توانند اطلاعات خود از منطقه را پس از ثبت نام در سیستم از طریق رابط کاربری طراحی شده ارسال نمایند. بدین منظور پس از ورود کاربر به سیستم، لیستی از معیارها اعم از میراث فرهنگی، کشاورزی و کاربری زمین، ایمنی و دسترسی نمایش داده می شود. با انتخاب هر یک از معیارها، فرم و اطلاعات درخواستی مربوط به هر معیار، ظاهر می گردد. اطلاعات وارد شده بر طبق الگوریتم های ۳ و ۴ در پایگاه داده ذخیره شده و به کاربر نمایش داده می شوند. شکل (۷)، رابط کاربری سیستم برای ورود و نمایش اطلاعات مکانی برای معیار میراث فرهنگی را نشان می دهد.

سیستم با استفاده از داده های موجود در پایگاه داده SDI که شامل داده های ارسال شده از سوی کاربران (داده های VGI)، داده های زیست محیطی، میراث فرهنگی، زمین شناسی، مراتع و جنگل ها و حمل و نقل می باشند، مسیر بهینه را با استفاده از روش فازی AHP گروهی و ویکور که در بخش مطالعات مسیر توضیح داده شد، محاسبه می کند. لازم به ذکر است که وزن معیارها در سیستم با استفاده از روش فازی AHP گروهی بر مبنای اولویت هایی که توسط کارشناسان و کاربران در شکل (۸) وارد می کنند، محاسبه می گردد. همانطور که در شکل مشخص است، از روش فازی برای بیان ترجیحات توسط کاربران استفاده شده است. مقایسه زوجی بین معیارها توسط کارشناسان و کاربران با استفاده از متغیرهای زبانی صورت می گیرد. در این تحقیق، مقایسه زوجی معیارها توسط دو کارشناس حمل و نقل و دو کاربر انجام گرفت. دو کارشناس حمل و نقل تمامی معیارها و زیر معیارها را مقایسه کرده درحالی که دو کاربر تنها زیرمعیارهای زیست-محیطی، اجتماعی، اقتصادی را مقایسه کرده اند.

این سیستم، برای محور سرپل ذهاب-گیلانغرب به صورت نمونه پیاده سازی گردید. این محور دارای چهار واریانت پیشنهادی بوده است که واریانت سوم از لحاظ زیست محیطی، اجتماعی-اقتصادی، توریستی دارای اثرات کمتر و شیب طولی، ارتفاع ترانشه، عملیات خاکی و تعداد قوس خطرناک نسبت به سایر واریانت های پیشنهادی مناسب تر است، به عنوان واریانت ارجح انتخاب گردید. شکل (۹)، واریانت های پیشنهادی و مسیر بهینه را نشان می دهد.

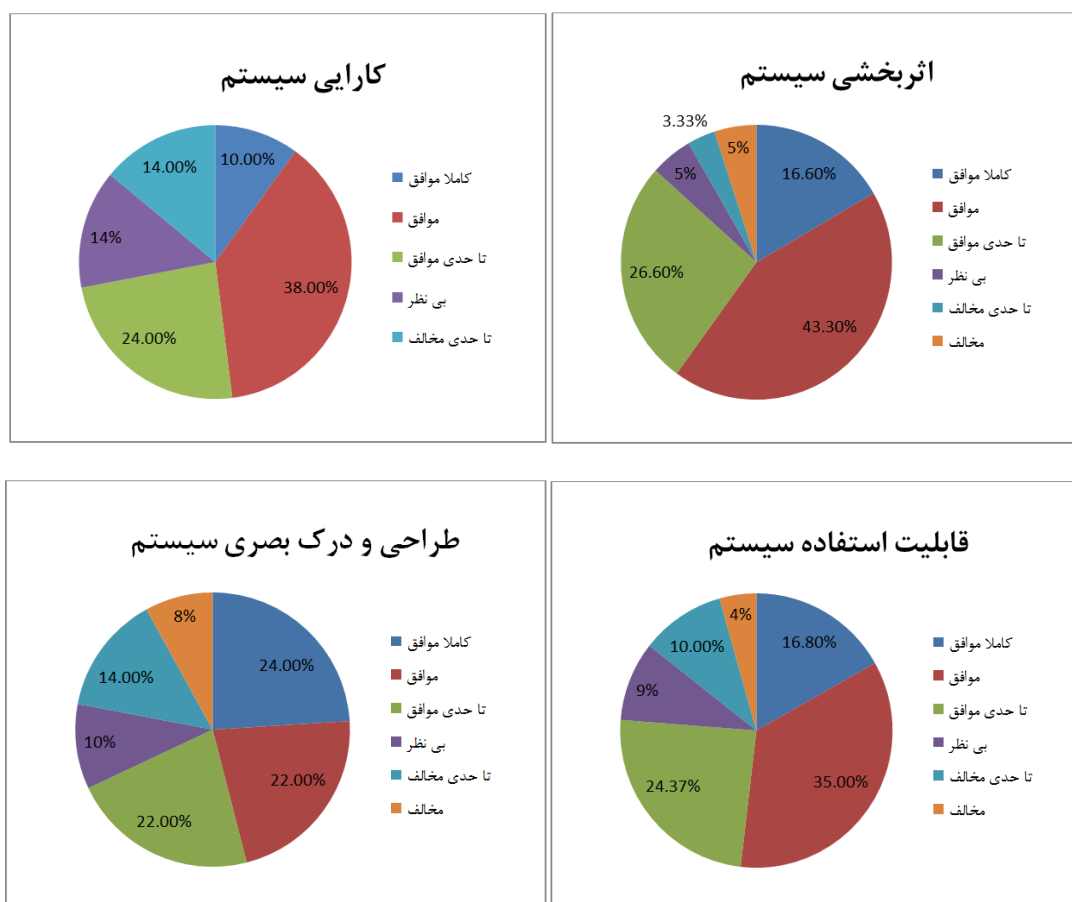
۶- ارزیابی قابلیت استفاده سیستم

قابلیت استفاده نقش مهمی در فرآیند توسعه نرم افزارها به ویژه تحت وب بازی می کند. تکنیک های ارزیابی قابلیت استفاده بر اینکه چگونه می توان سیستم های کامپیوتری را کاراتر، لذت بخش تر و دسترس پذیرتر با در نظر گرفتن نیازها و اولویت های کاربران ساخت، تمرکز دارند. قابلیت استفاده مربوط به چگونگی تعامل سیستم با کاربران می باشد [۳۵].

به منظور ارزیابی سیستم پرسشنامه ای بر اساس معیارهای مختلف (در سه دیدگاه اثربخشی، کارایی و طراحی و درک بصری)، طراحی و بین ۱۰ نفر توزیع گردید. تعداد پنج نفر از این افراد آشنایی با علوم مکانی نداشتند و افراد دیگر تا حدودی با علوم مکانی آشنا بودند. این افراد پس از توضیح در مورد سیستم و کار با آن، میزان رضایت خود از سیستم را در سه دیدگاه اثربخشی، کارایی و طراحی و درک بصری در قالب سوالات پرسشنامه بیان کردند.

با توجه به پاسخ افراد می توان در کل قابلیت استفاده ی سیستم را خوب ارزیابی کرد به طوریکه می تواند باعث

ارتقای سطح مشارکت مردم در برنامه ریزی حمل و نقل گردد. از آن جا که حدود ۱۶،۶٪ پاسخ ها به سوالات اثربخشی کاملاً موافق، ۴۳،۳٪ موافق، ۲۶،۶٪ تاحدی موافق، ۵٪ بی نظر، ۳،۳۳٪ تاحدی مخالف و ۵٪ مخالف می باشد، نشان دهنده ی تمایل مردم در مشارکت در امر برنامه ریزی حمل و نقل و به اشتراک گذاری اطلاعات مکانی است. از دیدگاه کارایی پاسخ افراد به سوالات، ۱۰٪ کاملاً موافق، ۳۸٪ موافق، ۲۴٪ تاحدی موافق، ۱۴٪ بی نظر، ۱۴٪ تاحدی مخالف می باشد. در نتیجه میزان رضایت افراد از کارایی سیستم نیز مطلوب است و بیانگر این موضوع می باشد که انجام کارهای مختلف و یادگیری سیستم پیاده سازی شده تقریباً ساده است و کاربران می توان به سادگی از آن استفاده کنند. پاسخ افراد به سوالات طراحی و در بصری سیستم، ۲۴٪ کاملاً موافق، ۲۲٪ موافق، ۲۲٪ تاحدی موافق، ۱۰٪ بی نظر، ۱۴٪ تاحدی مخالف و ۸٪ مخالف می باشد. شکل (۱۰) در صد پاسخ به سوالات از سه دیدگاه اثربخشی، کارایی و طراحی و درک بصری از سوی کاربران را نشان می دهد.



شکل ۱۰- ارزیابی قابلیت استفاده سیستم

۷- نتیجه گیری

افزایش تولید اطلاعات مکانی توسط شهروندان با ظهور پلتفرم‌های وب ۲،۰ و دستگاه‌های مجهز به GPS، باید مورد توجه قرار گیرد. این اطلاعات مکانی، منابع باارزشی هستند که می‌توانند در زمینه SDI به منظور تکمیل و به روزرسانی تلفیق شوند. با وجود تفاوت‌هایی که بین SDI و VGI وجود دارد، این دو پدیده کاملاً جدا نیستند و می‌توانند با توسعه و مهندسی مجدد برخی از بخش‌های SDI با توجه به نیازها و اولویت‌های کاربر، در یک چارچوب قرار گیرند. در این مقاله زیرساخت داده مکانی داوطلبانه ارائه گردید. در این زیرساخت، استانداردها و سیاست‌ها برای تولید و دسترسی به داده‌های VGI توسط دولت تعیین می‌شوند. این سیاست‌ها و استانداردها باید شامل سیاست‌ها و استانداردهایی برای جذب افراد در تولید و به اشتراک‌گذاری اطلاعات، معیارهای پذیرش VGI، تضمین کیفیت VGI و ایجاد محیط‌های استاندارد و کاربرپسند برای تسهیل مشارکت مردم باشد. افراد با توجه به این سیاست‌ها و استانداردها می‌توانند اطلاعات مکانی خود را تولید و به اشتراک بگذارند. بنابراین علاوه بر داده‌های مبنایی می‌توان از اطلاعات VGI نیز به منظور بهبود تصمیم‌گیری‌ها در بسیاری از حوزه‌ها استفاده کرد.

برای بررسی عملی مدل فوق، یک سیستم مبتنی بر مفاهیم VSDI و فناوری‌های وب ۲،۰ با استفاده از داده‌ها و اطلاعات محور سرپل‌ذهاب-گیلانغرب توسعه داده شد. در این سیستم سعی شد با طراحی آگاهانه، از پتانسیل مردمی در جهت جمع‌آوری اطلاعات مکانی از منطقه مورد مطالعه استفاده گردد. این محور دارای چهار واریانت پیشنهادی بود که با در نظر گرفتن تمامی معیارهای موثر و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ویکور و AHP، واریانت سوم که مقدار ارزیابی اثرات کمتر و از لحاظ معیارهای فنی نیز مناسب‌تر بود، انتخاب گردید. در این

تصمیم‌گیری نقش هر یک از اطلاعات دولتی و مردمی به دلیل اهمیت و دانش محلی مردم، یکسان در نظر گرفته شده است. انتخاب مسیر بهینه، همواره از جمله مسائل حمل‌ونقلی است که نیازمند ارتباط بین سازمان‌های مختلف مسئول، در نظر گرفتن عوامل مختلف و همچنین مشارکت مردم به عنوان اصلی‌ترین افرادی که از این پروژه متاثر می‌شوند، می‌باشد. با توجه به گستردگی این مسئله، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، به صرف هزینه‌های گزاف و تامین نیروی انسانی نیاز دارد. به این ترتیب، بکارگیری زیرساخت داده مکانی داوطلبانه که امکان تلفیق اطلاعات با ارزش VGI را با دیگر منابع موجود فراهم می‌کند، راه حل مناسب می‌باشد. به عبارت دیگر، در نظر گرفتن VGI به عنوان منبع دیگری از اطلاعات مکانی و نیز ایجاد SDI برای تسهیل هماهنگی بین ذینفعان مختلف، می‌تواند بسیاری از مشکلات موجود در این حوزه را برطرف سازد. SDI داوطلبانه، نقش برجسته‌ای در افزایش مشارکت مردم با در نظر گرفتن نیازها و اولویت‌های کاربران در تولید و انتشار اطلاعات مکانی دارد. با افزایش مشارکت مردم و استفاده از نیروی مردمی در جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، هزینه‌های تولید اطلاعات مکانی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، افزایش نقش و دخالت مردم در این مسئله، می‌تواند میزان رضایتمندی آن‌ها را افزایش دهد. بنابراین از این طریق، مسیری که تعارض کمتری با منافع مردم و سازگاری بیشتری با نیازهای مردم، مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و توریستی دارد، انتخاب می‌شود.

در این مقاله سیستم مبتنی بر VSDI برای انتخاب مسیر با تمرکز بر روی جز داده و با استفاده از سرویس‌های پایتون پیاده‌سازی گردید. به کارگیری سرویس‌های استاندارد OGC مانند سرویس پردازشی WPS از تحقیقات آینده این تحقیق به شمار می‌رود.

مراجع - منابع فارسی به لاتین برگردانیده شود

- [1] Hennig, S., Belgium, G., Wallentin, K., and Hormanseder, K. (2011) "User-centric SDI: Addressing users in a third-generation SDI". Paper presented at the INSPIRE Conference, 27 June-1 July, Edinburgh.
- [2] Groot, R. and McLaughlin, J. D. (2000) "Geospatial data infrastructure: concepts, cases, and good practice", Oxford university press Oxford.
- [3] Hansen, S. H. , Schröder, L., Hvingel, L. and Christiansen, J. S. (2011) "Towards Spatially Enabled e-Governance- A Case Study on SDI implementation", International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, Vol. 6, PP. 73-96.

- [4] Ghaemi, A. A., Samadzadegan, F., Rajabifard, A. and Yadegari, M. (2010) "Implementing a municipal SDI with service oriented architecture", In GSDI 12 World Conference: Realising Spatially Enabled Societies, Singapore.
- [5] Díaz, L., Granell, C., Gould, M., and Huerta, J. (2011). "Managing user-generated information in geospatial cyberinfrastructures" *Future Generation Computer Systems*, Vol. 27, No. 3, PP. 304-314.
- [6] Díaz Sánchez, L., Nuñez Redó, M., González, D., Altaba, G., Antonio, J., Aragón Galindo, Pultar, E., and Huerta Guijarro, J. (2012). "Interoperable Search Mechanisms for Web 2.0 Resources", *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, Vol. 7, PP. 277-299.
- [7] Deparday, V. (2010) "Enhancing Volunteered Geographical Information (VGI) Visualization with Open Source Web-Based Software", Master Thesis, University of Waterloo.
- [8] Budhathoki, N. R., and Nedovic-Budic, Z. (2008). "Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure" *GeoJournal*, Vol. 72, No. 3-4, PP. 149-160.
- [9] Álvarez, M. , Fernández, D. T., and Iglesias, R. C. (2010) "Social networks and Web 2.0 tools as a good complement to the local SDI's". *Proceedings of the GSDI12*, 19-22 October, Singapore.
- [10] Asgari, A. (2005) "Effective Parameters in Technical, Economical, Social and Environmental Assessment of Road and Railway Projects", Ministry of Roads and Transportation, winter (in persian)
- [11] Piantanakulchai, M. (2005) "Analytic network process model for highway corridor planning", Paper presented at the Proceedings of 8 International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, 8-10 July, Honolulu, Hawaii.
- [12] Williamson, I., Rajabifard, A., & Binns, A. (2007). "The role of spatial data infrastructures in establishing an enabling platform for decision making in Australia", *Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts*, PP. 121-132.
- [13] Rajabifard, A., and Williamson, I. P. (2001). "Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions", Paper presented at the GEOMATICS'80 Conference, Teheran, Iran.
- [14] Rajabifard, A., Feeney, M. E. F., and Williamson, I. P. (2002). "Future directions for SDI development" *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 4, No. 1, PP. 11-22.
- [15] Sadeghi-Niaraki, A., Rajabifard, A., Kim, K., and Seo, J. (2010). "Ontology based SDI to facilitate spatially enabled society", In *Proceedings of GSDI 12 World Conference*, 19-22 October, Singapore, pp. 19-22.
- [16] Ho, S. and Rajabifard, A., (2010) "Learning from the crowd: The role of volunteered geographic information in realising a spatially enabled society", *Proceedings of the GSDI12*, 19-22 October, Singapore.
- [17] Castelein, W., Grus, L., Crompvoets, J. and Bregt, A. (2010) "A characterization of volunteered geographic information" *13th AGILE International Conference on Geographic Information Science*, 10-14 May, Guimarães, Portugal.
- [18] Goodchild, M. F. (2007). "Citizens as sensors: the world of volunteered geography", *GeoJournal*, Vol. 69, No. 4, PP. 211-221.
- [19] Craglia, M., (2007). "Volunteered Geographic Information and Spatial Data Infrastructures: when do parallel lines converge". In Position paper for the Specialist Meeting on Volunteered Geographic Information, December 13-14.
- [20] Mooney, P. and Corcoran, P. (2011). "Can Volunteered Geographic Information be a participant in eEnvironment and SDI?." *Environmental Software Systems. Frameworks of eEnvironment*. Springer Berlin Heidelberg, PP. 115-122.
- [21] Sabone, B. (2010). "Assessing Alternative Technologies for Use of Volunteered Geographic Information in Authoritative Databases", M.Sc.E. thesis, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report, University of New Brunswick.
- [22] Cooper, A. K., Rapant, P., Hjelmager, J., Laurent, D., Iwaniak, A., Coetzee, S., Mollering, H. and Düren, U. (2011). "Extending the formal model of a spatial data infrastructure to include volunteered geographical information" *25th International Cartographic Conference*, 4-8 July, Paris, France.
- [23] Fernández, T. D. and Fernández, J. L. C. (2008) "Towards Semantic Spatial Data Infrastructures: A framework for sustainable development", Paper presented at the *Proceedings of GSDI 10 World Conference*, 25-29 February, Trinidad.
- [24] Gliozzo, G., (2010). "Bridging the gap between user generated spatial content and the semantic web" Master Thesis, *Geographical Information Management and Applications*, Delft University of technology.
- [25] Kuwabara, K., Kuwahara, N., Yasuda, K. and Abe, S. (2006). "Semantic Web Enabled User Interaction for Cognitive Prostheses", *The 3rd International Semantic Web User Interaction Workshop*, 6 November, Athens, Georgia, USA.

- [26] Kalamaras, G., Brino, L., Carrieri, G., Pline, C. and Grasso, P. (2000). "Application of multicriteria analysis to select the best highway alignment" *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vo. 15, No. 4, PP. 415-420.
- [27] Jong, J. C. and Schonfeld, P. (1999) "Cost functions for optimizing highway alignments", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1659, No. 1, PP. 58-67.
- [28] Geneletti, D. (2005) "Multicriteria analysis to compare the impact of alternative road corridors: a case study in northern Italy", *Impact Assessment and Project Appraisal*, Vol. 23, No. 2, PP. 135-146.
- [29] Keshkamat, S., Looijen, J. and Zuidgeest, M. (2009) "The formulation and evaluation of transport route planning alternatives: a spatial decision support system for the Via Baltica project" *Poland. Journal of transport geography*, Vo. 17, No. 1, PP. 54-64.
- [30] El-Gafy, M., Abdelrazig, Y. and Abdelhamid, T. (2010) "Environmental impact assessment for transportation projects: case study using remote-sensing technology, geographic information systems, and spatial modeling", *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 137, No. 2, PP. 153-158.
- [31] Saaty, T. L. (1980) "The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation", McGraw-Hill, Northwestern University.
- [32] Zanjirchi, M., (1390). "The process of fuzzy hierarchy analysis" Saneei Publisher. Tehran.
- [33] Huang, J. J., Tzeng, G. H. and Liu, H., H. (2009) "A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making-The Perspective of Regret Theory", *Cutting-Edge Research Topics on Multiple Criteria Decision Making*, Springer, Vol. 35, PP. 761-768.
- [34] Nisel, S. (2014). An extended VIKOR method for ranking online graduate business programs. *International Journal of Information and Education Technology*, 4(1), 103.
- [35] Zhao, J. (2007). An empirical usability evaluation of a Web-based Public Participation Geographic Information System and discussion forum. Master thesis, University of New Brunswick, Canada.