طراحی سیستمی برای حمل و نقل جاده‌ای با استفاده از تلفیق اطلاعات مکانی داوطلبانه (VGI) و زیرساخت داده مکانی(SDI)

مریم شاکری(مسئول مکاتبات)، دانشجوی‌کارشناسی‌ارشد، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
عباس علیمحمدی، دانشیار، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
ابوالقاسم صادقی نیارکی، استادیار، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
علی‌اصغر آل شیخ، دانشیار، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
Email: mshakeri@mail.kntu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۰ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۵

چکیده:

در برنامه‌ریزی مسیر حمل‌ونقل به طور کلی یک یا چند گزینه پیشنهاد می‌شود. فرآیند انتخاب بهترین گزینه مسیر، با در نظر گرفتن حداقل اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و برآورده‌شدن معیارهای مهندسی حمل‌ونقل انجام می‌شود. این فرآیند بدون توجه به الگوهای فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی و یک برنامه خوب برای مشارکت مردم و برقراری هماهنگی بین سازمانهای مختلف مرتبط با پروژه، با مشکل مواجه خواهد شد. علاوه بر این، کمبود اطلاعات کافی، به‌روز نبودن اطلاعات یا نبود یک روش یکسان در جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، معمولاً از بزرگ‌ترین موانع در به دست آوردن نتایج منطبق بر واقعیت‌ها است. در این زمینه، زیرساخت داده مکانی برای توسعه استانداردهای مشترک و مکانیزم به اشتراک‌گذاری داده بین سازمانهای مختلف، می‌تواند بسیار مفید باشد. از طرف دیگر، استفاده از فنآوری‌های وب ۲,۰ که امکان تولید و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی توسط مردم را فراهم کرده‌اند، مشارکت مردم را تسهیل می‌کند. این داده‌های تولید شده توسط مردم که VGI نامیده می‌شوند، می‌توانند به منظور تکمیل و به‌روزرسانی اطلاعات مکانی مورد نیاز استفاده شوند. هدف از این مقاله، طراحی سیستمی برای انتخاب بهترین گزینه مسیر با در نظر گرفتن ارزیابی اثرات و معیارهای مهندسی حمل‌ونقل گزینه‌های پیشنهادی و ایجاد محیطی برای تسهیل به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی و مشارکت‌مردم است. این سیستم با استفاده ازروشهای تصمیم‌گیری، یک روش مناسب، سریع و قایل اطمینان برای دستیابی به بهترین گزینه براساس معیارهای مهم، فراهم می‌کند. نتایج این تحقیق، موفقیت زیرساخت داده‌مکانی در تلفیق با VGI در زمینه انتخاب بهترین گزینه مسیر را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که می‌تواند به کاهش هزینه‌های غیرضروری، کاهش آلودگیهای زیست‌محیطی و افزایش سطح رضایتمندی مردم کمک کند.

واژه های کلیدی: انتخاب بهترین گزینه مسیر، زیرساخت داده مکانی[۱] (SDI)، اطلاعات مکانی داوطلبانه[۲] (VGI)، مشارکت مردم.

۱. مقدمه

راه از عناصر مهم زندگی نوین به شمار می‌آید و زمینه‌های رشد و توسعه اقتصادی و همچنین بالا بردن کیفیت زندگی مردم را فراهم می‌کند. تقاضا برای راه در پی افزایش تقاضا برای جابجایی مردم و کالا در اغلب کشورهای توسعه یافته است. این افزایش تقاضا، ساخت و توسعه زیرساخت‌های راه را اجتناب‌ناپذیر ساخته 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 محیط‌زیست هستند. شناسایی این اثرات قبل از اجرای پروژه‌ها می‌تواند برنامه‌ریزان و تصمیم گیران را در انتخاب پروژه‌هایی که دارای بیشترین آثار مثبت و کمترین آثار منفی هستند، یاری نماید [Asgari, 2005]. طراحی مسیر از فرآیندها و زیر فرآیندهای متعددی از جمله برنامه‌ریزی تا ساخت‌وساز واقعی تشکیل شده است. در برنامه‌ریزی مسیر حمل‌ونقل به طور کلی یک یا چند گزینه مسیر پیشنهاد می‌شود. این فرآیند، با انتخاب بهترین گزینه مسیر بر اساس عوامل مختلف باهدف کاهش مشکلات ساخت‌وساز، بیشینه کردن قابلیت‌های عملیاتی پروژه، کاهش اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی و بیشینه کردن سرمایه‌گذاری اقتصادی تعریف می‌شود. در عمل، بهترین گزینه با در نظر گرفتن چند معیار مانند اثرات اقتصادی، مهندسی، زیست‌محیطی، اجتماعی و گردشگری انتخاب می‌شود [Pianta-nakulchai, 2005]. برنامه‌ریزی مسیر، یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده است و نیاز به تبادل حجم زیادی از داده‌های مکانی و اغلب همکاری بین سازمانهای مختلف دارد. هماهنگی سازمان حمل‌ونقل با ذینفعان مرتبط با پروژه یعنی سازمان محیط‌زیست، جنگل‌ها و مراتع، میراث فرهنگی و زمین‌شناسی باعث تسهیل کارها به هنگام اجرای پروژه می‌شود. اما در حال حاضر هیچ فرآیند سازمانی و فنی برای دست‌یابی به یک زیرساخت داده مناسب وجود ندارد. بنابراین نیاز به توسعه استانداردهای مشترک و مکانیزم ساده تبادل داده برای حمایت از تصمیم‌گیری‌ها به شدت احساس می‌شود. از آنجا که یکی از اهداف اصلی پروژه‌های حمل‌ونقل، ارتقای کیفیت خدمات به استفاده‌کنندگان است، بهره گرفتن از مردم که استفاده‌کننده اصلی حمل‌ونقل هستند، در فرآیندهای تصمیم‌گیری حمل‌ونقل، ضروری به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر مشارکت مردم می‌تواند کارآیی پروژه را بهبود بخشد؛ زیرا از طریق مشارکت، طراحی و اجرا به دلیل اطلاعات مردم و گروه‌های ذینفع بسیار مؤثرتر صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، نبود اطلاعات کافی و به روز از منطقه مورد مطالعه (بویژه در حوزه محیط زیست، مسائل اجتماعی، گردشگری منطقه)، یکی از بزرگ ترین مشکلات در این زمینه است. برای مثال، داده‌های مربوط به مکان‌هایی که برای مردم منطقه بسیار حائز اهمیت هستند، ممکن است جمع‌آوری نشوند یا این اطلاعات به روز نباشند. نداشتن این اطلاعات، ممکن است به طراحی مسیری منجر شود که از جنبه مهندسی ایده‌آل است، ولی باعث تخریب این مناطق و در نتیجه نارضایتی مردم و گاهی باعث توقف پروژه می‌شود. استفاده از نیروی مردمی که دارای دانش محلی در باره منطقه خود هستند، می‌تواند در تکمیل و به روز رسانی داده‌های موجود از منطقه کمک کند. سیستم ارایه شده، با هدف تسهیل مشارکت مردم در به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی، می‌تواند در زمینه برنامه‌ریزی مسیر برای انتخاب مسیر با استفاده از اطلاعات کامل تر و به روزتر مفید و مؤثر باشد. علاوه بر این، این سیستم می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و خسارات پروژه از طریق کاهش نیاز به بازدید مکرر از منطقه و یا بازنگری و دوباره‌کاری کمک کند. بنابراین، استفاده از دانش و اطلاعات مردم به عنوان یک منبع اطلاعات مهم، برای دستیابی به یک تصمیم بهتر و کارآتر بسیار حائز اهمیت است. با این وجود، مشارکت مردم در این زمینه، به دلیل پیچیدگی کار، عدم وجود بستر یا روش مناسب برای تسهیل مشارکت مردم، جمع‌آوری و آنالیز اطلاعات و نظرات آنها تاکنون

با موفقیت انجام نشده است. زیرساخت داده‌های مکانی، محیطی است که در آن همه ذینفعان داده‌های مکانی می‌توانند با یکدیگر همکاری کنند و با استفاده از فنآوری، برای رسیدن بهتر به اهداف خود در سطوح مختلف سیاسی- اداری با یکدیگر تعامل برقرار کنند [Rajabifard and Williamson, 2001]. SDI، دسترسی، به اشتراک‌گذاری، تلفیق داده‌های مکانی و سرویس‌های مرتبط را برای ارایه به کاربر نهایی در یک پلتفرم مشترک فراهم می‌کند. اکثر SDI ها معمولاً تنها شامل شرکت‌کنندگانی که نقش‌های سنتی یا تجاری در تولید اطلاعات مکانی مانند سازمانهای دولتی و خصوصی داده‌های مکانی دارند، هستند و بخش بزرگی از جامعه از جمله گروه‌های اجتماعی یا شهروندان را در نظر نمی‌گیرند [Ho and Rajabifard, 2010]. فنآوری‌های وب ۲,۰ فرصت‌های زیادی را برای توسعه SDI، ارایه می کنند. ظهور پلتفرم‌های وب ۲,۰ و ابزار آسان برای استفاده، شهروندان عادی را به تولید و به اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی در اینترنت تشویق می‌کند. این یک تکنیک متفاوت از متدولوژی‌های ساخت بالا به پایین و مکانیزم‌های پیچیده SDI است. این مسئله، باعث ظهور پدیده‌ای جدید به نام VGI شده است [Díaz et al. 2012]. به اشتراک گذاشتن و در دسترس بودن اطلاعات VGI در درون جریان SDI، می‌تواند به طور قابل‌ملاحظه‌ای آنالیز مکانی سنتی و وظایف پشتیبانی از تصمیم‌گیری را بهبود بخشد [Díaz et al. 2011]. در نظر گرفتن VGI در زیرساخت داده مکانی، یک زیرساخت غنی تر از اطلاعات مکانی ایجاد کند که به مدل کاربر محور SDI اشاره می‌کند.هدف از این مقاله، طراحی و توسعه سیستمی برای تسهیل مشارکت مردم عادی در تولید و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی و در نتیجه غنی‌سازی SDI در جهت ایجاد SDI کاربر محور است. در این مقاله، سیستمی تحت وب با توجه به مفاهیم زیرساخت داده مکانی کاربر محور در زمینه انتخاب مسیر بهینه طراحی و پیاده‌سازی شده است. در این سیستم با بکارگیری فنآوری‌های وب ۲,۰، کاربران به راحتی می‌توانند داده‌های مکانی و توصیفی از محیط‌زیست و اجتماع خود را به اشتراک بگذارند. این اطلاعات به منظور توسعه SDI، بر طبق استانداردهای موجود در SDI در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. با در نظر گرفتن تمام اطلاعات موجود در پایگاه داده و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP و VIKOR، مسیر بهینه در سیستم انتخاب می‌شود.

۲. پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی در زمینه، تلفیق داده‌های حاصل از مشارکت مردم در زیرساخت داده مکانی باهدف توسعه SDI به سمت یک پلتفرم کاربر محور انجام شده است. نونز- ردو و دیگران در سال ۲۰۱۱ یک وب سرویس ارایه می‌دهد که یک رابط استاندارد و یک نقطه ورودی منحصربه‌فرد برای کشف و بازیابی مستقیم داده‌های مکانی از سرویس‌های SDI و سرویس‌های وب ۲,۰ را ارایه کرده اند. این سرویس امکان جستجوی مکانی- زمانی را بر روی داده‌های VGI موجود در شبکه‌های اجتماعی و پلتفرم‌های crowdsourcing فراهم می‌کند. یک نمونه به عنوان تأیید عملی در سناریوی آتش‌سوزی جنگل پیاده‌سازی شده است که در آن چگونگی تلفیق داده‌های علمی و محتوای وب ۲,۰ نشان داده می‌شود [Núñez-Redó et al. 2011]. دیاز و دیگران در سال ۲۰۱۱ برای گسترش SDI، مکانیزم‌هایی را برای کمک به کاربران در مدیریت منابع مکانی، نه تنها در دستیابی به منابع توزیع شده، بلکه در استقرار و توزیع آنها در SDI، ارایه کرده‌اند. این مکانیزم‌ها در قالب مولفه چارچوب سرویس[۳] در معماری توزیع شده بر اساس قوانین INSPIRE قرارگرفته‌اند. چارچوب سرویس نقش اساسی در الگوی ارایه سرویس دارد، زیرا به عنوان تولیدکننده سرویس عمل می‌کند؛ منابع داده را دریافت می‌کند و یک سرویس استاندارد (WFS،

WMS) متناظر با آن برای قرارگیری در SDI برمی‌گرداند [Díaz et al. 2011]. میراندا و دیگران در سال ۲۰۱۱، معماری برای سیستم‌های اطلاعاتی که VGI را در SDI شهری دریافت می‌کنند، ارایه می‌نماید. در این معماری، با در نظر گرفتن SOA برای SDI، دو المان دیگر برای پذیرش VGI اضافه شده است. این معماری برای یکی از پروژه های شهرداری Vicosa پیاده سازی شده است[Miranda et al. 2011].در زمینه راه و انتخاب بهترین گرینه مسیر، در طول سال‌های گذشته تحقیقات بسیاری انجام شده است که استفاده از زیرساخت داده مکانی و مشارکت مردم در آنها از اهمیت بسیاری برخوردار است. کشکامات در سال ۲۰۰۹، روش آنالیز شبکه چند معیاره مکانی را برای تولید گزینه‌های مسیر تحت سیاست‌های مختلف، ارایه کرده است. این روش، مقررات و نگرانی‌های زیست‌محیطی را همراه با ملاحظات دیگر که به همان اندازه مهم هستند، مانند کارآیی سیستم حمل‌ونقل، ایمنی، نیازهای اجتماعی- اقتصادی در نظر می‌گیرد. همچنین سیستم حامی تصمیم‌گیری مکانی که می‌تواند برای مقایسه گزینه‌های مختلف مسیر مورد استفاده قرار گیرد، ارایه شده است [Keshkamat, Looijen and Zuidgeest, 2009]. گنلتی در سال ۲۰۰۶، آنالیز چند معیاره مکانی را به همراه سیستم اطلاعات مکانی برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف مسیر برای توسعه جاده استفاده کرده است. این تحقیق اثر گزینه‌های مختلف مسیر را با در نظر گرفتن معیارهای زیست‌محیطی محاسبه می‌کند. در نتیجه با انجام ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، مسیر بهینه انتخاب می‌شود [Geneletti 2005]. گافی و دیگران در سال ۲۰۱۱، چارچوبی را برای آنالیز مرحله ارزیابی اثرات زیست‌محیطی گزینه‌های مختلف مسیر پروژه حمل‌ونقل، بر اساس تلفیق سنجش از دور، سیستم اطلاعات مکانی و مدل‌سازی‌های مکانی ارایه کرده‌اند. در این چارچوب با استفاده از مقایسه زوجی (روش وزن‌دهی)، مقدار ارزیابی هر گزینه با در نظر گرفتن اثرات اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی آنها، به دست می‌آید و بهترین گزینه با مقدار اثرات کمتر انتخاب می‌شود [El-Gafy, Abdelrazig and Ab-delhamid, 2011]. عامری و همکاران در سال ۹۰، به بررسی عوامل مؤثر بر مشارکت مردم در حمل‌ونقل پایدار پرداخته‌اند. آنها الگویی برای جلب مشارکت مردم در فرآیند تهیه، تصویب، اجرا و نظارت بر اجرای طرح‌های حمل‌ونقل پیشنهاد کرده‌اند [Ameri et al. 2011]. آلاگان در سال ۲۰۰۷، به بررسی نقاط قوت و ضعف سیستم اطلاعات مکانی مشارکتی و استفاده از تکنیکهای بصری سازی مکانی[۴] برای ارزیابی زیست‌محیطی پروژه حمل‌ونقل پرداخته است. این تحقیق پروژه حمل‌ونقل برای اینکه تا چه میزان متدها و تکنیکهای بصری سازی مکانی جوامع محلی را در درک کامل، مشارکت و دسترسی به داده‌های پروژه و تأثیرگذاری در فرآیند ارزیابی زیست‌محیطی پروژه‌های حمل‌ونقل توانمند می‌سازد، ارزیابی می‌کند[Alagan, 2007].

۳. فنآوریهای وب ۲,۰ و اطلاعات مکانی داوطلبانه

وب ۲,۰ اشاره به نسل جدیدی از وب دارد که در آن محتواها به وسیله کاربران، تولید شده و به اشتراک گذاشته می‌شود. اصطلاح وب ۲,۰ برای اولین مرتبه در سال ۲۰۰۴ در کنفرانسی که در آن موضوع اصلی احیا و تکامل وب بود، مورد استفاده قرار گرفت. وب ۲,۰، تکاملی از وب ۱,۰ است [Álvarez, Abdelhamid and Cruz, 2010]. وب ۲,۰ یک تغییر الگو عمده را در اینکه چگونه اطلاعات ایجاد، سفارش، کشف و بهنگام‌سازی و در اینترنت درک می‌شوند، معرفی کرده است. بیان ویژگی‌های وب ۲,۰ به درک ماهیت نوآورانه آن، کمک می‌کند:

* **محتوای تولیدشده کاربر**: تفاوتی بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان اطلاعات وجود ندارد، ارتباط دو طرفه بین آنها برقرار است.

* **پیمانهای شبکه**[۶]: با کمک استانداردها و تعامل پذیری، هر

قطعه از اطلاعات در همه جا حاضر است و هر سیستمی می‌تواند اطلاعات را با منابع مختلف تلفیق کند.

* **بعد اجتماعی**: کاربران دیگر به صورت منفرد عمل نمی‌کنند، آنها می‌توانند ارتباطاتی را بین یکدیگر برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات ایجاد کنند.

امکان افزودن محتوا به وب سایتهای موجود یا حتی ایجاد وب‌سایت خود برای هر کس که می‌تواند به اینترنت دسترسی داشته باشد، بدون نیاز به دانش تخصصی در فنآوری‌های اطلاعات، انقلابی‌ترین ویژگی وب ۲,۰ است. با در نظر گرفتن این مفهوم برای اطلاعات مکانی Goodchild، وب ۲,۰ را به عنوان کانال مستقیم و کاربرپسند برای ایجاد شبکه‌های "سنجنده‌های انسانی[۵]" که مجموعه داده‌های اصلی VGI با پتانسیل بالا برای برنامه‌های کاربردی تولید می‌کنند، معرفی می‌کند [Longueville, 2010]. VGI، هر نوع محتوایی را که یک عنصر مکانی دارد و به صورت داوطلبانه جمع‌آوری شده است، توصیف می‌کند. با این وجود عنصر متمایز آن این است که به طور معمول مشارکت‌کننده در مفاهیم مکانی آموزش داده نشده است. در عوض، این دانش تخصصی عمدتاً توسط فنآوری (برنامه‌های زیادی اکنون این مفاهیم را در برنامه خود کد گذاری می‌کنند) جایگزین شده است [Ho and Rajabifard, 2010]. یکی از اهداف تولید و استفاده از منابع VGI می‌تواند برای تقویت، بهنگام‌سازی و تکمیل پایگاه‌های داده مکانی موجود باشد. از این دیدگاه، اطلاعات مشارکتی به عنوان منابع برای افزودن به داده‌های موجود، بخصوص زمانی که بودجه‌های عمومی و نیروی انسانی نمی‌توانند یک مجموعه داده کامل را تولید کنند، یا هنگامی‌که مقیاس‌های مکانی و زمانی پدیده فراتر از ظرفیت‌های رسمی سازمانهای تولید داده و روش‌ها برای توسعه مجموعه داده‌های کامل فعلی هستند، در نظر گرفته می‌شوند

۴. زیرساخت داده مکانی (SDI)

دسترسی و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی، همیشه به عنوان یک چالش بزرگ برای محققین مطرح بوده است. زیرساخت داده مکانی با ایجاد بستری مناسب برای همکاری بین سازمانهای مختلف تولیدکننده داده، نقش کلیدی دربه‌اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی بازی می‌کند. زیرساخت داده مکانی، چارچوبی از سیاستها، استانداردها و فنآوری است که ارایه‌دهندگان داده را به انتشار و کاربران را به دسترسی و تلفیق اطلاعات مکانی ناهمگون توزیع یافته، قادر می‌سازد [Hansen et al. 2011]. هدف SDI تسهیل و هماهنگی به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی بین ذینفعان بر اساس مفهومی پویا و سلسله مراتبی است [Williamson, Rajabifard and Binns, 2006]. ماهیت پویای زیرساخت داده مکانی به سرعت پیشرفت‌های فنآوری و تغییر نیازهای کاربر نسبت داده می‌شود. مردم و داده، عناصر کلیدی در SDI هستند و یک زیرساخت داده مکانی در هر سطح چه محلی، منطقه‌ای، ملی یا حتی جهانی شامل مجموعه‌ای از ذینفعان در داخل و در میان سازمانها از جمله سطوح مختلف دولت، بخش خصوصی و بسیاری از کاربران است [Hansen et al. 2011]. SDI به نوبه خود از تصمیم‌گیری در مقیاسهای مختلف برای اهداف متعدد و افزایش منافع برای جامعه به دلیل 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 باارزش بالقوه، به دست می‌آیند [Williamson, Rajabifard and Binns, 2006]. زیرساخت داده مکانی، دارای ۵ جزء اصلی شبکه‌های دسترسی، سیاست‌ها، استانداردها، داده و مردم است [Rajabifard and Williamson, 2003].

۴-۱ تلفیق VGI در منابع SDI

بر اساس پروژه‌های VGI موجود، Castelein ویژگی‌های کلی

VGI را با استفاده از اجزای SDI به عنوان یک چارچوب جامع، به شرح زیر توصیف می‌کند [Castelein et al. 2010]:

۱- سیاستها و دستورالعملها توسط جوامع کاربران ثبت‌نام شده، تعریف می شوند. کاربران ثبت‌نام شده می‌توانند با دیگر کاربران تعامل داشته و در مورد محتوای کاربران دیگر نظر دهند و آنها را ویرایش کنند.

۲- شبکه‌های دسترسی در مطالعات موردی دو طرفه هستند. آنها می‌توانند نه تنها برای جستجو، مشاهده و دانلود داده‌ها، بلکه برای انتشار و آپلود محتوا نیز مورد استفاده قرار گیرند.

۳- استانداردها برای محتوای داده‌ها، برای مثال خصوصیات داده‌ها و انواع عوارض توصیف می‌شوند. آنها برای هر مطالعه موردی، خاص هستند.

۴- محتوای داده‌ها به یک تمرکز یا موضوع خاص محدود می‌شوند. مطالعات موردی بر نمایش داده‌های منتشر و آپلود شده توسط جامعه خود کاربران، متمرکز هستند.

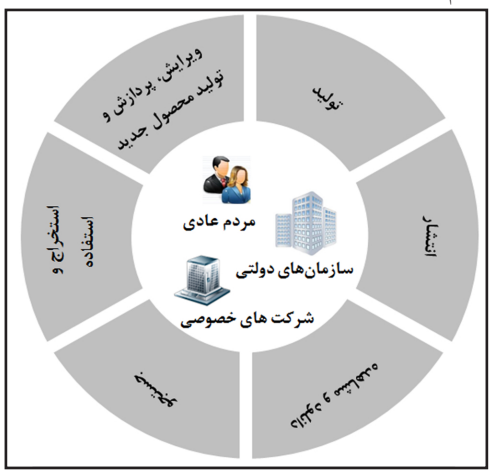
۵- VGI دارای طیف وسیعی از کاربران است، کاربران زیادی ثبت‌نام شده‌اند و به صورت فعال برای داده‌ها مشارکت می‌کنند. هر روز وب‌سایتها تعداد زیادی بازدیدکننده دارند.

بنابراین، فعالیت‌های VGI در تضاد با دیدگاه سنتی کاربر به عنوان دریافت‌کننده غیرفعال داده‌های مکانی است. به منظور توضیح و تطبیق این فعالیت‌ها با مفاهیم SDI، Budhathoki به باز مفهوم‌سازی کاربر SDI به عنوان یک نقش فعال در اطلاعات مکانی پرداخته است. به این معنی که توابع تولید از سازمانهای تخصصی به سازمانهای کاربران و افراد گسترش یافته است. بر این اساس، نقش کاربران، فراتر از دریافت‌کنندگان داده‌های مکانی، به سوی تولیدکننده داده‌های مکانی می رود. این نقش، محدود به سازمانها نیست، افراد و شهروندان عادی نیز می‌توانند در تولید و تأمین اطلاعات مکانی شرکت کنند [Budhathoki, Bruce and Nedovic-Budic, 2008].

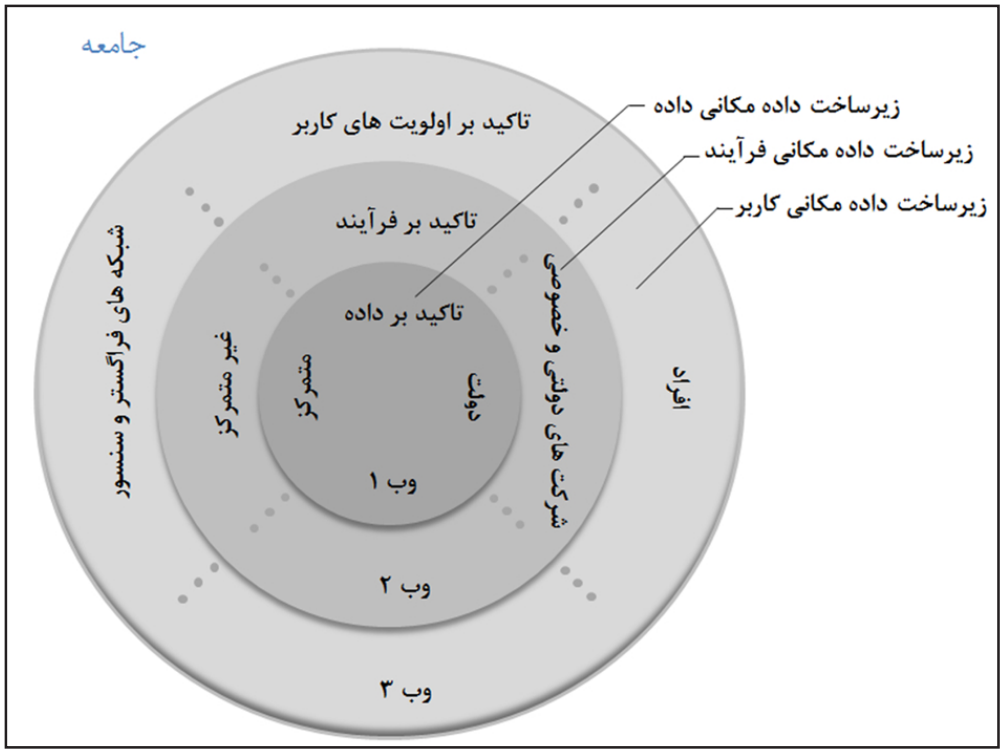
به این ترتیب، شهروندان عادی که می‌توانند با استفاده از فنآوریهای جدید در تولید اطلاعات مکانی مشارکت کنند، می‌توانند در کنار سازمانهای دولتی و خصوصی علاوه بر نقش کاربر SDI، به عنوان تولیدکننده و ارایه‌کننده در SDI رفتار کنند. شکل ۱ نشان می‌دهد که سازمانهای دولتی، خصوصی و شهروندان می‌توانند در نقش کاربر SDI، اطلاعات مکانی را جستجو، مشاهده، دانلود و استفاده کنند؛ در نقش تولیدکننده و ارایه‌دهنده SDI، داده‌های مکانی را تولید، منتشر، ویرایش و برای یک کاربرد خاص بکار برند. با تغییر نقش کاربران SDI در تولید اطلاعات مکانی، شبکه‌ای پیچیده از تولیدکنندگان اطلاعات مکانی ایجاد می‌شود. به این ترتیب، منابع VGI می‌توانند به عنوان یک منبع مکمل اطلاعات رسمی در چارچوب SDI به منظور بهبود تجزیه و تحلیل مکانی و وظایف پشتیبانی تصمیم‌گیری تلفیق شوند[Díaz et al. 2012].پایه و اساس مفهومی SDI در طول دو دهه گذشته توسعه یافته است که می‌تواند در زمینه VGI نیز مفید باشد. ابزارهای مفهومی مانند فراداده (داده در مورد داده)، استانداردها، تعامل‌پذیری، سیاست و سازمان، در تحقیقات SDI تکامل‌یافته‌اند. برای مثال، مفهوم فراداده می‌تواند برای VGI بکار رود (شاید با کاهش اجباری عناصر استانداردهای فراداده برای آماتورها برای انواع اطلاعات مکانی خاص). در حقیقت، فراداده حتی برای VGI مهم‌تر از SDI است، زیرا با توجه به اینکه اطلاعات مکانی توسط تعداد زیادی ازکاربران ارایه شده است، جستجوی آنها سخت تر است. این تجربه بلندمدت در SDI کنونی همراه با اشتیاق مردم در VGI می‌تواند یک زیرساخت غنی تر از اطلاعات مکانی ایجاد کند که به مدل کاربر محور SDI اشاره می‌کند [Budhatho-ki, Bruce and Nedovic-Budic, 2008].زیرساخت داده مکانی کاربر محور[۷]، پلتفرمی است که توجه بیشتری به نیازهای کاربران دارد. درحالی که در مدلهای SDI داده محور[۸] و فرآیند محور[۹](نسل اول و دوم SDI)، کاربران داده‌ها را منفعلانه دریافت

می‌کنند؛ در SDI کاربر محور، کاربران می‌توانند نقش فعال تری بازی کنند. در دیدگاه داده محور از زیرساخت داده مکانی در اولین نسل، داده‌ها توسط سازمانهای دولتی جمع‌آوری می‌شوند. زیرساخت داده مکانی فرآیند محور، توجه بیشتری به کاربر نسبت به SDI داده محور با استفاده از فنآوری‌های جدید مانند وب ۲، wikipedia، وب سرویس و غیره دارد. با این وجود، هنوز نیازها و اولویت‌های کاربر را به طور کامل برای طراحی زیرساخت و سرویس‌ها در نظر نمی‌گیرد [Sadeghi-Niaraki et. al 2010]. اما در مرحله طراحی SDI کاربر محور، نیازهای کاربران برای ایجاد زیرساخت ارزیابی و اعمال می‌شوند. دخالت جامعه کاربران در این فرآیند باعث افزایش قابل‌توجهی در مشارکت کاربر در مقایسه با مفاهیم قبلی می‌شود [Lanz, 2011]. در دیدگاه کاربر محور، کاربران لزوماً به داده‌های خام نیاز ندارند؛ آنها به داده‌ها و سرویس‌های خاص با توجه به اولویت‌های خود، نیاز دارند. در این نسل، اولویت‌ها و نیازهای کاربران در طول یا قبل از طراحی SDI در نظر گرفته می‌شود [Sadeghi-Niaraki et. al, 2010].

شکل ۲، سه نسل SDI را براساس یکدیگر نشان می دهد. مفاهیم و دیگر ساختارهایی مانند فراداده، استاندارد، تعامل‌پذیری، سیاست و سازمان از نسل دوم SDI ، براساس همین مفاهیم و ساختار ها درنسل اول SDI توسعه یافته اند و می توانند برای نسل سوم SDI نیز مناسب باشند.



شکل ۱. نقش شهروندان، سازمانهای دولتی و خصوصی به عنوان کاربر و تولیدکننده در SDI



شکل ۲. سه نسل SDI [Sadeghi-Niaraki et. al, 2010]

۵. مطالعات مسیر

انتخاب موقعیت راه، یک گام اولیه مهم در طراحی آن است. راه باید کمترین اختلال را با مکان‌های تاریخی و باستان‌شناسی و دیگر فعالیت‌های زمین داشته باشد. مطالعات زیست‌محیطی در اکثر موارد قبل از اینکه مکان بزرگراه به صورت نهایی مورد توافق باشد، مورد نیاز است. تعیین مکان راه‌ها شامل ۴ مرحله بررسی اطلاعات موجود[۱۰]، بررسی مقدماتی منطقه[۱۱]، تعیین موقعیت اولیه مسیر[۱۲] و تعیین موقعیت نهایی[۱۳] است (شکل۳) [Garber and Hoel, 2009].

شکل ۳. مراحل تعیین موقعیت مسیر

در مرحله بررسی اطلاعات موجود، با بررسی تمام داده‌های موجود از منطقه‌ای که در آن جاده ساخته می‌شود، مناطق کلی که از آنها جاده می‌تواند عبور کند، انتخاب می‌شوند. در مرحله بررسی مقدماتی منطقه، چندین مسیر ممکن بین دو نقطه انتهایی تعیین و بر روی نقشه ترسیم می‌شوند. در مرحله تعیین موقعیت اولیه مسیر، موقعیت مسیرهای ممکن با ایجاد نقاط کنترل و تعیین مسیرهای اولیه افقی و قائم برای هر یک، مشخص می‌شود. در این مرحله مسیرهای اولیه برای ارزیابی اقتصادی و زیست‌محیطی امکان‌سنجی گزینه‌های مسیر مورد استفاده قرار می‌گیرند و بهترین گزینه مسیر (یا به عبارت دیگر مسیر بهینه که نسبت به دیگر گزینه‌های مسیر از لحاظ اقتصادی، زیست محیطی و فنی بهینه‌تر است) بر اساس تمام معیارهای در نظر گرفته‌شده به عنوان مسیر اولیه انتخاب می‌شود. در مرحله آخر، طرح دقیق از مسیر انتخاب‌شده، (مسیرهای افقی و قائم و موقعیت سازه‌ها و

جدول ۱. معیارهای مؤثر در ارزیابی گزینه‌های مسیر

معیار	زیر معیار	اثر هر معیار
زیست‌محیطی	منابع آب	حداقل رساندن برخورد مسیرهای آبی و اجتناب از عبور مسیر از مناطق حساس است.
	زمین‌شناسی	واحدهای زمین شناسی منطقه عبوری مسیر، در انتخاب مسیر تاثیرگذار است.
	حیات وحش و گونه های در معرض خطر	جاده ها با قطع و از دست رفتن قسمتی از محل طبیعی سکونت جانوران ، طبیعت را در مقابل تجزیه و تعرض و از بین رفتن، آسیب پذیر تر می سازند.
	لرزه‌خیزی	با افزایش فاصله مسیر از کانون زلزله در منطقه، اثرات مخرب آن کاهش می‌یابد.
	پوشش گیاهی	تخریب انواع پوشش گیاهی منطقه در اثر ساخت راه، بر روی محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد.
	مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست	جاده ها نباید باعث تخریب مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست گردند.
اقتصادی-اجتماعی	کشاورزی و کاربری زمین	وجود زمین‌های کشاورزی و کاربری‌های دیگر (مسکونی، صنعتی، تجاری) بیشتر در مسیر، پروژه هزینه بالاتری را متحمل خواهد شد. افزایش فروش اجباری زمین‌های تحت مالکیت خصوصی (املاک و مستغلات)، موجب جابجایی خانوارهای بیشتر، در نتیجه زیان اقتصادی و از هم گسیختگی روانی منطقه می شود.
	دسترسی	نزدیکی به مکانهای کلیدی و مهم در منطقه، باعث افزایش سهولت رسیدن افراد به این مناطق و در نتیجه بهبود دسترسی می شود.
	ایمنی	نزدیکی به مکانها پر خطر منطقه (مناطقی که دارای خطر جانی و مالی هستند) و همچنین عبور از کنار خدمات عمومی و اجتماعی که از نظرگاه ایمنی حساس هستند (مدارس، اماکن مذهبی، بیمارستانها و مراکز بهداشتی)، باعث کاهش ایمنی می شود.
گردشگری	تاریخی و فرهنگی	راه ممکن است باعث تخریب مکانهای داری ارزش و اهمیت فرهنگی (دارای ارزش زیبایی‌شناسی، تاریخی، علمی، اجتماعی) و بهبود دسترسی به آنها گردد.
	زیبایی مسیر	عبور مسیر از کنار محیط‌های طبیعی با منظره زیبا، باعث افزایش جذب توریست می شود.

کانال‌های زهکشی) تعیین می‌شود [Garber and Hoel, 2009].
در این پژوهش، نقش مردم در انتخاب مسیر بهینه با ارزیابی گزینه‌های مختلف مسیر در مرحله تعیین موقعیت اولیه مسیر، بر اساس معیارهای مختلف، در بستر زیرساخت داده مکانی بررسی می‌شود. انتخاب مسیر بهینه بخش بسیار مهمی در کل فرآیند طراحی مسیر است. در این مرحله است که معیارهای اساسی با حداقل اثرات منفی زیست‌محیطی، اجتماعی و مالی ممکن باید برآورده شوند. در عمل، بهترین گزینه با در نظر گرفتن چندین معیار اقتصادی، مهندسی، زیست‌محیطی و اجتماعی انتخاب می‌شود. معیارهای زیست‌محیطی، اجتماعی–اقتصادی و گردشگری که در انتخاب مسیر بهینه مؤثر هستند، در جدول ۱ بیان شده‌اند.یکی از روش‌های ارزیابی اثرات گزینه‌های مسیر، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری است. مشهورترین این روشها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۱۴] (AHP) است که مبتنی بر مقایسات دوبه‌دو در یک مقیاس معین است [Saaty, 1980]. در این روش، با مقایسات زوجی معیارها توسط کارشناس، وزن و اهمیت هر معیار در فرآیند تصمیم‌گیری، تعیین می‌شود. با استفاده از آنالیز مکانی همپوشانی[۱۵] و با توجه به وزن هر معیار، نقشه آسیب‌پذیری گزینه‌های مختلف مسیر به دست می‌آید. مقدار ارزیابی[۱۶] (E) هر گزینه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E_i = \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} \propto_{ij} . A_{ijk} \qquad (۱)$$

در این رابطه، مقدار ارزیابی i امین گزینه، m تعداد معیارها، وزن معیار j ام، n تعداد پیکسلها در محدوده اثر، مقدار پیکسل k ام است. گزینه‌ای که دارای مقدار کمتر E باشد، اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و گردشگری کمتری دارد. علاوه بر معیارهای فوق، معیارهای مهندسی مسیر نیز در انتخاب مسیر بهینه بسیار حائز اهمیت هستند. این معیارها عبارتند از: شیب طولی مسیر، ارتفاع ترانشه، تعداد قوس‌های با شعاع مناسب، تعداد قوس خطرناک، طول، تعداد دسترسی‌ها، حجم خاکبرداری و تعداد پلها. در نهایت بهترین گزینه با در نظر گرفتن معیارهای مهندسی و مقدار E، با استفاده از روش تصمیم‌گیری ویکور انتخاب می‌شود. این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعهای از گزینه‌ها با وجود معیارهای متضاد متمرکز است. روش ویکور، یک ابزار مفید در تصمیم‌گیری چند معیاره مخصوصا در وضعیتی که تصمیم‌گیرنده قادر به بیان اولویت خود در آغاز طراحی سیستم نیست، است [Huang, Tzeng and Liu, 2009].
استفاده از روشهای تصمیم‌گیری AHP و VIKOR به منظور وزندهی و رتبه‌بندی گزینه‌های مسیر است. روش AHP که مبتنی بر مقایسات زوجی است، برای تعیین وزن معیارها، و روش ویکور که برای مدلسازی معیارهای متناقض، روش مناسبی است برای تلفیق مقادیر معیارها و در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌های مسیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش ویکور برای بهینه‌سازی چندمعیاره سیستمهای پیچیده توسعه داده شد و این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه‌ها، و تعیین راه‌حل‌های سازش برای مسئلهای با معیارهای متناقض که می‌تواند تصمیم‌گیران را در رسیدن به یک تصمیم نهایی کمک کند، تمرکز دارد. در اینجا، راه‌حل سازش، راه حل ممکنی است که به راه حل ایده‌آل نزدیکترین است و سازش به معنی توافق ایجاد شده توسط امتیازات متقابل[۱۷] است.

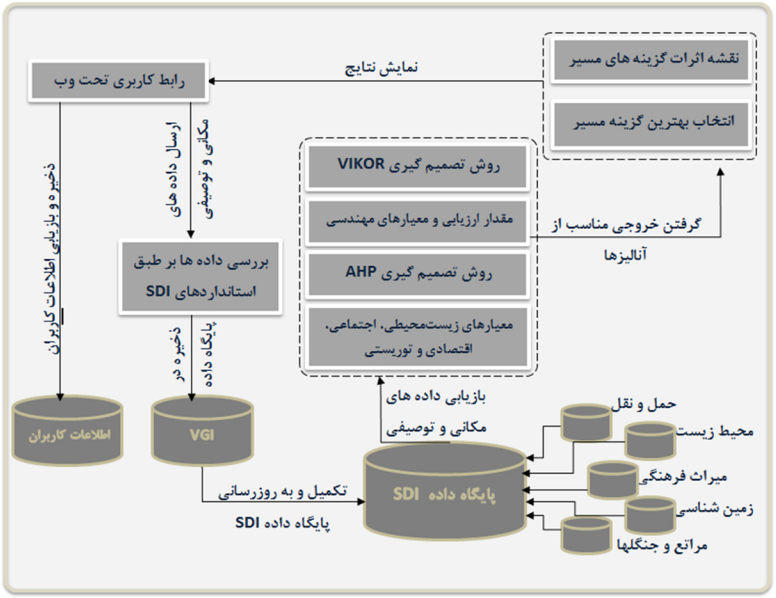
۶. طراحی سیستم پیشنهادی

برای دست یافتن به هدف تحقیق که انتخاب مسیر بهینه است، سیستمی استاندارد و تعامل پذیر بر اساس مفاهیم SDI و مشارکت مردم طراحی می‌شود. برای این منظور، انتخاب مسیری که دارای کمترین اثرات و معیارهای فنی بهینه باشد، نیازمند اطلاعات دقیق و بهنگام از منطقه‌ای که جاده از آن عبور می‌کند، است. در بسیاری از پروژه‌ها، اصولا برخی از داده‌ها جمع‌آوری نمی‌شوند و در بسیاری از موارد روش یکسانی

برای ثبت اطلاعات وجود ندارد. در این تحقیق از فنآوریهای وب ۲,۰ که مشارکت مردم در تولید و جمع‌آوری داده‌های مکانی (داده‌های VGI) را تسهیل می‌کنند و از SDI به عنوان زیرساختی استاندارد که به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی را بین ذینفعان مختلف در پروژه‌های حمل‌ونقل (منابع تولیدکننده داده) تسهیل می‌کند و روش استانداردی را برای ذخیره کردن اطلاعات ارایه می‌کند (تعامل پذیری را فراهم می‌کند)، استفاده شده اند. بنابراین داده‌های مورد نیاز برای آنالیز معیارهای مختلف در این سیستم از سازمانهای مختلف حمل‌ونقل، محیط‌زیست، جنگلها و مراتع، میراث فرهنگی و زمین‌شناسی و همچنین داده‌های مکانی داوطلبانه تأمین می شوند. مردم می‌توانند داده‌های خود را برای هر یک از معیارهای زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و گردشگری، به یکی از روش‌های برچسب‌گذاری مکانی عکس‌ها، موقعیت‌یابی در Google Map و داده‌های وکتور (shapefile) وارد سیستم کنند. سیستم با تشخیص اینکه داده‌های VGI ارسالی چه نوع از داده‌های مکانی هستند (داده‌های وکتور، داده‌های دارای برچسب مکانی)، آنها را بر طبق استانداردهای SDI در پایگاه داده ذخیره می‌کند. سیستم، عکسهای دارای برچسب مکانی را در فرمت استاندارد KML ذخیره و منتشر می‌کند؛ داده‌های Shape-file را در قالب سرویس WMS منتشر می‌سازد. به این ترتیب، از استانداردهای مناسب SDI با توجه به نوع و ویژگیهای داده VGI در زمینه به اشتراک گذاری داده‌ها استفاده می‌شود. فراداده داده‌های ارسالی نیز برای تسهیل در بازیابی آنها، ذخیره می‌شود.

در این سیستم، داده‌های VGI مربوط به عوارضی که به طور معمول جمع‌آوری نشده‌اند (یعنی در آن موقعیت، داده‌ای در پایگاههای داده سازمانها وجود ندارد)، در آنالیز برای انتخاب مسیر بکار گرفته می‌شوند.

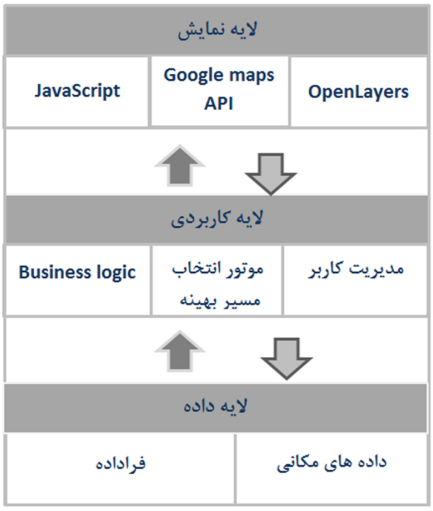
در این زمینه سعی شده است روش ساده‌ای به منظور بالا بردن اعتماد به آنها، یعنی به داده‌هایی که تعداد بیشتری از افراد منطقه آن را ارسال کردند (چون هنگامی‌که تعدادی از مردم منطقه یک داده را ارسال می‌کنند، آن داده قابل اعتماد خواهد بود) مورد استفاده قرار گیرد. این داده‌های VGI و داده‌های موجود آنالیز می‌شوند و در انتخاب مسیر بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۴ روند کلی این سیستم را نشان می‌دهد که چگونه داده‌ها از منابع مختلف جمع‌آوری می‌شوند و در سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۴. ساختار کلی سیستم پیشنهادی

۶-۱ معماری سیستم

معماری سیستم پیشنهادی، دارای سه لایه شامل لایه نمایش، لایه کاربردی و لایه داده است. لایه نمایش، قابلیت‌هایی را به عنوان واسط کاربر و به منظور تعامل کاربر با سیستم و نمایش داده ارایه می کند. در این لایه صفحات وبی که شامل اطلاعات مکانی هستند، بر روی دستگاه کاربر از طریق مرورگرهای معمول وب به نمایش در می‌آیند. این صفحات، نقشه‌های تعاملی و برخی از ابزارهای نظارتی خاص برای کاربر مانند کلیک کردن و بزرگ‌نمایی را نمایش می‌دهند. لایه کاربردی شامل قابلیت‌های اصلی سیستم است. این لایه شامل موتور انتخاب مسیر بهینه، مدیریت کاربر و سایر آنالیزهای مورد نیاز است. این لایه ارتباط بین کاربر نهایی و سرور را برقرار می کند. لایه داده بر روی پایگاه داده که شامل منابع داده و فرادادها است، متمرکز است (شکل۵).



شکل ۵. معماری سیستم

۶-۲ پیاده‌سازی نمونه

به منظور بررسی و اثبات عملکرد سیستم پیشنهادی، با استفاده از داده‌ها و اطلاعات مربوط به محور سومار-گیلانغرب به عنوان مطالعه موردی، سیستمی پیاده‌سازی شد. به این منظور، یک برنامه کاربردی مبتنی بر فنآوریهای وب ۱,۰ برای ایجاد بستر SDI و فنآوریهای وب ۲,۰ برای استفاده از مشارکت مردم در تعیین مسیر بهینه این محور، توسعه داده شده است. داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده از سازمانهای مختلف، پس از پیش‌پردازش اولیه و مدل‌سازی مکانی آنها، در پایگاه داده ذخیره‌سازی شده‌اند. در این سیستم، برای مدیریت و نگهداری داده‌های توصیفی از Post-greSQL9.1 و برای داده‌های مکانی از PostGIS1.5 استفاده می‌شود. برنامه کاربردی در Geodjango5.1 و با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون توسعه داده شده است. در طراحی رابط کاربری جهت تعامل بهتر با کاربر، از Google Maps APIs و فنآوری‌هایی نظیر JavaScript و CSS بهره گرفته شده است.

کاربران عادی می‌توانند اطلاعات خود از منطقه را پس از ثبت‌نام در سیستم از طریق رابط کاربری طراحی‌شده ارسال کنند. به این منظور پس از ورود کاربر به سیستم، فهرستی از معیارها اعم از میراث فرهنگی، کشاورزی و کاربری زمین، ایمنی و دسترسی نمایش داده می‌شود. با انتخاب هر یک از معیارها، فرم و اطلاعات درخواستی مربوط به هر معیار، ظاهر می‌شود. شکل۶، فرم و اطلاعات مورد نیاز برای معیار میراث فرهنگی را نشان می‌دهد.

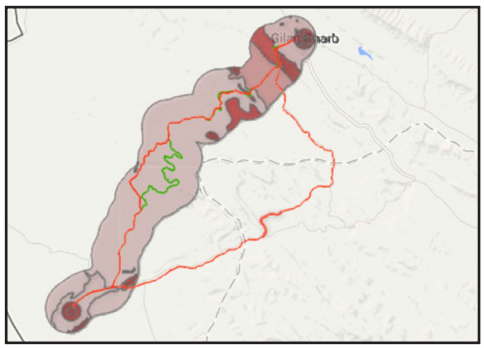
در این صفحه، کاربران اطلاعات توصیفی و مکانی مربوط به منطقه مورد نظر خود را تکمیل می‌کنند. کاربران می‌توانند اطلاعات مکانی خود را به صورت تقریبی با استفاده از ابزار موجود از طریق نقشه Google Maps وارد میکنند. علاوه بر این، سیستم به‌گونه‌ای توسعه داده‌شده که امکان ارسال داده‌های وکتور (Shapefile) و اطلاعات دارای برچسب مکانی (عکس‌های دارای اطلاعات موقعیتی) از منطقه به کاربر می‌دهد. به این ترتیب که از فایلهای ارسالی، اطلاعات موقعیتی استخراج و ذخیره می‌شوند. لازم به ذکر است که عکس‌های دارای برچسب مکانی (موسوم به EXIF)، اطلاعات موقعیتی GPS تلفن همراه را به هنگام عکس‌برداری ذخیره می‌کنند. به این ترتیب می‌توان اطلاعات مکانی مربوط به منطقه مورد نظر را از این عکس‌ها استخراج کرد. پس از تکمیل فرم، یک درخواست AJAX به

سمت سرویس‌دهنده ارسال می‌شود و سرویس‌دهنده این اطلاعات را در پایگاه داده ذخیره می‌کند.

شکل ۶. فرم و اطلاعات مورد نیاز برای معیار میراث فرهنگی

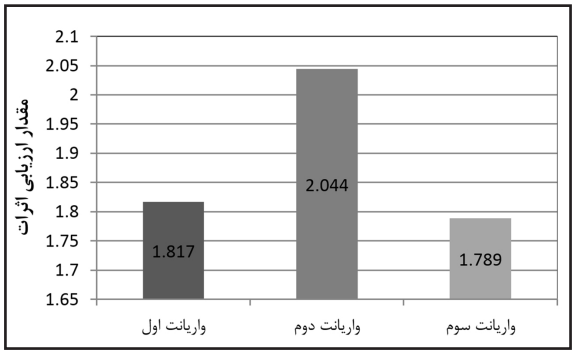
سیستم با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه داده SDI که شامل داده‌های ارسال‌شده از سوی کاربران (داده‌های VGI)، داده‌های زیست‌محیطی، میراث فرهنگی، زمین‌شناسی، مراتع و جنگل‌ها و حمل‌ونقل است، مسیر بهینه و نقشه اثرات واریانتهای مختلف را با استفاده از روش AHP و ویکور با در نظر گرفتن معیارهای زیست محیطی، اجتماعی-اقتصادی، گردشگری و معیارهای فنی که در بخش مطالعات مسیر توضیح داده شد، محاسبه می‌کند و بر روی نقشه نشان می‌دهد.

شکل۷، واریانت بهینه و نقشه اثرات آن در فاصله ۲/۵ کیلومتری را برای محور سومار-گیلانغرب نشان می دهد.



شکل ۷. واریانت بهینه مسیر و نقشه اثرات آن در فاصله ۲/۵ کیلومتری

محور سومار-گیلانغرب دارای سه واریانت پیشنهادی بوده است که واریانت سوم که دارای مقدار ارزیابی اثرات کمتر (شکل۸) و از لحاظ فنی نیز دارای شیب طولی، ارتفاع کمتر ترانشه و تعداد قوس کمتر نسبت به واریانتهای دیگر است (از لحاظ طول واریانت اول بهینه‌تر است)، به عنوان واریانت ارجح انتخاب شد. لازم به ذکر است که مقدار ارزیابی اثرات برای هر واریانت، با استفاده از رابطه یک در فاصله ۲/۵ کیلومتری هر واریانت که محدوده تحت تأثیر مستقیم است، به دست آمده است.



شکل ۸. مقدار ارزیابی اثرات واریانت های مختلف مسیر

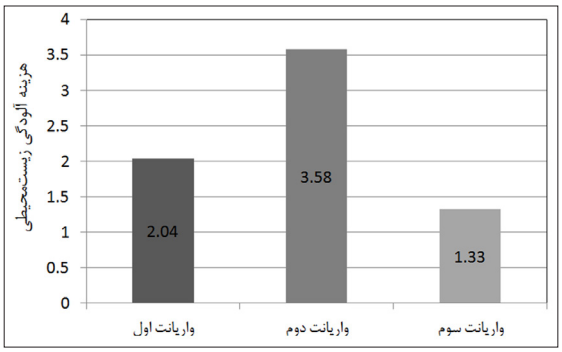
۷. ارزیابی نتایج

برای مطالعه نتایج حاصل از انتخاب مسیر با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و ویکور، با نتایج به دست آمده از مطالعات مهندسی مشاور، مقایسه شد.

نتایج به دست آمده برای اولویت‌بندی مسیرها توسط این شرکت، به ترتیب به صورت واریانت سوم، واریانت اول و واریانت دوم است.

علاوه بر این، مقدار آلودگی زیست محیطی برآورد شده برای هر یک از واریانتها، در شکل ۹ نشان داده شده است.

همان طور که از نتایج می‌توان مشاهده کرد، نتایج به دست آمده از تلفیق روشهای AHP و ویکور با نتایج به دست آمده توسط شرکت، مطابقت دارد که تأییدکننده اعتبار نتایج است.



شکل ۹. هزینه آلودگی زیست محیطی واریانتهای مسیر به دست آمده توسط شرکت مهندس مشاور

۸. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

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 اصلی ترین افرادی که از این مسیر متأثر می‌شوند، است. با توجه به گستردگی این مسئله، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، به صرف هزینه‌های گزاف و تأمین نیروی انسانی نیاز دارد. به این ترتیب، بکارگیری زیرساخت داده مکانی که اشتراک گذاری و تبادل داده‌های مکانی را تسهیل می‌کند و استفاده از فنآوریهای مشارکتی برای تسهیل مشارکت مردم، راه حل مناسب برای در نظر گرفتن تمامی عوامل است. در این تحقیق به بررسی نقش SDI کاربر محور در زمینه انتخاب مسیر بهینه پرداخته شد. 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. از آنجا که SDI یک محیط استاندارد را فراهم می‌کند، هماهنگی و تبادل اطلاعات بین ذینفعان مختلف از جمله سازمانهای دولتی، خصوصی و مردم را تسهیل می‌سازد. SDI کاربر محور نقش برجسته‌ای در افزایش مشارکت مردم با در نظر گرفتن نیازها و اولویت‌های کاربران در مرحله طراحی SDI، دارد. با افزایش مشارکت مردم و استفاده از نیروی مردمی در جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، هزینه‌های تولید اطلاعات مکانی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، 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 مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و گردشگری دارد، انتخاب می‌شود. علاوه بر این، سیستم پیشنهادی مبتنی بر تلفیق اطلاعات VGI در زیرساخت داده مکانی با استفاده از داده‌ها و اطلاعات محور سرپل ذهاب-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 شود. این محور دارای دو واریانت پیشنهادی بود که با در نظر گرفتن تمامی معیارهای مؤثر و با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری ویکور و AHP، واریانت اول که مقدار ارزیابی اثرات کمتر و از لحاظ معیارهای فنی نیز مناسب‌تر بود، انتخاب شد.

همواره یکی از دغدغه‌های سازمانهای مختلف در بکارگیری اطلاعات VGI، کیفیت و صحت این اطلاعات است. استفاده از روش‌هایی برای بررسی کیفیت این داده‌ها می‌تواند از موضوعات آینده این تحقیق باشد. علاوه بر این، استفاده از نظریه فازی برای تعیین مسیر بهینه برای مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها، می‌تواند باعث بهبود کارآیی سیستم گردد.

۹. پی‌نوشتها

1- Spatial Data Infrastructure

2- Volunteered Geographic Information

3- Service framework

4- Geo-visualization

5- Human sensors

6- Modularity

7- User-centric SDI

8- Data-centric SDI

9- Process-centric SDI

10- Office study of existing information

11- Reconnaissance survey

12- Preliminary location survey

13- Final location survey

14- Analytical Hierarchy Process

15- Overlay

16- Assessment Value

17- Mutual concessions

۱۰. مراجع

– عامری، م.، عباسپور، م.، کاظمی، ر. و زاهد، ف. (۱۳۹۰) "ارایه الگویی جهت جلب مشارکت مردم در طرح‌های توسعه پایدار حمل‌ونقل زمینی"، علوم و فنآوری محیط‌زیست، دوره سیزدهم، شماره دو.

– عسگری، ع. (۱۳۸۴). "بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن"، وزارت راه وترابری-پژوهشکده حمل‌ونقل، زمستان.

- Álvarez, M., Delgado Fernández, T. and Cruz Iglesias, R. (2010) "Social networks and Web 2.0 tools as a good complement to the local SDI's", Proceedings of the GSDI12, Singapore, October 19-22, 2010.

- Budhathoki, N. R., Bruce, B., and Nedovic-Budic, Z. (2008) "Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure", GeoJournal, vol. 72, No. 3, pp. 3 - 4.

- Castelein, W., Grus, L., Crompvoets, J., and Bregt, A. (2010) "A characterization of volunteered geographic information", 13th AGILE International Conference on Geo-graphic Information Science, Guimaraes, Portugal, 11-14 May, 2010.

- 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.

- Díaz, L., Nuñez, M., González, D., Gil, J., Aragó, P. and Pultar, E. (2012) "Interoperable search mechanism for Web 2.0 resources", International Journal of Spatial Data Infrastructure Research, Vol. 7, pp. 277-299.

- El-Gafy, M., Abdelrazig, Y., and Abdelhamid, T. (2011) "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.

- Garber, N. J. and Hoel, L. A. (2009) "Traffic and Highway Engineering", University of Virginia.

- Geneletti, D. (2005) "Multicriteria analysis to com-

- Lanz, M. (2011) "Metadata management services for spatial data infrastructure- A case study of a user-centric implementation strategy for an academic institution", Master Kartographie und Geoinformation, Universität Wien.

- Longueville, B.D. (2010) "Community-based geoportals: The next generation? Concepts and methods for the geospatial Web 2.0", Computers, Environment and Urban Systems, vol. 34, No. pp. 299-308.

- Miranda , T. S., Lisboa-Filho, J., de Souza , W. D., da Silva, O. C. and Davis, C. A. (2011) "Volunteered geographic information in the context of local Spatial Data Infrastructures", Urban and Regional Data Management, pp. 123-138.

- Núñez-Redó, M., Díaz, L., Gil, J., González, D. and Huerta, J. (2011) "Discovery and integration of web 2.0 content into geospatial information infrastructures: A use case in wildfire monitoring", Availability, Reliability and Security for Business, Enterprise and Health Information Systems, Lecture Notes in Computer Science , vol. 6908, pp. 50–68.

- Piantanakulchai, M., (2005) "Analytic network process model for highway corridor planning", Proceeding of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Hawaii,

pare the impact of alternative road corridors: a case study in northern Italy", Impact Assessment and Project Appraisal, vol. 23, No. 2, pp. 135-146.

- Hansen, H. S., Schrøder, L. Line Hvingel, and skovdal Christiansen, J. (2011) "Towards spatially enabled e-governance – A case study on SDI implementation", International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, vol. 6, pp. 73-96.

- Ho, S. and Rajabifard, A. (2010) "Learning from the crowd: The role of volunteered geographic information in realising a spatially enabled society", Proceedings of GSDI 12 World Conference-Realising Spatially Enabled Societies, Singapore, October 19- 22, 2010.

- Huang, J. J., Tzeng, G. H. and Liu, H. (2009) "A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making - The perspective of regret theory", Communications in Computer and Information Science, vol. 35,No. 11, pp. 761-768.

- Keshkamat, S. S., Looijen, J. M. and Zuidgeest, M. H. P. (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, pp. 54-64.

- Rajabifard, A. and Williamson, I. P. (2001) "Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions", in Proceedings, of GEOMATICS'80 Conference, Tehran, Iran.

- Rajabifard, A. and Williamson, I. P. (2003) "Asia-Pacific region and SDI activities", Journal of GIS Development,vol. 7, No. 7.

- Saaty T. l. (1980) The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. Mc-Graw-Hill International Book Co.

- Sadeghi-Niaraki, A., Rajabifard, A., Kim, K., and Seo, J. (2010) "Ontology Based SDI to Facilitate Spatially Enabled Society", Proceedings of GSDI 12 World Conference, Singapore, October 19- 22, pp. 19-22.

- Williamson, I., Rajabifard, A. and Binns, A. (2006) "The role of spatial data infrastructures in establishing an enabling platform for decision making in Australia", GSDI-9 Conference Proceedings, Santiago, Chile, 6-10 November.