نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵

Vol.4, No.4, Winter 2017

۵۳-۶۷

ارائه سرویس توصیه مسیر بر اساس رتبه‌بندی خط سیر کاربران محلی

رویا شورونی [1*] ، محمدرضا ملک [2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی -دانشکده مهندسی ژئودزی وژئوماتیک -دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار گروه سیستم اطلاعات مکانی -دانشکده مهندسی ژئودزی وژئوماتیک -دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۰۲

چکیده

امروزه مجهز شدن دستگاه‌های همراه به فنّاوری‌های مدرن مکان‌یابی، باعث تحولی در عرصه‌ی فناوری اطلاعات مکانی-زمانی و ظهور مجموعه داده خطوط سیر مکانی(Spatial Trajectory) شده است. وجود حجم زیادی از خطوط سیر مکانی، فرصتی برای ارائه سرویس‌های متنوع مکان‌مبنا از طریق تجهیزات همراه فراهم می‌کند. یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین سرویس‌های مکان‌مبنا، سرویس‌های توصیه مسیر زمان‌مند به کاربران ناآشنا به منطقه هستند .یافتن بهترین مسیر، یکی از مسائل رایج و مبتلابه زندگی کنونی برای هدایت کاربر جهت رسیدن به مقصد است. در تحقیق حاضر جهت یافتن مسیر بهینه، ابتدا با رتبه‌بندی خط سیر کاربران با استفاده از الگوریتم HITS، کاربران آشنا به منطقه یا به‌اصطلاح " کاربران محلی" و قطعه خیابان‌های مورد تردد اکثر کاربران محلی یا "قطعه خیابان‌های محلی" استخراج شد. سپس با هدف ارائه یک مسیریابی تقریبی گرافی تحت عنوان گراف محلی ایجاد شد. مرکز قطعه خیابان‌های محلی به‌عنوان گره‌های آن و یال‌های آن بر اساس دنباله‌ی ترتیبی قطعه خیابان‌های محلی از خط سیر کاربران به دست می‌آید. پس‌ازآن با به‌کارگیری الگوریتم دایجسترا بر روی شبکه راه اصلی و مسیر تقریبی به‌دست‌آمده، کوتاه‌ترین مسیر بین بر اساس این گراف از دو مرحله مسیریابی برای به دست آوردن مسیر بهینه استفاده‌شده است. برای پیاده‌سازی و آزمون، داده‌های مورداستفاده از خط سیر ۱۰۰ کاربر متحرک در منطقه شش شهر تهران به مدت سه ماه به‌صورت روزانه با استفاده از تلفن‌های همراه مجهز به GPS جمع‌آوری‌شده است. برای ارزیابی عملکرد مسیریابی دومرحله‌ای، میزان زمان سفر در مسیر پیشنهادی نسبت به کوتاه‌ترین مسیر دایجسترا برای طول‌های مختلف و کاربرانی با سطح آگاهی‌های مختلف از منطقه، به‌طور تجربی مقایسه شد .بر این اساس زمان سفر در روش پیشنهادی نسبت به کوتاه‌ترین مسیر حدود ۶۲ درصد کاهش یافت.

کلیدواژه‌ها: توصیه مسیر، خط سیر، الگوریتم رتبه‌بندی، کاربران و قطعه خیابان‌های محلی.

[*] نویسنده مکاتبه کننده: رویا شورونی، تهران- خ ولیعصر- تقاطع میرداماد- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، کدپستی: ۱۵۴۳۳-۱۹۹۶۷

تلفن : ۰۹۱۲۵۶۴۶۶۴۱

Email: Shourouni@mail.kntu.ac.ir

۱- مقدمه

با توجه به افزایش ترافیک و به دنبال آن زیادشدن زمان سفر در شهرهای بزرگ مانند تهران، ارائه راه‌حلی برای کاهش این مشکلات امری ضروری است. یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در ترافیک شهری، یافتن مسیر بهینه برای رسیدن به مقصد است. یافتن مسیر بهینه یکی از اصلی‌ترین فعالیت‌هایی است که افراد همه‌روزه در سفرهای درون‌شهری خود با آن مواجه می‌شوند. در واقع مسیریابی به یک فعالیت روزانه تبدیل‌شده و به‌عنوان یکی از قابلیت‌های کلیدی در سرویس‌هایی چون Google Maps در دسترس عموم قرارگرفته است. اما متأسفانه در حال حاضر در تهران هیچ‌گونه سامانه مدیریت ناوگانی برای کاربران سواره وجود ندارد.

اصولاً مردم برای انتخاب یک مسیر یا عدم انتخاب آن باید دلیل خوبی داشته باشند. برای مثال افراد از انتخاب مسیرهایی که در آن احتمال اتلاف زمان سفر وجود دارد، اجتناب می‌کنند. بر مبنای این فرض می‌توان مسئله را این‌گونه تعریف کرد که مسیرهایی را که اغلب توسط عموم کاربران آشنا به منطقه مورداستفاده قرار می‌گیرند، با هدف کشف واقعیت‌های پنهان از طریق داده‌کاوی به‌دست بیاوریم. زیرا افراد محلی علاوه بر کوتاهی طول مسیر، فاکتورهای دیگری چون تقاطع‌ها، ترافیک، چراغ‌های راهنمایی، تغییر در جهت حرکت معابر و غیره را در مسیریابی لحاظ می‌کنند. اما شناخت کاربران محلی و آشنا به منطقه مسئله‌ای است که جز تحلیل رفتار حرکتی آنها ممکن نیست. امروزه افزایش روزافزون دستگاه‌های متحرک و فنّاوری‌های موقعیت‌یابی، منجر به حجم انبوه و بی‌شماری از اطلاعات مکانی-زمانی و در پی آن نیازمند کاربردها و تحلیل‌های زیادی شده است. خط سیر مکانی یک نوع اطلاعات مکانی-زمانی محسوب می‌شود که جابجایی مکانی عامل متحرک را در طی زمان ثبت می‌کند و به‌صورت نقاط گسسته و متوالی که دارای مؤلفه های مکانی-زمانی هستند، مدل می‌شود. این داده، یکی از مهم‌ترین اجزای مربوط به کابران است که دانش گسترده‌ای در مورد میزان آشنایی کاربران از راه‌ها و میزان اهمیت راه‌ها برای کاربران می‌تواند بدهد [۱]. به بیان دیگر خط سیر کاربران را می‌توان به‌عنوان شرح مختصری از رفتارهای مکرر کاربر، در دو بعد مکان (مکان‌های بازدید شده در طول حرکت) و زمان (مدت‌زمان حرکت) تعریف کرد. اخیرا سرویس‌های توصیه مسیر بر اساس اخذ و به‌روزرسانی خط سیر کاربران توانسته است راه‌حلی مفید برای افرادی باشد که به دنبال سفر به منطقه‌ای هستند که با آن آشنایی ندارند.

در اینجا سامانه‌ای ارائه‌شده که در آن رانندگانی که مورد ردیابی قرار می‌گیرند، افراد محلی و آشنا به منطقه هستند که در انتخاب مسیرها، بهترین مسیر را برمی‌گزینند. مقاله حاضر، ارائه مدلی جهت استفاده از داده‌های خط سیر ثبت شده توسط GPS جهت غنی نمودن داده‌های معابر برای مسیر یابی در مناطق شهری است. ما در اینجا برای ارائه سرویس توصیه مسیر بر اساس رفتار حرکتی افراد محلی، خط سیر تعدادی از کاربران مجهز به وسیله نقلیه شخصی را بررسی و مدل‌سازی می‌کنیم. در ادامه، فصل دو پیشینه تحقیق بررسی می‌شود. فصل سوم اختصاص به حل مشکلات نظری، مدل‌سازی و الگوریتم‌های توسعه داده‌شده دارد. پیاده‌سازی و ارزیابی سرویس در فصل چهارم شرح داده می‌شوند. فصل آخر نیز به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی اختصاص‌یافته است.

۲- پیشینه تحقیق

داده های GPS برای اتصال موقعیت جغرافیایی و اطلاعات زمانی به کاربر متحرک استفاده می‌شوند. بسیاری از برنامه‌ها و سرویس‌های مکان‌مبنا، از طریق داده‌کاوی و پردازش داده های GPS قادر به استخراج اطلاعات معنی دار در کاربردهای مختلف مانند کشف الگوهای حرکتی [۲ و ۳] و پیش بینی

الگوی تکراری [۴] هستند. پردازش داده‌های خام GPS می‌تواند به فرم‌های قابل استفاده از جمله تولید نقشه‌های مسیر [۵] تبدیل شوند. همچنین استخراج دنباله‌های متوالی سفر و ساختار سلسله مراتبی فضاهای مکانی از خط سیر کاربران، منعکس کننده شباهت بین کاربران است [۶]. در چند سال اخیر تحقیقات بسیاری در زمینه‌ی برنامه‌ریزی مسیر بر اساس داده‌های GPS یا خط سیر کاربران انجام‌شده است. در این زمینه اساس کار بسیاری از محققین، استخراج خط سیر کاربران از داده‌های GPS ثبت‌شده توسط آن‌ها و استفاده از آن‌ها به‌عنوان داده ورودی برای کشف دنباله‌ای از قطعه خیابان‌های پرتردد است. روش‌های مختلفی برای بهبود کیفیت سرویس‌های برنامه‌ریزی مسیر با استفاده از خط سیر کاربران معرفی‌شده‌اند و ایده اصلی آن‌ها ایجاد یک شبکه راه از قطعه خیابان‌های وزن‌داری است که وزن آن‌ها از مجموعه خط سیر کاربران قابل بازیابی است [۷]. تولید شبکه راه، بر اساس اولویت‌بندی قطعه خیابان‌هایی است که مورداستفاده کاربران خاص مانند رانندگان تاکسی یا دیگر رانندگان قرار می‌گیرد [۸ و ۹] پس از کشف قطعه خیابان‌های مورد تردد کاربران، ترتیب عبور از قطعه خیابان‌ها از خط سیر کاربران برای برنامه‌ریزی مسیر به‌دست می‌آید. با ارائه چارچوب برنامه‌ریزی مسیر بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده، می‌توان مسیرهای پرطرفدار را با استفاده از خط سیرهای غیرمسلم و نامعلوم کاربران استخراج کرد .این چارچوب با توجه به یک دنباله مکانی و فاصله زمانی، قادر به تعیین k مسیر پرطرفدار است که به‌طور متوالی از تجمیع خط سیرهای نامعلوم عبور می‌کند. در حوزه برنامه‌ریزی مسیر [۱۰] با استفاده از خط سیر رانندگان تاکسی و تولید گراف معابر اصلی، بهترین مسیر را به دست آوردند. روش آن‌ها به افراد خاص یعنی رانندگان تاکسی محدودشده است. درحالی‌که مسیر رانندگان تاکسی، در یک مبدأ و مقصد معین، مشابه است و برای کاربران حق انتخاب بین چندین مسیر وجود ندارد. [۱۱] خط سیر کاربران را بر اساس گراف سلسله مراتبی درختی[1] مدل کردند و توسط مدل استنتاجی HITS مکان‌های جذاب و دنباله ترتیبی آن‌ها را در مقیاس‌های مختلف به‌دست آوردند. هدف آن‌ها توصیه مسیرهای جذاب تنها بر اساس دنباله‌ای ترتیبی از مکان‌های جذاب، بدون در نظر گرفتن طول مسیر بود و این مسیر تنها برای توصیه به گردشگران مناسب است.

سیستم‌های توصیه مسیر به‌طور کلی دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از: سیستم های تعاملی توصیه‌گر که از نظرات کاربر برای توصیه استفاده می‌کنند و سیستم‌های خودکار توصیه‌گر که با هدف کاهش میزان وابستگی سیستم به کاربر ارائه می‌شوند. در زمینه سیستم های تعاملی [۱۲] با تحلیل خط سیر افراد خبره، سیستم توصیه‌گر مسیر توسعه دادند. روش آن‌ها نیازمند مدت‌زمان سفر و دو نقطه به‌عنوان مبدأ و مقصد است. آن‌ها با استفاده از تکنیک داده‌کاوی مکان‌های پرتردد متوالی، زمان سفر و زمان اقامت بین مکان‌ها را استخراج کردند و نهایتاً با اطلاعات به‌دست‌آمده برای مکان‌ها و ارتباط بین آن‌ها گرافی را برای مسیریابی زمانمند کاربران توسعه می‌دهند. [۱۳] یک سیستم تعاملی توصیه مسیر سفر ارائه دادند که در آن کاربر قادر است تعیین کند از چه مکان‌هایی بازدید و از توصیه چه مکانهایی اجتناب شود. به طور مشابه، در سیستم تعاملی طراحی شده توسط [۱۴] امکان تعیین محدودیت‌های عمومی مانند زمان و میزان جذابیت مکان‌ها توسط کاربر در برنامه سفر گنجانده شده است. چنین سیستم‌های تعاملی بیشتر برای کاربران آشنا به منطقه مناسب است و تنها برنامه سفر دقیق تر و جزئی‌تری به کاربر ارائه می‌شود و برای کاربران نا آشنا

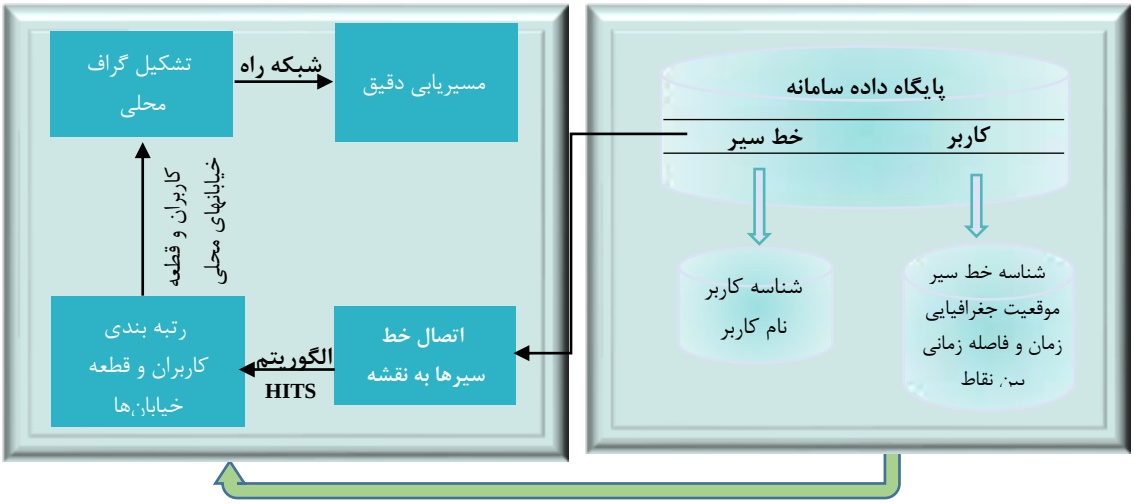
[1] tree-based hierarchical graph

به منطقه، عملی و قابل استفاده نمی‌باشد.

در حوزه‌ی سیستم های خودکار، [۱۵] یک سیستم توصیه مسیر بر اساس هستی شناسی و برآورد ترجیحات کابران با استفاده از اطلاعات ناهمگن مکانی کاربران، توسط شبکه های بیزین ایجاد کردند. [۱۶] دنباله حرکتی کاربران را از تصاویر فلیکر که حاوی اطلاعات مکان و زمان است، استخراج کردند و مسیر سفر را بر اساس دنباله‌های حرکتی پرطرفدار توصیه ارائه دادند. مقاله‌ی [۱۷]، سریعترین مسیر را با استفاده از الگوی رانندگی و سرعت راننده، با به‌کارگیری تاریخچه‌ی حرکت پیش‌بینی می‌کند. روش مورد استفاده در این مقاله از جنبه‌های زیر با [۱۷] متفاوت است: در [۱۷] به طور صریح به شناسایی الگوی رانندگی و سرعت وسایل نقلیه پرداخته است، اما در اینجا از مفهوم گراف محلی برای مدل کردن هوش رانندگان محلی استفاده شده است. گراف محلی از الگوی طبیعی فکری افراد آشنا به منطقه پیروی می‌کند و بهینه ترین مسیر را ارائه می‌کند. هدف این مقاله، توصیه خودکار مسیر بر اساس پردازش خط سیر کاربران محلی است. ورودی سیستم تنها دو نقطه به‌عنوان مبدأ و مقصد است. برای ارزیابی روش ارائه شده، از داده‌های GPS ایجاد شده توسط کاربران واقعی به‌منظور بهره‌وری خروجی الگوریتم استفاده می‌کنیم.

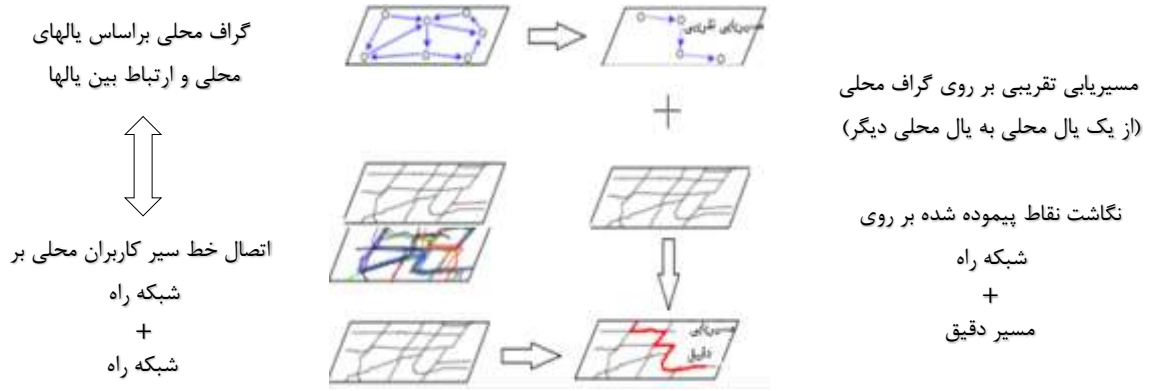
۳- مدل‌سازی

در سیستم‌های توصیه مسیر با توجه به شرایط ترافیکی و وضعیت راه‌ها، علاوه بر کوتاهی مسیر، نیاز است فاکتورهایی همچون پیچیدگی مسیر، تقاطع‌ها، چراغ‌های راهنمایی، جریان ترافیک و غیره در انتخاب مسیر بهینه رعایت شوند. در هر منطقه افراد آشنا به منطقه یا به‌اصطلاح "کاربران محلی"، اغلب دارای دانش خوبی از مسیرهای مختلف هستند. رانندگان محلی معمولاً مسیرهایی انتخاب می‌کنند که علاوه بر کوتاهی، دارای کم‌ترین پیچیدگی و تغییر در جهت حرکت معابر، تقاطع‌ها و چراغ‌های راهنمایی باشد. در هر منطقه سرویس‌های توصیه مسیر می‌توانند با جمع‌آوری و کاوش خط سیر وسیله نقلیه کاربران و کشف کاربران محلی و راه‌های محلی بر اساس الگوریتم‌های داده‌کاوی، از دانش آن‌ها بهره‌مند شوند و برای مسیر یابی دقیق به کار ببرد. بنابراین در تحقیق حاضر، هدف مدل‌سازی سرویس توصیه مسیر بر پایه شناسایی کاربران و قطعه خیابان‌های محلی بر اساس تحلیل خط سیر کاربران است. با توجه به اهداف ذکر شده شکل (۱)، مراحل شکل‌گیری اجزای مورد استفاده مدل را نشان می‌دهد.



شکل۱: مراحل شکل‌گیری اجزای مورداستفاده تحقیق

در اینجا باهدف یافتن مسیر بهینه بین دو نقطه به‌عنوان مبدأ و مقصد، یک مسیریابی دومرحله‌ای انجام می‌شود. در مرحله اول با استفاده از خط سیر کاربران، یک شبکه راه محلی برای یک مسیریابی تقریبی برای هدایت سریع افراد به‌صورت غیر آنی ساخته می‌شود. سپس در مرحله دوم یک مسیر پالایش‌شده با استفاده از شبکه کل راه‌ها و مسیر تقریبی به‌دست‌آمده از مرحله قبل به‌صورت آنی محاسبه می‌شود. خروجی این دو مرحله، یک مسیر بر پایه‌ی ترکیب طول مسیر و میزان ترجیحات کاربران محلی است. هرگاه خط سیر افراد بروز شود، گراف محلی مجدداً ساخته می‌شود. شکل (۲) به‌طور خلاصه مراحل مسیریابی دومرحله‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۲: مراحل روش پیشنهادی مسیریابی دومرحله‌ای

در اینجا ما روشی را برای تولید گراف محلی پیشنهاد داده‌ایم. درروش پیشنهادی، قطعه خیابان‌های شبکه‌ی راه، بر اساس خط سیرهای عبوری کاربران بر اساس یک الگوریتم رتبه‌بندی، رتبه‌دهی می‌شوند. قطعه خیابان‌هایی که دارای رتبه بالایی هستند یا به‌اصطلاح مورد تردد اکثر کاربران محلی قرار می‌گیرند، به‌عنوان قطعه خیابان‌های محلی تعریف می‌شوند. مرکز قطعه خیابان‌های محلی به‌عنوان گره‌های گراف محلی در نظر گرفته می‌شوند. هم‌چنین یال‌های گراف محلی که بیانگر ارتباط بین قطعه خیابان‌های محلی است، از خط سیر کاربران قابل بازیابی است. برای توسعه روش پیشنهادی نخست اصطلاحات مورداستفاده را به‌طور مختصر تعریف می‌کنیم، سپس به حل مسئله می‌پردازیم.

شبکه راه، به فرم گراف جهت‌دار $G = (V, E)$ تعریف می‌شود که در آن V شامل تقاطع‌ها و نقاط پایانی راه‌ها و E مجموعه‌ی قطعه خیابان‌ها است. هر قطعه خیابان r در مجموعه‌ی E به‌صورت $r.s \rightarrow r.e; r.s, r.e \in V$ بیان می‌شود که در آن $r.s$ و $r.e$ به ترتیب نقاط ابتدایی و انتهایی قطعه خیابان هستند.

خط سیر، دنباله‌ی ترتیبی از نقاط GPS است که به فرم $T: p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow \cdots \rightarrow p_n$ نشان داده می‌شود. هر نقطه GPS، متشکل از سه‌تایی طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و زمان است.

برای استفاده از خط سیر کاربران درروش پیشنهادی، باید نقاط GPS به نقشه تصویر شوند .یکی از چالش‌های عمده استفاده از خط سیر کاربران، پراکندگی داده و فاصله زیاد بین نقاط است. زیرا کاربران به علت عدم دسترسی به اینترنت در تمام لحظات و صرفه‌جویی در هزینه مخابراتی، موقعیت خود را در فرکانس پایین ارسال کرده که خود باعث عدم قطعیت می‌شود [۹]. در اینجا برای اتصال نقاط به نقشه از روش IVMM[1] که یکی از مناسب‌ترین روش‌ها

[1] Interactive-voting based map matching

برای غلبه بر خطاهای GPS است، استفاده می‌شود [۱۸]. در این روش، هر نقطه GPS به نزدیک‌ترین قطعه خیابان در شبکه راه‌ها تصویر می‌شود و خط سیرها مجدداً به‌صورت دنباله‌ای از قطعه خیابان‌ها به فرم $T: r_1 \to r_2 \to \cdots \to r_n$ تعریف می‌شوند.

اولین قدم برای مدل‌سازی ترجیحات کاربران محلی در انتخاب قطعه خیابان‌ها، فرموله کردن وزن قطعه خیابان‌ها و استخراج قطعه خیابان‌های محلی و انتخاب مراکز آن‌ها به‌عنوان گره‌های گراف است.

۳-۱- کشف کاربران و قطعه خیابان‌های محلی توسط الگوریتم HITS

افراد در حین ورود به مناطق ناآشنا، عموماً نیاز به انتخاب مسیرهایی دارند که آن‌ها را در یافتن سریع‌تر مقصدشان هدایت کند. در هر منطقه، مسیرهایی وجود دارند که برای اکثر افراد آشنا به منطقه، شناخته‌شده و بهینه است. برای کشف این مسیرها که در اینجا به‌عنوان مسیرهای محلی از آن‌ها یادشده است، می‌بایست قطعه خیابان‌های شبکه راه بر اساس میزان تردد از آن‌ها رتبه دهی و با یکدیگر مقایسه شوند. یکی از روش‌های رتبه دهی، استفاده از الگوریتم‌های رتبه‌بندی است. الگوریتم HITS [۱۹]، یک الگوریتم رتبه‌بندی پرکاربرد در موتورهای جستجوی وب برای رتبه‌بندی و بازگرداندن اطلاعات مبتنی بر پرس و جوی انجام شده است که دو امتیاز برای هرکدام از صفحات وب برآورد می‌کند. ۱)میزان اهمیت[1] ۲)میزان اعتبار[2]. یک صفحه معتبر، حاوی مطالب مورد درخواست و محتویات اطلاعاتی است که توسط دیگران استفاده می‌شود. یک صفحه با اهمیت بالا، کاربران را به جست‌وجوی صفحات معتبر هدایت می‌کنند و به‌صورت لیستی از منابع عمل می‌کنند و به بسیاری از صفحات وب پیوند ارتباطی می‌زنند. یک صفحه مهم می‌تواند صفحات معتبری را در مورد یک موضوع خاص پیشنهاد دهد، و یک صفحه معتبر توسط بسیاری از صفحات مهم ارجاع داده شود. این رابطه مدور منجر به تعریف الگوریتم تکراری HITS می‌شود.

در پایگاه داده خط سیر کاربران، دو نوع مورد اطلاعاتی کاربر و قطعه خیابان وجود دارد که تردد هر کاربر از هر قطعه خیابان، به‌صورت یک یال ارتباطی جهت‌دار از کاربر به قطعه خیابان در نظر گرفته می‌شود. بر پایه مدل HITS هر کاربر به‌عنوان یک مرجع Hub و هر قطعه خیابان به‌عنوان یک مرجع Authority عمل می‌کند. با استفاده از این الگوریتم، محلی بودن قطعه خیابان‌ها و کاربران به ترتیب با محاسبه میزان اعتبار قطعه خیابان و اهمیت کاربران به‌صورت نسبی برآورد می‌شود. در این روش باید توجه داشته باشیم که میزان محلی بودن قطعه خیابان را تنها از تعداد افرادی که ازآنجا تردد کرده‌اند، نمی‌توان نتیجه گرفت؛ بلکه می‌بایست بر اساس اینکه چه کسانی ازآنجا تردد کرده‌اند، برآورد کرد [۲۰]. دانش و تسلط مکانی افراد، ناحیه‌ای است [۲۱]. بدین معنا که میزان تسلط افراد مختلف به یک منطقه مکانی متفاوت بوده و پر واضح است کاربرانی که آشنایی بهتری با منطقه دارند، مسیرهای بهتری را برای تردد انتخاب می‌کنند. اگر سطح آشنایی کاربران با منطقه در نظر گرفته نشود، نتیجه رتبه‌بندی، قطعه خیابان‌های پرتردد و پرترافیک توصیه می‌شود هم‌چنین میزان محلی بودن کاربران نسبی است و به ناحیه جغرافیایی وابسته است. در واقع ممکن است کاربری که در یک منطقه دانش و تسلط زیادی دارد، از مسیرهای بهینه منطقه دیگری هیچ اطلاعاتی نداشته باشد. بر این پایه، میزان اعتبار قطعه خیابان‌ها و اهمیت کاربران در یک منطقه خاص، با در نظر گرفتن وابستگی این دو مقدار به یکدیگر و وابستگی محلی بودن کاربران به نواحی مقداردهی می‌شوند.

[1] Hub score
[2] Authority score

برای اجرای مدل HITS، یک ماتریس همسایگی M بین کاربران (u_i) و قطعه خیابان‌ها (r_i) تابع ترددی که کاربران از قطعه خیابان‌ها داشته‌اند، ساخته می‌شود. در این ماتریس مقدار V_l^k بیان‌گر تعداد دفعاتی است که کاربر u_k از قطعه خیابان r_l بازدید کرده است. میزان اعتبار قطعه خیابان، به‌صورت A_l و اهمیت کاربر u_k به‌صورت H_k تعریف می‌شود [۱۹].

$$M = \begin{array}{c} \\ u_1 \\ \\ u_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} r_1 & \cdots & r_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} V_1^1 & \cdots & V_n^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_1^n & \cdots & V_n^n \end{bmatrix} \end{array}$$

ارتباط متقابل و وابستگی میزان اعتبار قطعه خیابان‌ها و میزان اهمیت کاربران با روابط زیر بیان می‌شود:

رابطه (۱) $A_l = \sum_{u_k \epsilon U} H_k \times V_l^k$

رابطه (۲) $H_k = \sum_{u_k \epsilon U} A_l \times V_l^k$

J به‌عنوان ستونی است که المان‌های آن بیان‌گر میزان اعتبار قطعه خیابان‌ها است و E نیز به‌عنوان سطری که المان‌های آن بیان‌گر میزان اهمیت برآورده شده برای کاربران است. رابطه‌های (۳ و ۴) می‌تواند به‌صورت زیر بازنویسی شود [۱۹]:

رابطه (۳) $J = M^T . E$

رابطه (۴) $J = E^T . M$

فرایند تکراری محاسبه اهمیت افراد و اعتبار قطعه خیابان‌ها به فرم زیر است [۱۹]:

رابطه (۵) $E_n = M . M^T . E_{n-1} = (M . M^T)^n . E_0$

رابطه (۶) $J_n = M^T . M . J_{n-1} = (M^T . M)^n . J_0$

با استفاده از روش توانی تکرارشونده و با فرض $J_0 = E_0 = (1,1,1, \dots ,1)$ می‌توان اهمیت کاربران و اعتبار قطعه خیابان‌ها را برآورد کرد و بر اساس این مقادیر، k کاربر محلی و قطعه خیابان بهینه را در ناحیه جست‌وجوی استخراج کرد.

HITS برای تعیین میزان اعتبار یک صفحه در هر تکرار، تنها میزان اهمیت صفحات در ارتباط با آن را در نظر می‌گیرد. ما به‌جای ماتریس مجاورت، از یک ماتریس جدید که شامل اطلاعاتی در مورد پیوندهای ارتباطی با طول بزرگ‌تر است، استفاده می‌کنیم. برای در نظر گرفتن ارتباطات با طول بیش از ۱ توجه داشته باشید که ماتریس مجاورت A، تعداد مسیرهای به طول m از گره i به گره j را در نظر می‌گیرد. در این روش با توجه به این قانون که تحت شرایط مشخصی وقتی $K \to \infty$ آنگاه $A^k X$ به بردار ویژه‌ی متناظر با بزرگ ترین مقدار ویژه‌ی A از نظر قدر مطلق میل می کند در هر مرحله بزرگ‌ترین مقدار ویژه ازنظر قدر مطلق و بردار ویژه‌ی متناظر با آن به‌دست می‌آید و این کار تا رسیدن به‌دقت مورد نظر ادامه می‌یابد.

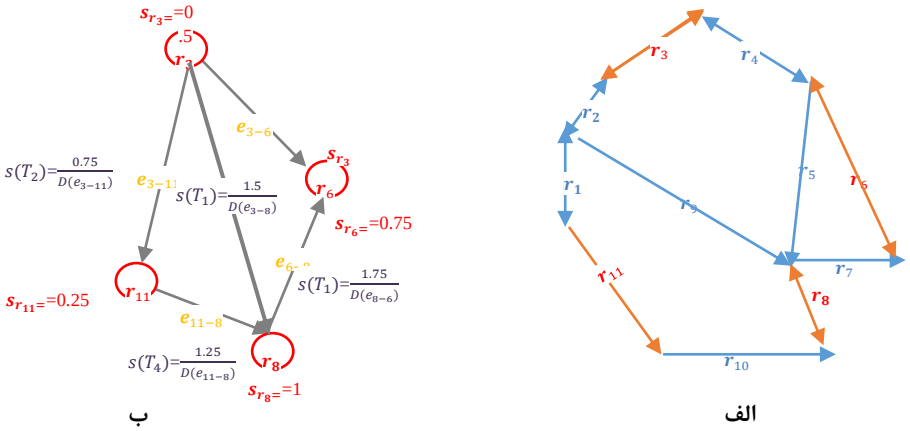
۳-۲- گراف محلی

پس از تعیین وزن قطعه خیابان‌ها $S(r_i)$ توسط الگوریتم $HITS$ بر اساس میزان تردد کاربران محلی و تشکیل مجموعه‌ی $R = \{r_1, r_2, \cdots, r_n\}$ به‌عنوان مجموعه‌ی قطعه خیابان‌های محلی، گراف جهت‌دار $G = (R, T)$ را به‌عنوان گراف محلی ایجاد می‌کنیم، به‌طوری‌که گره‌های گراف از مرکز قطعه خیابان‌های محلی و یال‌های گراف، از مجموعه خط سیرهای عبوری از بین قطعه خیابان‌های محلی قابل‌کشف است. با توجه به مجموعه‌ی R و مجموعه‌ی $\{E\}$-$\{R\}$ که بیانگر مجموعه‌ی قطعه خیابان‌های موجود در شبکه راه که غیر محلی هستند، ارتباط بین قطعه خیابان‌های محلی از طریق کاوش مجموعه‌ی خط سیرها قابل‌کشف است. به‌طور مثال با توجه به جدول (۱)، قطعه خیابان‌های محلی r_1 و r_7 از طریق پیمایش T_1 و توسط قطعه خیابان‌های غیر محلی r_2 و r_4 به یکدیگر مرتبط می‌شوند و یال e_{17} را در گراف محلی ایجاد می‌کنند. این یال درواقع ارتباط بین گره‌های v_1 و v_3 را در گراف محلی ایجاد کرده است.

همانطور که در شکل(۳-الف) مشاهده می‌شود، خطوط جهت‌دار r_i بیانگر قطعه خیابانهای پیموده شده توسط کاربران است، که از خط سیر آنها استخراج شده و خطوط قرمز رنگ قطعه خیابان‌های پرتردد هستند (دارای وزن بالاتری هستند) که در مرحله بعد مرکز آنها به‌عنوان گره گراف محلی در نظر گرفته می‌شود. در شکل (۳-ب) که نشانگر گراف محلی است، دوایر قرمز رنگ، گره گراف و خطوط تیره رنگ یال گراف است که وزن آنها از میاگین وزن گره‌های ورودی و خروجی و فاصله بین گره‌ها به‌دست می‌آید.

جدول ۱: خط سیرها به‌عنوان دنباله‌ای از قطعه خیابان‌های محلی

شناسه خط سیر	دنباله‌ای از قطعه خیابان های محلی	یال گراف محلی
T_1	$r_8 \rightarrow r_7 \rightarrow r_6$	e_{8-6}
T_2	$r_3 \rightarrow r_3 \rightarrow r_1 \rightarrow r_{11}$	e_{3-11}
T_3	$r_3 \rightarrow r_2 \rightarrow r_9 \rightarrow r_8$	e_{3-8}
T_4	$r_1 \rightarrow r_{11} \rightarrow r_{10} \rightarrow r_8$	e_{11-8}



شکل ۳ : الف) خط سیر کاربران، ب) گراف محلی

به بیان دیگر وزن یال‌های محلی، به‌صورت ترکیبی از طول مسیر و میزان ترجیحات کاربران محلی (وزن داده شدن توسط کابران محلی به قطعه خیابان‌ها)، با توجه به معادله(۷) قابل‌محاسبه است [۲۲].

$$S(T) = \frac{(S(r_s)+S(r_e))/2}{distance(r_s,r_e)}$$ رابطه (۷)

$S(r_s)$ وزن گره ورودی گراف محلی، $S(r_e)$ وزن گره خروجی و $distance(r_s,r_e)$، فاصله اقلیدسی بین گره‌ها به واحد کیلومتر است. با تعیین مبدأ و مقصد، در مرحله اول یک مسیریابی تقریبی بر روی گراف محلی برای هدایت افراد برای عبور از قطعه خیابان‌های محلی، انجام می‌شود. سپس توسط الگوریتم دایجسترا کوتاه‌ترین مسیری در شبکه راه‌ها محاسبه‌شده که در آن قطعه خیابان‌های محلی به‌صورت ترتیبی پیموده شده‌اند. اگر هیچ خط سیری بین قطعه خیابان‌های محلی یافت نشود، روش خوشه‌بندی نمی‌تواند مسیری پیدا کند و درنتیجه از کوتاه‌ترین مسیر مستقیم بین میان مبدأ و مقصد، استفاده می‌کند.

۴- پیاده‌سازی

بخش حاضر به پیاده‌سازی مدل و الگوریتم‌های ارائه‌شده اختصاص دارد. جهت پیاده‌سازی، ابتدا منطقه مورد مطالعه و داده‌های موردنیاز معرفی می‌شوند، سپس نتایج عملی نمونه پیاده‌سازی شده، ارائه و ارزیابی می‌شوند.

۴-۱- منطقه موردمطالعه و داده‌های مورداستفاده

در بین مناطق ۲۲ گانه تهران، منطقه ۶ به علت دارا بودن خوابگاه‌های دانشجویی و بخش‌های اداری و تجاری بسیار، از مناطق پررفت‌وآمد تهران به‌حساب می‌آید که به‌عنوان منطقه موردمطالعه تحقیق انتخاب گردید. برای پیاده‌سازی از داده‌های موجود در سیستم‌های ندیریت ناوگان که توسط شرکت‌های مختلف[1] ارائه می‌شود، استفاده کردیم و مجموعه خط سیر ۶۰ کاربر متحرک مجهز به وسیله نقلیه شخصی را به‌صورت روزانه در بازه زمانی سه‌ماهه از مهرماه تا پایان آذرماه سال ۱۳۹۳ اخذ نمودیم. خط سیر کاربران سواره، توسط تلفن‌های همراه مجهز به GPS در نرم‌افزار *My Tracks* ثبت گردید. مجموعه خط سیر شامل ۱,۰۷۴,۵۱۱ نقطه GPS و ۳۱۲۶ خط سیر منحصربه‌فرد است .۹۱.۵ درصد خط سیرها به‌صورت متراکم و هر ۱ تا ۵ ثانیه و یا هر ۵ تا ۱۰ متر نمونه‌برداری شده‌اند. شکل(۴) نمایی از داده‌های مکانی کاربران را بر روی نقشه نمایش می‌دهد.

با اصلاح و آماده‌سازی داده‌ها بر اساس مشخصات خط سیر، خط سیر که حداقل دارای ۱۰۰ و حداکثر ۱۴۸۹ نقطه برداشت‌شده و طولی بین ۲۸ تا ۱۲۰۰۰ متر دارند، برای پیاده‌سازی انتخاب‌شده‌اند که مشخصات آن‌ها در جدول (۲) آمده است.

۴-۲- توسعه سرویس توصیه مسیر

در این تحقیق به‌منظور پیاده‌سازی سرویس توصیه مسیر از API سیلورلایت ۵ موجود در Visual Studio 2012 برای اجرای آنالیزهای مکانی و از نرم‌افزار ArcGIS Server 10.2 به‌عنوان سرویس‌دهنده نقشه برای تبادل داده‌ها و خدمات GIS استفاده‌شده است. محیط برنامه در بستر وب پیاده‌سازی شده است. پیاده‌سازی سرویس به‌صورت گام‌به‌گام انجام می‌گیرد.

ابتدا سرویس نقشه Bing Map به‌عنوان نقشه پایه استفاده‌شده و لایه‌های پایه موردنیاز کاربران که شامل شبکه راه‌ها و نقشه‌ی بلوک‌های ساختمانی است و لایه‌های مربوط به مکان‌های به اشتراک گذاشته‌شده توسط کاربران، معابر محلی و شاخص‌ها در قالب سرویس مکانی WMS در دسترس کاربران قرار می‌گیرد.

الف

ب

شکل۴: توزیع مکانی داده‌های شبکه اجتماعی مکان‌مبنا در منطقه موردمطالعه

(الف: منطقه موردمطالعه تحقیق، ب: خط سیر کاربران)

جدول ۲: مشخصات مجموعه داده

	بازه زمانی برداشت (S)	بازه مکانی برداشت (M)	سرعت (KM/H)
متوسط	۳/۳۴۵۷	۸.۹۸	۷.۸۵۷۷
بیشینه	۴۲	۵۸۴	۷۱.۹۴۹۷
کمینه	۱	۵	۰.۰۷

[1] http://www.gpstrack.ir

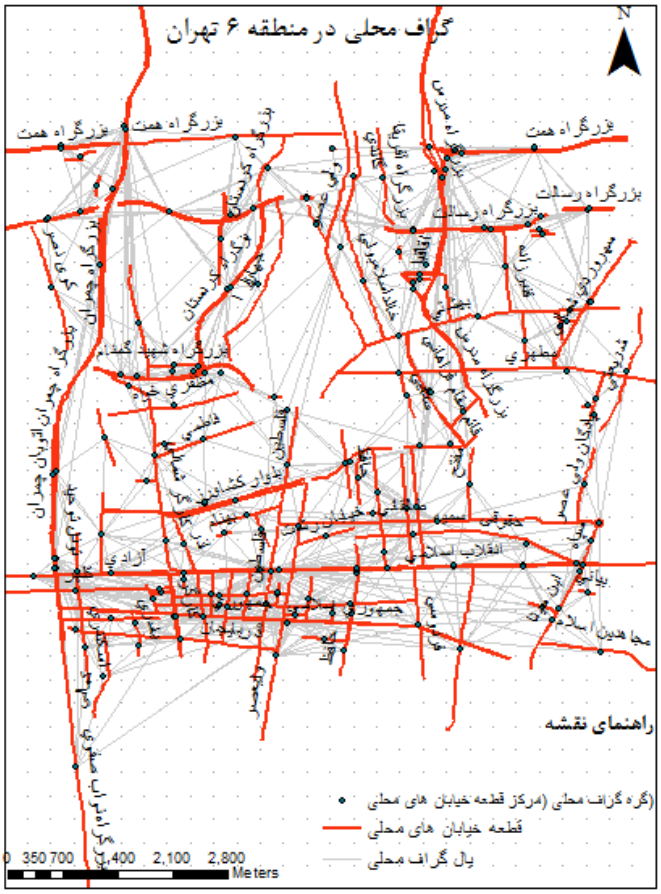
برای تعیین قطعه خیابان‌های محلی یک وب‌سرویس WCF بر اساس مدل HITS، باهدف تشخیص میزان اهمیت کاربران و اعتبار قطعه خیابان‌ها طراحی گردیده است. ورودی وب‌سرویس HITS، ماتریس کاربر–قطعه خیابان است که درایه‌های آن را تعداد خط سیرهای عبوری کاربران از قطعه خیابان‌ها تشکیل می‌دهند و خروجی سرویس، یک عدد بین صفر و یک است .به ازای هر بار اجراشدن سرویس HITS، مقادیر این ستون برای هر قطعه خیابان و هر کاربر در پایگاه داده مرکزی به‌روزرسانی می‌شود .پس از اجرای سرویس HITS، قطعه خیابان‌ها و کاربرانی که به ترتیب دارای اعتبار و اهمیت بیشتر از ۰.۵ هستند، به‌عنوان قطعه خیابان‌ها و کاربران محلی شناخته می‌شوند. پس‌ازآن فرایند مسیریابی در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول پس از اجرا و پیاده‌سازی روند مرحله‌به‌مرحله گراف محلی، مطابق شکل(۵) گراف محلی در منطقه ۶ تهران تولید شد .در شکل(۵–ب) خطوط قرمزرنگ، نشان‌دهنده قطعه خیابان‌هایی است که بیشتر از همه مورد تردد کاربران محلی قرارگرفته است. با توجه به شکل(۵–ج) نقاط قرمز رنگ، مراکز این قطعه خیابان‌ها بوده که به‌عنوان گره‌های گراف محلی استفاده می‌شوند و خطوط طوسی‌رنگ نشان‌دهنده یال‌های گراف محلی است.

پس‌ازآن، کاربر سرویس با تعیین مبدأ و مقصد بر روی نقشه درخواست مسیریابی می‌کند، ابتدا یک درخواست به‌طور آنی به سرویس آنالیز شبکه بر روی گراف محلی ارسال می‌گردد. در این مرحله یک مسیر تقریبی، کوتاه‌ترین مسیر بین قطعه خیابان‌های محلی با استفاده از الگوریتم دیکسترا بر روی شبکه راه‌ها نشان داده می‌شود. در سرویس پس از اجرای مسیریابی تقریبی بر روی گراف محلی و ارائه مسیر محلی به‌صورت غیردقیق، با زدن گزینه‌ای مسیریابی دقیق بر روی شبکه راه‌ها اجرا می‌شود. در شکل(۶)، خطوط قرمز رنگ بیانگر مسیر تقریبی و خطوط آبی‌رنگ بیانگر مسیر دقیق بر روی شبکه راه‌ها است.

۴-۳- ارزیابی

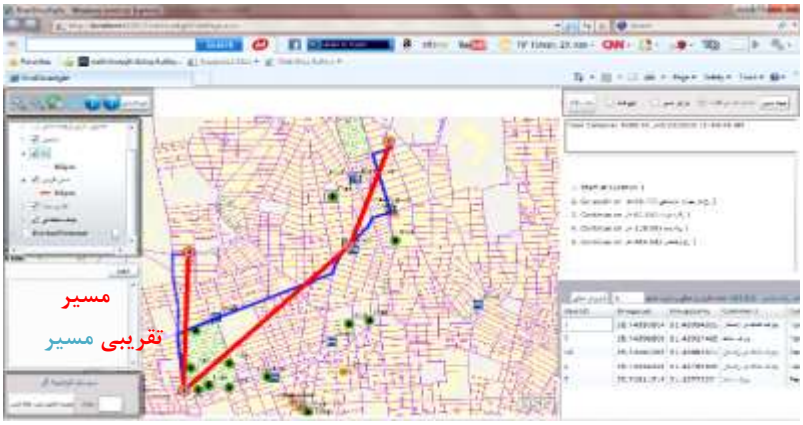
برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، نتیجه حاصل از مسیریابی دومرحله‌ای بر روی گراف محلی با نتایج به‌دست‌آمده از روش کوتاه‌ترین مسیر مقایسه می‌شود. برای مقایسه نتایج حاصل از روش‌های مذکور، از پارامتر زمان سفر استفاده می‌کنیم .این پارامتر تابعی از ویژگی‌های مسیر و خصوصیات کاربر هدف است. برای کسب ویژگی‌های مسیر تمرکز ما در اینجا به‌طور خاص بر روی طول مسیر است. در واقعیت با افزایش طول مسیر، احتمال ورود کاربر به مناطق نا آشنا، تعداد قطعه خیابان‌ها و نقاط تصمیم‌گیری بیشتر می‌شود و می‌توان زمان سفر بیشتری را در طول فرایند مسیریابی انتظار داشت. برای انجام آزمون، از ۱۰ کاربر سواره نا آشنا به منطقه ۶ تهران، درخواست کردیم تا به‌صورت تجربی مسیرهای به‌دست‌آمده از دو روش مذکور را بپیمایند و زمان سفر را در هر دو روش اندازه بگیرند (شکل (۷))

الف) اتصال نقاط *GPS* بر روی نقشه　　ب) وزن دهی قطعه خیابان‌ها بر اساس میزان تردد افراد محلی



ج)تعیین گره‌ها و یال‌های گراف محلی

شکل ۵: مراحل ایجاد گراف محلی در منطقه ۶ تهران

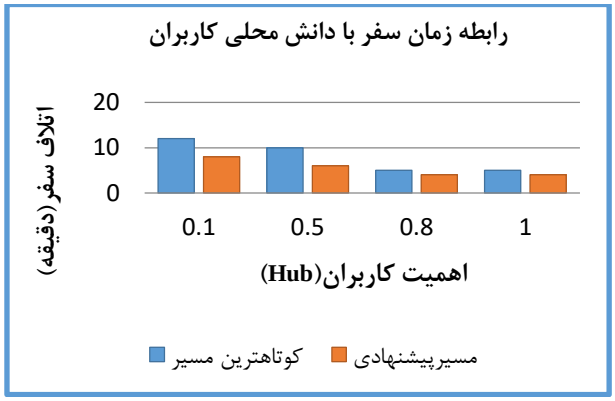


شکل ۶: نمایی از مسیریابی دومرحله‌ای در سرویس توصیه مسیر

شکل ۷: بررسی رابطه زمان سفر با طول مسیر برای دو روش مسیریابی

ازآنجایی‌که در روش کوتاه‌ترین مسیر، وزن دهی قطعه خیابان‌ها تنها بر اساس طول مسیر است، در مقایسه با روش پیشنهادی که ترکیب طول مسیر و ترجیحات کاربران محلی است زمان سفر بیشتری انتظار می‌رود. در فواصل کوتاه، به علت اندک بودن قطعه خیابان‌های محلی، روش پیشنهادی تفاوت چندانی با کوتاه‌ترین مسیر ندارد .اما با افزایش طول مسیر به علت افزایش قطعه خیابان‌های محلی، روش پیشنهادی نسبت به روش دایجسترا عملکرد بهتری دارد و زمان سفر به‌طور میانگین ۵۳ درصد کاهش می‌یابد.

برای محاسبه رابطه زمان سفر با ویژگی‌های کاربر، می‌توان به میزان محلی بودن کاربران در یک محدوده جغرافیایی اشاره کرد و تأثیر این ویژگی را در مسیرهای مختلف برآورد کرد (شکل (۷)). هر چه میزان محلی بودن کاربر در یک منطقه بیشتر باشد، میزان آشنایی او از قطعه خیابان‌های محلی بیشتر خواهد بود و درنتیجه روش پیشنهادی نسبت به روش کوتاه‌ترین مسیر، از عملکرد بهتری برخوردار خواهد بود. در اینجا میزان محلی بودن فرد در محدوده مورد ارزیابی، به‌واسطه رتبه‌بندی کاربران توسط الگوریتم HITS برآورد می‌شود. محدوده مورد ارزیابی از شمال شرق به بوستان نظامی گنجوی و از جنوب غرب به خیابان جمال‌زاده در محدوده بلوار کشاورز غربی منحصر می‌شود و کوتاه‌ترین مسیر بین این دو مکان حدود ۸۰۰۰ متر است.



شکل ۸: رابطه زمان سفر با دانش منطقه‌ای کاربران برای دو روش مسیریابی

مطابق شکل(۸) برای کاربران آشنا به منطقه به علت وجود تعداد زیادی از قطعه خیابان‌های آشنا، خروجی سرویس توصیه مسیر به علت عبور از قطعه خیابان‌های محلی نسبت به روش کوتاه‌ترین مسیر بهتر عمل می‌کند .برای کاربران ناآشنا به منطقه مسیر به‌دست‌آمده از سرویس توصیه مسیر نسبت به مسیر حاصله از آن روش دایجسترا از زمان سفر کمتری برخوردار است .به‌طورکلی می‌توان گفت با افزایش میزان تسلط کاربران به منطقه، زمان سفر سرویس توصیه مسیر، نسبت به کوتاه‌ترین مسیر حدود ۷۱ درصد کاهش یافت.

۵- نتیجه‌گیری

افزایش وسایل نقلیه در تهران و عدم برنامه‌ریزی مناسب برای به کنترل درآوردن سفرهای درون‌شهری، باعث شده همواره اتلاف زمان سفر و ترافیک در رأس مسائل لاینحل قرارگرفته و از اهم آن به‌شمار برود. از این‌رو ارائه یک سرویس توصیه مسیر مناسب جهت جلوگیری از اتلاف زمان و سردرگمی مسافران ضروری است. به‌منظور جمع‌آوری داده‌های مربوط به توصیه مسیر بهینه با توجه به شرایط ترافیکی، از داده‌های بهنگام اخذشده از سنجنده‌های موجود در راه‌ها استفاده می‌شود که مشکل عمده‌ی این روش، پراکندگی و پوشش کم منطقه‌ای سنجنده‌ها است. مجهز شدن تجهیزات همراه به دستگاه گیرنده GPS، نویدبخش شرایطی است که بتوان با استفاده از مشارکت مردم، حجم کثیری از این داده‌ها را جمع آوری کرد. بنابراین کاربران با استفاده از GPS گوشی‌های همراه خود، به‌عنوان سنجنده‌های متحرکی عمل می‌کنند که ترافیک موجود در خیابان‌ها را کاوش می‌کنند. درنتیجه، با دسترسی و تحلیل تاریخچه حرکتی وسایل نقلیه در محدوده‌های جغرافیایی مختلف، تشخیص الگوی حرکتی وسایل نقلیه در راه‌ها و استخراج مسیرهای بهینه حاصل می‌شود. در این سناریو کاربران در ازای جمع‌آوری داده‌های خط سیر، آنالیزهای مهم سیستم اطلاعات مکانی نظیر یافتن بهترین مسیر را به‌صورت رایگان دریافت می‌کنند. استفاده از چنین سیستمی می‌تواند علاوه بر ترغیب کاربران جهت جمع‌آوری خط سیر، نیازهای آنان را به‌منظور هدایت مناسب در شبکه حمل و نقل برطرف نماید.

مقاله حاضر به ارائه یک سرویس توصیه مسیر، بر مبنای ترکیب ترجیحات کاربران محلی و آشنا به منطقه در انتخاب راه‌ها و طول مسیر می‌پردازد. روند کار سرویس مسیریابی به این صورت است که مسیر بهینه بر روی گراف محلی، گراف وزن‌دار به‌دست‌آمده از خط سیر کاربران ارائه می‌شود. بر این اساس زمان سفر در این روش نسبت به روش کوتاه‌ترین مسیر برای طول‌های مختلف و کاربران با سطوح آگاهی مختلف به‌طور میانگین حدود ۶۲ درصد کاهش یافت.

با وجود اینکه روش مورد استفاده در این مقاله بر پایه نظرات کاربران آشنا به منطقه است، می‌تواند جزء یکی از بهترین روش‌های یافتن سریع‌تر مسیر باشد، اما همواره مشکلات زیر در تمام روش‌های مسیریابی وجود دارند: مسیری که بیشترین پیشنهاد به کاربر را دارد، مسیری که بیشارین پیشنهاد به کاربران را دارد، بعد از مدتی شلوغ و پر ترافیک می‌شود. راه‌حل‌های ممکن برای این مشکل استفاده از سه مسیر برتر (به جای بهترین مسیر) برای متعادل کردن بار و همچنین به روزرسانی داده‌هیای موجود در پایگاه داد با سرعت بالا می‌یاشد. همچنین تلفیق خط سیر کاربران با سنجنده‌های ترافیکی می‌تواند نتایج حاصل از مسیریابی را بهبود بخشد.

مراجع

[1] Bao, Jie, Yu Zheng, David Wilkie, and Mohamed F. Mokbel. "A survey on recommendations in location-based social networks." ACM Transaction on Intelligent Systems and Technology,2013.

[2] Monreale A, Pinelli F, Trasarti R, Giannotti F (2009) WhereNext: a location predictor on trajectory pattern mining. In: Proceedings of KDD 2009, pp. 637–646. doi:10.1145/1557019.1557091.

[3] Giannotti F, Nanni M, Pinelli F, Pedreschi D (2007) Trajectory pattern mining. In: Proceedings of KDD 2007, pp 330–339. doi:10.1145/1281192.1281230.

[4] Krumm J (2010) Where will they turn: predicting turn proportions at intersections. Pers Ubiquit Comput 14:591–599. doi:10.1007/s00779-009-0248-1

[5] Cao L, Krumm J (2009) From GPS traces to a routable road map. In: Proceedings of GIS 2009, pp 3–12. doi:10.1145/1653771. 1653776

[6] Li Q, Zheng Y, Xie X, Chen Y, Liu W, Ma WY (2008) Mining user similarity based on location history. In: Proceedings of GIS 2008,pp1–10. oi:10.1145/1463434.1463477

[7] Ceikute, V., & Jensen, C. S, "Routing Service Quality--Local Driver Behavior Versus Routing Services", In Mobile Data Management (MDM), 2013 IEEE 14th International Conference on (Vol. 1, pp. 97-106), 2013.

[8] Chen, Z., Shen, H. T., & Zhou, X, "Discovering popular routes from trajectories", In Data Engineering (ICDE), IEEE 27th International Conference on (pp. 900-911), 2011.

[9] Cao L, Krumm J (2009) From GPS traces to a routable road map. In: Proceedings of GIS 2009, pp 3–12. doi:10.1145/1653771. 1653776

[10] Yuan, Jing, et al. "T-drive: enhancing driving directions with taxi drivers' intelligence." Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on 25.1 (2013): 220-232.

[11] Zheng, Y., Zhang, L., Xie, X.,Ma,W.:Mining interesting locations and travel sequences from gps trajectories. In: WWW, pp. 791–800. ACM (2009).

[12] Yoon, H., Zheng, Y., Xie, X., & Woo, W. (2012). Social itinerary recommendation from user-generated digital. Pers Ubiquit Comput, 469–484.

[13] Dunstall S, Horn MET, Kilby P, Krishnamoorthy M, Owens B, Sier D, Thiebaux S (2003) An automated itinerary planning system for holiday travel. Inf Technol Tour. 6:195–210.

[14] Ardissono L, Goy A, Petrone G, Segnan M (2005). A multi-agent infrastructure for developing personalized web-based systems. ACM Trans Internet Tech 5:47–69. doi:10.1145/1052934.1052936.

[15] Huang Y, Bian L (2009) A Bayesian network and analytic hierarchy process based personalized recommendations for tourist attractions over the Internet. Expert Syst Appl 36:933–943. doi:

10.1016/j.eswa.2007.10.019

[16] Chodhury MD, Feldman M, Amer-Yahia S, Golbandi N, Lempel R, Yu C (2010) Automatic construction of travel itineraries using social breadcrumbs. In: Proceedings of HT 2010, pp 35–44. doi: 10.1145/1810617.1810626

[17] Gonzalez, H., Han, J., Li, X., Myslinska, M., & Sondag, J. P. (2007, September). Adaptive fastest path computation on a road network: a traffic mining approach. In Proceedings of the 33rd international conference on Very large data bases (pp. 794-805). VLDB Endowment.

[18] Yuan, J., Zheng, Y., Zhang, C., Xie, X., & Sun, G. Z, "An interactive-voting based map matching algorithm", In *Proceedings of the 2010 Eleventh International Conference on Mobile Data Management* (pp. 43-52). IEEE Computer Society, 2010.

[19] Kleinberg, J. M,"Authoritative sources in a hyperlinked environment", *Journal of the ACM (JACM)*, *46*(5), 604-632, 1999.

[20] Zheng, Y., & Zhou, X, Computing with spatial trajectories. Springer Science & Business Media, 2011.

[21] Liben-Nowell, D., Novak, J., Kumar, R., Raghavan, P., and Tomkins, A. (2005) Geographic routing in social networks,Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 102, 11623.

[22] Chang, K. P., Wei, L. Y., Yeh, M. Y., & Peng, W. C. (2011, November). Discovering personalized routes from trajectories. In Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location-Based Social Networks (pp. 33-40). ACM.

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.4, No.4, Winter 2017

Route recommendation based on local users' trajectories

Roya Shurouni[1]*, Mohammadreza Malek[2]

1- M.Sc. student of geographic information system in Department of Geomatics, College of Engineering, Khaje Nasir Toosi University.
2-Associate professor in Department of Geomatics, College of Engineering, Khaje Nasir Toosi University.

Abstract

Large amount of users' trajectories, is an emerging source of inexpensive data that can be used to provide an opportunity to present route recommendation service to the unfamiliar users within the area. In this study, with the aim of finding the optimal route, we first extract both local users and local road segments data sets by ranking them via HITS algorithm. In this model, a hub is a user who many time has crossed many road segments of a region, and an authority is a road segment that has been crossed by many users. Therefore, users' travel experiences (hub scores) and the interests of road segments (authority scores) have a mutual reinforcement relation. We also propose a novel approach in which the basic unit of routing is separate road segment instead of GPS trajectory segment. Moreover, to provide the approximate routing, we create a local graph. The center of the local road segments are considered as nodes and are based on local streets sequence arrange the pieces obtained from the trajectory of the user as edges of local graph. According to this graph, two steps of routing are used to obtain the optimal path. Then using Dijkstra's algorithm on the main road network and obtained an approximate route, shortest route between two local road segments based on this graph is used to obtain the optimal route. To implement and test, used data, from the trajectories of moving users in Tehran, has been gathered for 3 months on daily basis. To evaluate performance of the two-step routing, we experimentally compared the travel time in proposed route to Dijkstra's shortest path for different lengths and users with different levels of regional knowledge. The travel time in the proposed method was decreased 60 percent compare to shortest route.

Key words: Recommendation system, Route planning, Trajectory collection, Ranking.

Correspondence Address : GIS Group, Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
Tel : +98 912 5646641
Email : Shourouni@mail.kntu.ac.ir