علوم رایانش و فناوری اطلاعات
نشریه علمی انجمن کامپیوتر ایران
مجلد ۱۷، شماره ۱، ۱۳۹۸
صفحات ۶۷-۶۰
مقاله عادی

نشریه علوم رایانش و فناوری اطلاعات

ارائه سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه تاکسی با استفاده از روش فیلترسازی ترکیبی

زینب اسحاقی[1*]، فرانک فتوحی قزوینی[2]

*نویسنده مسئول، دریافت: ۹۶/۱۱/۲۴، بازنگری: ۹۷/۰۹/۰۶، پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۸

[1] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران.

[2] استادیار ، فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران.

چکیده

امروزه با رشد روزافزون حجم اطلاعات، پیدا کردن اطلاعات درست برای کاربران تبدیل به چالشی شده که برای حل آن به سیستم‌های پیشنهاددهنده نیاز می‌باشد. هدف این تحقیق ارائه یک سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه با استفاده از روش فیلترسازی ترکیبی برای کمک به رانندگان تاکسی می‌باشد. صرفه‌جویی در زمان،هزینه، کاهش ترافیک و آلودگی هوا نیز از مزایای این سیستم می‌باشد. ابتدا به مقدماتی درباره سیستم‌های پیشنهاددهنده، انواع و کاربرد آن‌ها اشاره می‌شود. با جمع‌آوری اطلاعات، بررسی فاکتورهای مکانی، زمانی، زمینه‌ای و تأثیر آن‌ها روی سیستم یک چارچوب پیشنهادی ارائه می‌گردد. سپس سیستم پیشنهاددهنده طراحی و پیاده‌سازی می‌شود. برای ارزیابی سیستم، از یک مجموعه داده واقعی استفاده می‌گردد. پس از تقسیم داده‌ها به دو گروه یادگیری و تست، کارایی مدل‌سازی صورت گرفته در این تحقیق را با مقایسه‌ای بین سیستم پیشنهاددهنده سنتی و سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه نشان می‌دهیم که افزایش کارایی سیستم و بهبود در نتایج مشاهده می‌شود.

کلمات کلیدی: سیستم‌های پیشنهاددهنده، آگاه از زمینه، فاکتورهای فضایی و زمانی، فیلترسازی ترکیبی

۱- مقدمه

با گسترش و پیچیدگی اطلاعات، یافتن راهی مؤثر برای پردازش، مدل‌سازی و تحلیل اطلاعات به یک موضوع جالب و چالش‌برانگیز تبدیل شده است. ازآنجاکه در تاکسی‌های دارای GPS[1] ، داده‌های مربوط به زمان و مکان ثبت می‌شوند، می‌توان در هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل تاکسی از این داده‌ها استفاده کرد [۱]. در سال‌های اخیر، سیستم‌های پیشنهاددهنده در برنامه‌های کاربردی و همچنین تحقیقات رشد فراوانی داشته‌اند [۲،۳].

هدف این تحقیق بررسی و پیاده‌سازی سیستم‌های پیشنهاددهنده و کاربرد آن‌ها در دستگاه‌های تلفن همراه هوشمند می‌باشد. سیستم‌های موبایل بر پایه خدمات مبتنی بر مکان ساخته شده‌اند و اطلاعات کاربران هر لحظه متغیر است و باید به‌روزرسانی شود [۲]. با توجه به اینکه سیستم‌های پیشنهاددهنده تمایل به استفاده از منابع مختلف اطلاعات مانند اطلاعات اجتماعی، جمعیتی[2]، محتوا، مبتنی بر دانش، جغرافیایی، حسگر و برچسب‌ها را دارند، این تحقیق بر روش ترکیبی در فیلترسازی اطلاعات تمرکز می‌کند و از اطلاعات زمینه‌ای برای ارائه پیشنهادات کامل‌تر و دقیق‌تر بهره می‌برد [۴].

تاکسی‌یاب یک سیستم پیشنهاددهنده موبایل برای کمک به رانندگان تاکسی و مسافران می‌باشد. این نرم‌افزار موبایل به کاربران این امکان را می‌دهد تا به‌راحتی تاکسی سفارش دهند و نزدیک‌ترین تاکسی خالی را با توجه به اطلاعات مکان مسافر

و تاکسی‌ها و زمان سفارش به کاربر معرفی می‌کند و برای رانندگان تاکسی نیز به پیدا کردن سریع‌تر مسافر کمک می‌کند [۵].

در سیستم ارائه شده در این تحقیق که قابل استفاده در نرم‌افزارهای تاکسی می‌باشد، هنگامی‌که راننده نیاز دارد تا مسافر پیدا کند، با توجه به زمان و مکان راننده، اطلاعات زمینه‌ای و همچنین با استفاده از اطلاعات و الگوهای به‌دست‌آمده از GPSهای پیشین ثبت شده، پیشنهادات مناسب ارائه می‌شود. به‌کارگیری سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه سبب افزایش دقت و درستی سیستم خواهد بود که پیشنهاددهی بهتر و درنتیجه رضایت کاربران را در پی خواهد داشت.

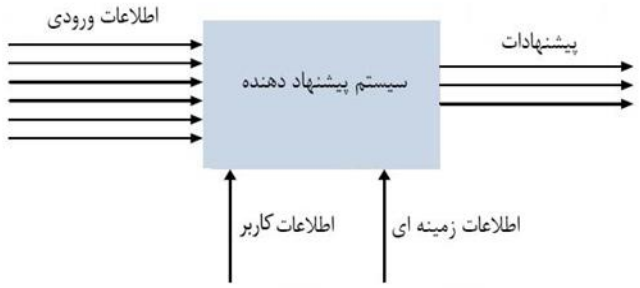
۲- تعریف مسئله

سیستم‌های پیشنهاددهنده (RSs[۳]) تکنیک‌ها و ابزارهایی برای فیلتر اطلاعات و پشتیبانی تصمیم‌گیری با شخصی‌سازی اطلاعات برای هر شخص می‌باشند. این سیستم‌ها برای هر درخواست، با توجه به نیازها و ترجیحات کاربران، محصولات و خدمات شخصی‌سازی شده ارائه می‌دهند. اینکه چه کالاهایی در وب‌سایت‌ها خریداری شوند، چه اخباری خوانده شوند و یا پیشنهادات اطلاعات مختلف در شبکه‌های اجتماعی، نمونه‌هایی از سیستم‌های پیشنهاددهنده می‌باشند [۲]. سیستم‌های پیشنهاددهنده بر اساس نوع ورودی‌ها دارای چند بعد هستند که در شکل ۱ یک سیستم سه بعدی شامل اقلام، کاربر و زمینه را مشاهده می‌کنیم [۶].

اطلاعات ورودی: تحلیل و پردازش اطلاعات موجود.

اطلاعات کاربر یا داده‌ها پیشین: نشان دهنده اطلاعات مربوط به انتخاب‌های کاربران پیشین.

اطلاعات زمینه‌ای : اطلاعاتی برای بهبود سیستم پیشنهاد دهنده که زمینه را می‌توان به‌صورت "هر اطلاعاتی که می‌تواند برای توصیف وضعیت یک موجودیت به کار برود" توصیف کرد [۷].



شکل ۱- نمای کلی سیستم‌های پیشنهاددهنده

سیستم‌های پیشنهاددهنده بر اساس چگونگی پیشنهادات و عملکرد به‌طور عمده به سه دسته تقسیم می‌شوند [۸،۹] :

- فیلترسازی مشارکتی(CF[۴]): پیشنهادات بر اساس شباهت خواسته کاربران ارائه می‌شود. در این روش ابتدا کاربرانی که خواسته‌ها و سلیقه‌های مشابه دارند شناسایی می‌شوند(CF مبتنی بر کاربر)، سپس با توجه به نظرات و رتبه‌بندی‌ها پیشنهاددهی صورت می‌گیرد. همچنین ممکن است که گزینه‌هایی مشابه با گزینه‌های قبلی که کاربر در گذشته علاقه‌مند بوده (CF مبتنی بر قلم)، پیشنهاد شود. روش CF بیشترین استفاده را در سیستم‌های پیشنهاددهنده دارد.
- فیلترسازی بر اساس محتوا : مواردی به کاربر پیشنهاد می‌شوند، با اقلامی که کاربر در گذشته نسبت به آن‌ها ابراز علاقه کرده است شباهت دارند و این شباهت نسبت به محتوا و ویژگی‌های اقلام سنجیده می‌شود. در این روش با مرتبط سازی اطلاعاتی از پروفایل کاربر و اطلاعاتی از کالا یا خدمت درخواست شده، پیشنهاد جدید ارائه می‌شود.
- فیلترسازی ترکیبی : طراحان این نوع سیستم‌ها انواع سیستم‌های پیشنهاددهنده را غالباً به دو منظور باهم ترکیب می‌کنند؛ ۱- افزایش عملکرد سیستم ۲- کاهش اثر نقاط ضعف سیستم‌ها.

این روش‌ها اگر به‌تنهایی استفاده شوند با ورود داده‌های پویا مثل مکان، زمان و آب‌وهوا به مشکل برمی‌خورند. در این تحقیق برای حل این مشکلات از فیلترسازی ترکیبی و آگاه به زمینه استفاده می‌کنیم. بیشتر سیستم‌های پیشنهاددهنده در فضای دو بعدی کاربر× قلم(محصول) کار می‌کردند. اما در نرم‌افزارهایی مثل پیشنهاددهنده سفر یا تاکسی، تنها در نظر گرفتن اقلامی که باید پیشنهاد شوند کافی نیست، بلکه باید به‌صورت یک لیست رتبه‌بندی شوند. در هر زمان کاربر با توجه به اطلاعات زمینه، انتخاب‌ها و رتبه‌بندی مختلفی دارد [۱۰].

با تجمیع سیستم‌های پیشنهاددهنده و محاسبات آگاه از زمینه، سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه (CARS[۵]) ایجاد شدند. برای ارائه سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه، از سیستم چندبعدی استفاده می‌شود که به‌صورت کاربر×قلم(محصول)×زمینه نمایش داده می‌شود [۱۱،۱۲].

۳- پیشینه تحقیق

در دهه اخیر مطالعات بسیاری در زمینه سیستم‌های پیشنهاددهنده صورت گرفته است. اما در چند سال گذشته، اطلاعات زمینه‌ای مورد توجه بیشتری قرار گرفته که به پیدایش سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه منجر شده است؛ بااین‌حال در زمینه موبایل هنوز توجه لازم کسب نشده است. در این پژوهش یک سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه در تجارت سیار، با تلفیق مباحثی نظیر سیستم‌های پیشنهاددهنده [۱۳،۱۴]، اطلاعات زمینه‌ای [۱۵،۱۶] و پردازش موبایل [۱۷،۱۸] ارائه می‌شود.

پیشینه سیستم‌های پیشنهاددهنده به تحقیق مالون و همکارانش [۱۹] در سال ۱۹۸۷ برمی‌گردد که سه روش برای فیلترسازی ارائه کردند : فیلتر شناختی (مبتنی بر محتوا) ، فیلتر اجتماعی (مشترک) و فیلتر اقتصادی. آن‌ها همچنین پیشنهاد کردند که بهترین روش احتمالاً ترکیب این روش‌هاست که فیلترسازی ترکیبی نامیده می‌شود. بررسی تحقیقات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که برخی به‌صورت کلی به بیان مفاهیم و چارچوب‌ها پرداختند، برخی روی روش‌های مختلف و به‌کارگیری، ترکیب و مدل‌سازی این روش‌ها متمرکز شدند [۲۰،۲۱،۲۲] و گروهی دیگر به پیاده‌سازی این سیستم‌ها به‌صورت نرم‌افزارهای کاربردی [۲۳،۲۴] روی آورده‌اند.

در روش سنتی، پیشنهادات با فیلتر مشارکتی یا فیلتر بر اساس محتوا صورت می‌گرفت. سپس با گذر زمان و نیاز به سیستم‌های پیشنهاددهنده دقیق‌تر و موفق‌تر، حساسیت به زمینه بیشتر مورد توجه قرار گرفت. سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه کامل‌ترین نوع سیستم‌های پیشنهاددهنده می‌باشند. با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف سیستم‌های پیشنهاددهنده مدل‌های مختلفی ارائه شد. مانند سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر موقعیت[۲۵] ، آگاه از زمان[۲۶] ، ترکیب دو مورد قبل و کامل‌ترین مدل که سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه می‌باشند. برخی تحقیقات به توسعه این سیستم‌ها در حوزه‌ای خاص پرداختند[۲۷،۲۸] اما تعدادی دیگر مدل‌های عمومی ارائه کردند که نمونه‌هایی در [۲۸،۲۹،۱۰] قابل دسترسی هستند.

با پیشرفت دستگاه‌های موبایل و تکنولوژی‌های ارتباطاتی، سیستم‌های پیشنهاددهنده در موبایل در حال افزایش هستند. درنتیجه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و مسیریابی موبایل جایگاه پرطرفداری در زمینه تحقیقات پیدا کرده‌اند [۳۰،۳۱،۳۲]. در میان این تحقیقات برخی روی طراحی مسیرها تمرکز کرده‌اند[۳۳،۳۴]، گروهی دیگر تحقیقاتی به‌منظور کمک به رانندگان تاکسی برای پیدا کردن مسافر با گشت زدن کمتر یا پیدا کردن پارکینگ‌های بهتر انجام

داده‌اند [۳۵،۳۶]، هدف برخی تحقیقات سودآوری بیشتر برای رانندگان تاکسی می‌باشد [۳۷]، درحالی‌که تعداد دیگری از مطالعات، سیستم‌های پیشنهاددهنده‌ای را برای هر دو طرف مسافر و راننده طراحی کرده‌اند [۳۸،۳۹]. در برخی مقالات مانند [۲۴] نیز سیستم پیشنهاددهنده و پیاده‌سازی آن به‌صورت نرم‌افزار موبایل ارائه شده است. در این تحقیق جنبه‌های مختلف این موضوع بررسی شده است تا به تحلیل و ارائه یک سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه به‌منظور کمک به رانندگان برای پیدا کردن مسافر برسیم.

۴- روش تحقیق

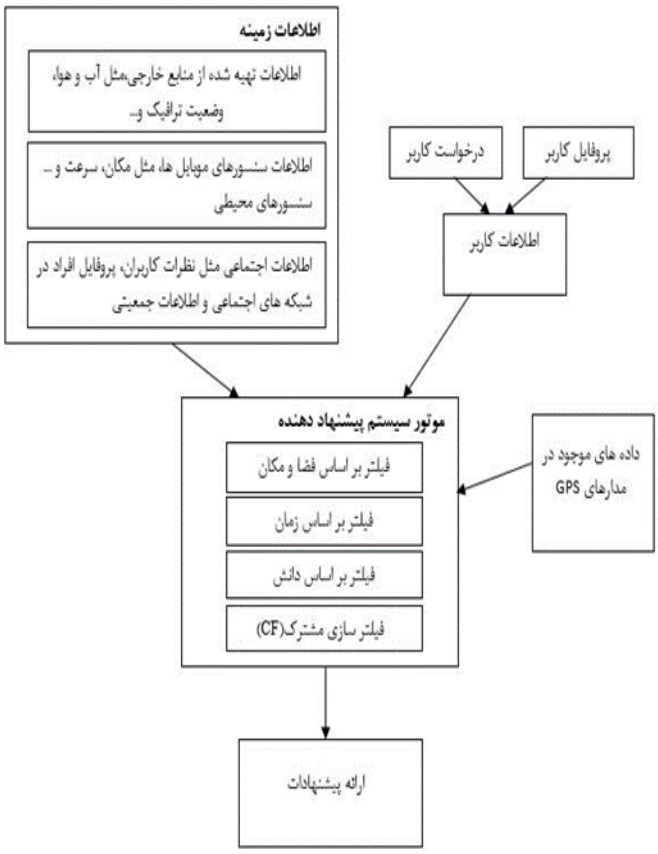
در این تحقیق ابتدا به معرفی مفاهیم و مقدماتی در مورد سیستم‌های پیشنهاددهنده، انواع و کاربرد آن‌ها در تجارت سیار پرداختیم. یکی از کاربردهای به‌روز در این بخش سیستم پیشنهاددهنده تاکسی می‌باشد که با بررسی مقالات و تحلیل روش‌ها و الگوریتم‌ها، سیستمی بهینه و قابل پیاده‌سازی ارائه می‌کنیم. محاسبات مربوط به سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه در دو مرحله انجام می‌گردد. ابتدا در مرحله برون‌خط، آماده‌سازی داده‌ها صورت می‌گیرد، نقشه شهر با الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر شبکه بخش‌بندی می‌شود و نقاط پراهمیت مشخص می‌گردد. تحلیل و الگوسازی داده‌های زمینه‌ای نیز انجام می‌شود و درنهایت فایل‌هایی با امتیاز نهایی بخش‌های پراهمیت در ساعات مختلف روزهای تعطیل و کاری، ذخیره می شوند. در مرحله بعدی سیستم پیشنهاد دهنده که به‌صورت برخط اجرا می‌شود، پس از دریافت درخواست از طرف کاربران سیستم، با بازیابی اطلاعات از فایل‌های امتیازبندی شده و محاسبات لازم، پیشنهاددهی صورت می‌گیرد. الگوریتم‌ها و کدهای لازم به‌منظور پیاده‌سازی این سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه توسط نرم‌افزار متلب نوشته می‌شود. برای ارزیابی سیستم ارائه شده، از یک مجموعه داده واقعی استفاده می‌شود. پس از تقسیم داده‌ها به دو گروه یادگیری و تست، کارایی مدل‌سازی صورت گرفته در این تحقیق را با مقایسه‌ای بین سیستم پیشنهاددهنده سنتی و سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه نشان می‌دهیم.

۵- یافته‌ها

در این تحقیق هدف اصلی طراحی و پیاده‌سازی سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه، کمک به رانندگان تاکسی به‌منظور پیدا کردن مسافر می‌باشد که برای رسیدن به این هدف ابتدا یک مجموعه داده پیشین GPS انتخاب می‌شود و پردازش‌ها و الگویابی‌های لازم بر روی آن انجام می‌گردد. از این داده‌ها برای یادگیری استفاده می‌شود که به‌عنوان فیلترسازی بر اساس دانش به‌حساب می‌آید. سپس اطلاعات زمینه‌ای لازم جمع‌آوری می‌شوند و درنهایت سیستم پیشنهاددهنده طراحی و پیاده‌سازی می‌گردد.

یکی از جنبه‌های نو در این تحقیق وارد کردن اطلاعات زمینه‌ای مناسب در سیستم پیشنهاد دهنده تاکسی‌یاب جهت بهبود نتایج پیشنهادی می‌باشد. در مقالات مختلفی که مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند، معمولاً تنها از اطلاعات زمانی و مکانی به همراه روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف برای یافتن مسافر استفاده شده است، اما در این مقاله با بررسی موارد گسترده‌تری از این اطلاعات زمینه‌ای، درنهایت تعدادی از اطلاعات زمینه‌ای که طبق بررسی‌های انجام شده ، انتظار می‌رفت مفیدتر باشند، روی یک پایگاه داده واقعی پیاده‌سازی شد و بهبود درنتیجه پیشنهاددهی حاصل گردید.

با توجه به مفاهیم به‌دست‌آمده از بررسی‌های انجام شده، ابتدا یک چارچوب پیشنهادی کلی برای سیستم‌های پیشنهاد دهنده آگاه به زمینه تاکسی ارائه کردیم که در شکل ۲ مشاهده می‌شود [۴۲]. این چارچوب در سیستم‌های مختلف تاکسی با اهداف متفاوت قابل پیاده‌سازی می‌باشد.



شکل ۲- چارچوب پیشنهادی سیستم‌های پیشنهاد دهنده آگاه به زمینه تاکسی

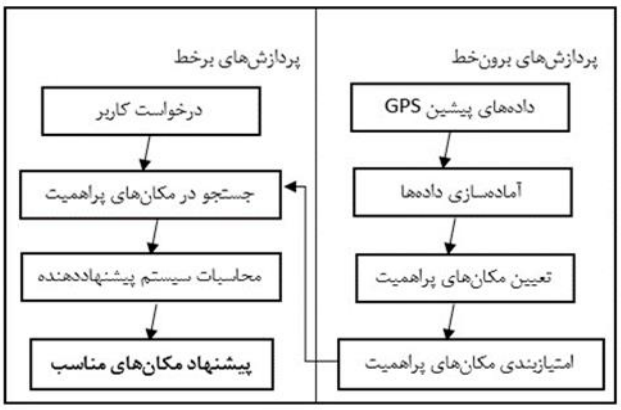
با توجه به چارچوب پیشنهادی، یکی از مراحل فیلتر داده‌ها به روش فیلتر مشارکتی (CF) می‌باشد که در این روش پیشنهادات بر اساس شباهت خواسته کاربران ارائه می‌شوند. در این روش ابتدا کاربرانی که خواسته‌ها و سلیقه‌های مشابه دارند شناسایی می‌شوند(CF مبتنی بر کاربر)، سپس با توجه به اطلاعات و رتبه‌بندی‌ها، پیشنهاد صورت می‌گیرد.

توسط روش فیلترسازی مشارکتی، مکان‌هایی که سوار شدن‌های بیشتری در آن‌ها رخ داده است، به‌عنوان نقاط پراهمیت، از داده‌های GPS پیشین استخراج می‌شوند. اما هنگام پیشنهاددهی به کاربر، اطلاعات جغرافیایی او و اطلاعات زمینه نیز در پروسه ارائه پیشنهاد دخیل می‌گردند.

در این تحقیق متغیرهای زمینه‌ای مؤثرتر شناسایی و استفاده شده‌اند که عبارت‌اند از اطلاعات مکانی و فضایی، اطلاعات زمانی، اطلاعات آب‌وهوایی، اطلاعات جمعیتی و شغلی. با جمع‌آوری و تحلیل این اطلاعات می‌توان سیستم پیشنهاددهنده دقیق‌تری را طراحی کرد. از طرف دیگر درخواست کاربر و اطلاعات مربوط به او نیز جزئی از اطلاعات ورودی به سیستم پیشنهاددهنده می‌باشند.

برای طراحی این سیستم پیشنهاد دهنده مراحل مورد نیاز طبق شکل ۳ پیشنهاد می‌شود. در طراحی این سیستم به یک سری داده‌کاوی برون‌خط و پیشنهاددهی برخط نیاز داریم. با پردازش داده‌ها به‌صورت برون‌خط مکان‌های پراهمیت شهر مشخص می‌شوند. در این تحقیق مکان‌های پراهمیت مکان‌هایی هستند که در آن‌ها احتمال وجود مسافر بیشتر است.

در مرحله بعد، پردازش‌های برخط باید صورت بگیرد که پس از دریافت درخواست از طرف کاربر، مکان‌های پراهمیت مناسب درخواست کاربر انتخاب می‌شوند و پس از انجام محاسبات مربوط، سیستم مکان‌های مناسب را به کاربر پیشنهاد می‌کند.



شکل ۳- مراحل مورد نیاز برای طراحی سیستم پیشنهاد دهنده

۵-۱- داده‌های تحقیق

داده‌های این پژوهش شامل دو بخش اصلی می‌باشد. بخش اول اطلاعاتی از تمامی سفرهای انجام شده توسط تاکسی‌های نیویورک در سال ۲۰۱۰ می‌باشد که شامل اطلاعات زمانی و مکانی به‌دست‌آمده از GPS مانند زمان و مکان سوار شدن و پیاده شدن مسافران می‌باشد. هر سطر در این مجموعه داده نمایانگر یک سفر تاکسی می‌باشد. از داده‌های سه هفته این مجموعه داده، به‌عنوان داده‌های تست و یادگیری استفاده کردیم که بالغ بر ده میلیون رکورد می‌باشد. بخش دوم اطلاعات زمینه‌ای شامل داده‌های مربوط به آب‌وهوا، جمعیت و مشاغل هستند که با کمک آن‌ها مشخص می‌کنیم در چه مکان‌هایی درخواست تاکسی بیشتر می‌باشد. در این تحقیق داده‌های آب‌وهوایی از منبع National Climatic Data Center گرد آوری شده است. داده‌های مربوط به جمعیت و مکان‌های شهر توسط دولت جمع‌آوری شده و در وب‌سایت‌های دولتی در دسترس می‌باشند.

۵-۲- الگویابی از داده‌ها

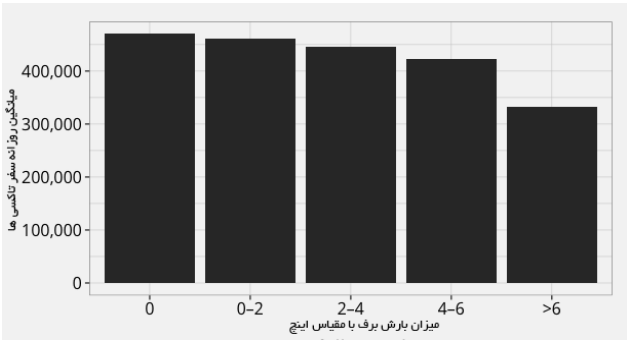
با در دست داشتن داده‌ها به مرحله تحلیل و الگویابی از آن‌ها می‌رسیم. تحلیل فضایی سیستم این‌گونه است که با در دست داشتن داده‌های مربوط به سوار شدن مسافران در شهر، برای حل مشکل پراکندگی داده، نقاط GPS را خوشه‌بندی می‌کنیم. الگوریتم‌های خوشه‌بندی بسیاری وجود دارند که هر کدام نقاط قوت و ضعف متفاوتی دارند و برای گروهی از داده‌ها مناسب‌تر می‌باشند. در این تحقیق پس از بررسی‌های انجام شده، الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر شبکه را به کار بردیم. الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر شبکه، نقاط سوارشدن مسافرها را در خوشه‌هایی با اندازه ثابت گروه‌بندی می‌کند. یک شبکه یکنواخت که در آن فضای ما به قسمت‌های n*n تقسیم می‌شود و نقاط GPS در یک قسمت متعلق به یک خوشه می‌باشند. در این الگوریتم چگالی خوشه‌ها اهمیت آن‌ها را مشخص می‌کند. اندازه بخش‌ها برای ساخت شبکه اهمیت دارد؛ با تعیین بخش‌هایی که خیلی بزرگ یا خیلی کوچک نباشند، نتیجه بهتری به دست خواهد آمد که این اندازه در برنامه‌نویسی‌ها بررسی و اندازه مناسب انتخاب شده است.

به‌این‌ترتیب روی نقشه شهر مشخص می‌کنیم در هر قسمت از شهر چه تعداد نقاط GPS مربوط به سوار شدن مسافران قرار می‌گیرند و احتمال پیدا کردن مسافر محاسبه می‌شود. با نمایش این نقاط روی نقشه الگوی درخواست تاکسی‌ها مشخص می‌شود. با به‌کاربردن این اطلاعات و اطلاعات زمینه‌ای، مکان‌های پراهمیت را در نقشه مشخص می‌کنیم. در این تحقیق مکان‌های پراهمیت به مکان‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها احتمال وجود مسافر بیشتر است.

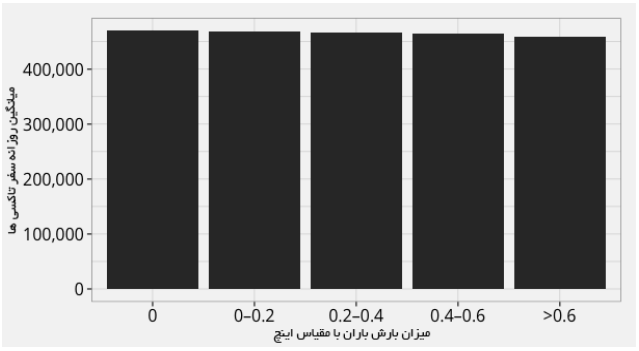
الگوهای تقاضای تاکسی، در روزهای مختلف هفته و ساعات مختلف روز متفاوت می‌باشند. روزهای هفته به دو گروه روزهای کاری و روزهای تعطیل تقسیم می‌شوند؛ همچنین هر روز به ۲۴ قسمت یک ساعتی تقسیم می‌شود. در هر ساعت الگوی تقاضای تاکسی را با بررسی داده‌های پیشین GPS مدل‌سازی می‌کنیم. بر اساس انبوهش نقاط سوار شدن در هر سلول از نقشه جدول‌بندی شده شهر، مناطق پراهمیت را پیدا کنیم.

همان‌طور که بیان شد، در این تحقیق داده‌های آب‌وهوایی از منبع National Climatic Data Center گردآوری شده است. ما این داده‌های آب‌وهوایی را با داده‌های تاکسی‌ها مقایسه کردیم تا در مورد رابطه بین آب‌وهوا و سفر تاکسی‌ها الگوهای لازم را به دست آوریم.

با بررسی نتایج مربوط که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود ، آب‌وهوا را به دو صورت عادی و غیرعادی در نظر می‌گیریم. در آب‌وهوای غیرعادی که شامل بارش برف سنگین می‌باشد، تعداد مسافرها و تقاضا برای تاکسی کاهش می‌یابد اما بارش باران تأثیر خاصی بر تعداد مسافران ندارد.



شکل ۴- نمودار تأثیر بارش برف بر میانگین تعداد مسافران روزانه نیویورک



شکل ۵- نمودار تأثیر بارش باران بر میانگین تعداد مسافران روزانه نیویورک

با در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به پراکندگی شغل و جمعیت شهر در سال ۲۰۱۰ که در منبع [۴۰] آمده است، امتیازهای مربوط را به فایل‌های اطلاعات بخش‌های پراهمیت به‌دست‌آمده اضافه می‌کنیم تا در فرآیند تصمیم‌گیری از آن‌ها استفاده گردد. یعنی با توجه به الگوی جمعیت و شغل‌ها، تأثیر آن‌ها در ساعت‌ها و روزهای مختلف محاسبه می‌شود و امتیاز محاسبه شده در فایل‌های مربوط ثبت می‌گردد. در بعضی شرایط برخی از متغیرها اهمیت بیشتری دارند که با وزن‌دهی به متغیرها می‌توانیم این اهمیت را تأثیر دهیم.

۵-۳- پیشنهاددهی

همان‌طور که در شکل ۳ بیان شد، محاسبات مربوط به سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه در دو مرحله شامل محاسبات برون‌خط و محاسبات برخط انجام می‌گردد. هنگامی‌که امتیازدهی به تمام بخش‌ها انجام شد و امتیاز بخش‌ها به همراه اطلاعات زمینه‌ای ذخیره گردید، ما می‌توانیم پیشنهاددهی به یک تاکسی را در زمان

و مکان معین انجام دهیم. درواقع یک سری فایل دارای رتبه‌بندی در ساعات مختلف روزهای تعطیل و روزهای کاری ایجاد می‌کنیم.

در مرحله بعد وقتی درخواست هر تاکسی به سیستم ارسال می‌شود، با توجه به زمان درخواست و اینکه در چه ساعتی از روز و در چه روزی از هفته قرار داریم، فایل مورد نظر بازیابی و خوانده می‌شود. فاصله کاربر با نقاطی با امتیازات بیشتر محاسبه می‌شود و سپس k مکان نزدیک‌تر و با امتیاز بیشتر به‌عنوان پیشنهادها به کاربر ارائه می‌شوند. با دریافت درخواست کاربر که شامل مختصات جغرافیایی مکان و زمان می‌باشد، روند پیشنهاددهی برخط آغاز می‌گردد. الگوریتم پیاده‌سازی سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه به‌صورت زیر می‌باشد که کد نویسی در متلب برای این الگوریتم پیاده شده است:

- **ورودی** : متغیرهای مکان و زمان فعلی کاربر
  یک سری متغیرهای زمینه‌ای C={c1,c2,...cn}
  حداکثر تعداد گزینه‌های پیشنهاد شده (K)
- **خروجی**: مجموعه گزینه‌های پیشنهاد شده
  item= {i1,i2,...,im} m<=k
- تابع پیشنهاددهی f(c,k):
  با در دست داشتن زمان درخواست کاربر :
  مشخص می‌کنیم در روز تعطیل قرار داریم یا روزهای کاری.
  متغیر روز تعطیل ۰ یا ۱ می‌شود .
  همچنین ساعت خوانده می‌شود درنتیجه فایل مخصوص آن روز و ساعت بازیابی می‌شود.
  با توجه به متغیر آب‌وهوا: در صورت غیر نرمال بودن، تأثیر آن روی پیشنهادات محاسبه می‌گردد.
  با توجه به مکان فعلی کاربر: k بخش نزدیک‌تر و با امتیاز بالاتر خوانده می‌شود و به کاربر پیشنهاد می‌گردد.

۶- ارزیابی سیستم

ارزیابی سیستم‌های پیشنهاددهنده یکی از بخش‌های مهم و جدایی‌ناپذیر در هر زمینه تحقیقاتی به شمار می‌آید زیرا امکان مقایسه روش‌ها و تشخیص نتایج بهتر را فراهم می‌آورد. ازآنجاکه در بیشتر مراجع بررسی شده، از اطلاعات زمانی و مکانی به همراه روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف برای یافتن مسافر استفاده شده است، ما این سیستم را به‌عنوان سیستم سنتی استفاده شده در نظر می‌گیریم و با سیستم پیشنهادی دارای متغیرهای زمینه‌ای مقایسه می‌کنیم.

برای ارزیابی کارایی سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه و درستی الگوهای کشف‌شده، داده‌های GPS را به دو قسمت یادگیری و تست تقسیم می‌کنیم. سه هفته از داده‌های مسیر تاکسی‌ها را در نظر می‌گیریم؛ دو هفته اول به‌عنوان داده‌های یادگیری و هفته سوم به‌عنوان داده تست در نظر گرفته می‌شود.

برای آزمایش و سنجش کارایی سیستم، با توجه به محدودیت‌های سیستم برای پیاده‌سازی، از روش کاهش داده که یکی از گام‌های پیش‌پردازش داده‌ها می‌باشد استفاده کردیم. با استفاده از یک تابع تصادفی ابتدا ۱۰ سطر تصادفی، مربوط به ده راننده را در مجموعه داده تست در نظر می‌گیریم. هر راننده دارای ده‌ها رکورد مربوط به سوار کردن و پیاده کردن در روز می‌باشد که با هر پیاده کردن، روند پیشنهاددهی آزمایش می‌گردد و نتایج بررسی می‌شوند. در این داده‌ها زمان و مختصات جغرافیایی پیاده شدن را در نظر می‌گیریم که در آن لحظه راننده تاکسی نیاز دارد تا برای پیدا کردن مسافر جدید، تعدادی مکان به‌صورت یک لیست امتیازبندی شده پیشنهاد گردد. حال این نتایج را با اطلاعات مجموعه داده تست که در دست داریم مقایسه می‌کنیم تا ببینیم تا چه حد پیشنهادهای سیستم درست بوده است.

به‌منظور ارزیابی دقیق سیستم‌های پیشنهاددهنده می‌توان از معیارهایی مانند دقت (Precision) و درستی (Recall) و معیارهای خطا مانند RMSE[۶] و MAE[۷] استفاده کرد. به دلیل راحتی در عملیات ریاضی و تناسب با روش‌های بهینه‌سازی رسمی، معیارهای خطا مانند RMSE محبوب‌تر گشته‌اند و کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند. بااین‌حال، معیارهای دقت و صحت در این زمینه طبیعی‌تر به نظر می‌رسند، زیرا به‌طور مستقیم کیفیت N پیشنهاد اول را ارزیابی می‌کنند [۴۱]. به همین دلیل برای ارزیابی صحت و کارایی سیستم پیشنهاددهنده از معیارهای دقت و درستی مانند دقت، درستی و F-Measure استفاده می‌کنیم.

- درستی (Recall) یک معیار عمومی برای ارزیابی سودمند بودن الگوریتم پیشنهادی و احتمال به دست آوردن پیشنهادهای درست که به‌صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$Recall = \frac{R_h \cap R_r}{R_h} \qquad (۱)$$

در این فرمول متغیر R_h مجموعه اقلام انتخاب شده توسط کاربر و R_r مجموعه اقلام پیشنهادی توسط سیستم می‌باشد.

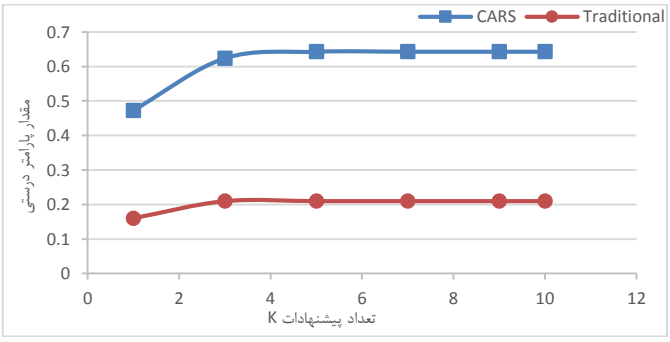
- دقت (Precision) یک معیار عمومی برای اندازه‌گیری مفید بودن الگوریتم پیشنهادی که نسبت پیشنهادات مناسب را به تعداد کل پیشنهادات نشان می‌دهد. هدف این است که چه تعداد از اقلام پیشنهادی در مجموعه تست کاربر نیز وجود دارد.

$$Precision = \frac{R_h \cap R_r}{R_r} \qquad (۲)$$

- F-Measure یکی دیگر از معیارهای ارزیابی برای نمایش ارتباط بین درستی و دقت که به‌صورت رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

$$F = \frac{2PR}{P+R} = \frac{2}{\frac{1}{R}+\frac{1}{P}} \qquad (۳)$$

در شکل ۶ مقایسه معیار درستی بین سیستم پیشنهادی و سیستم سنتی با تعداد پیشنهادات از ۱ تا ۱۰ (K=1 تا K=10) نشان داده می‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رفت، سودمند بودن در سیستم پیشنهادی به‌طور متوسط بالاتر از سیستم سنتی می‌باشد و با افزایش تعداد پیشنهادات دقت و کارایی سیستم بیشتر می‌شود.

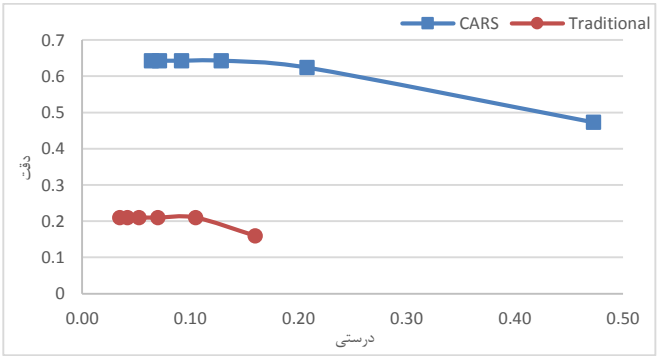


شکل ۶- مقایسه معیار درستی بین سیستم پیشنهادی و سیستم سنتی با تعداد پیشنهادات مختلف

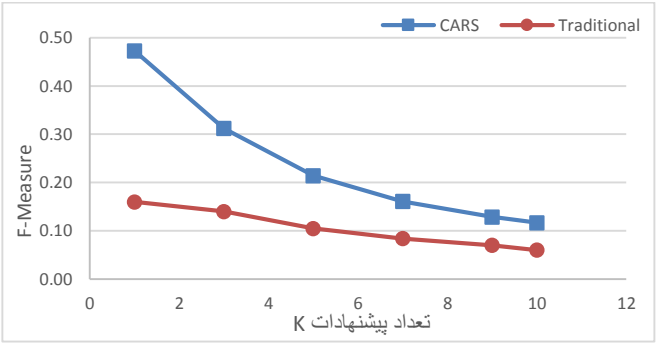
ازآنجاکه معیار دقت بیان می‌کند که از مجموعه پیشنهادات به کاربر چند درصد درست هستند، با افزایش تعداد پیشنهادات این معیار کاهش می‌یابد. همان‌طور که در فرمول ۲ گفته شد، محاسبه معیار دقت با تقسیم درستی بر تعداد پیشنهادات به دست می‌آید.

به‌طورمعمول در سیستم‌های پیشنهاددهنده ارزیابی با محاسبه معیار دقت برحسب درستی نشان داده می‌شود. محاسبه معیار دقت برحسب درستی با تعداد پیشنهادات متفاوت در سیستم پیشنهادی و سیستم سنتی ، در شکل ۷ نشان داده می‌شود. مشاهده می‌شود که مفید بودن در سیستم پیشنهادی نسبت به سیستم سنتی بالاتر می‌باشد. با توجه به اینکه با افزایش تعداد پیشنهادات دقت کاهش و

درستی افزایش می‌یابد معمولاً ترکیب این دو معیار نشان داده می‌شود. با محاسبه F-Measure که در شکل ۸ نشان داده می‌شود نیز برتری الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق مشخص می‌گردد.



شکل ۷- مقایسه دقت برحسب درستی بین سیستم پیشنهادی و سیستم سنتی با تعداد پیشنهادات مختلف



شکل ۸- مقایسه معیار F-Measure بین سیستم پیشنهادی و سیستم سنتی با تعداد پیشنهادات مختلف

بر اساس نتایج ذکر شده و مقایسه معیارهای ارزیابی می‌توان دریافت همان‌طور که انتظار می‌رفت، با دخالت دادن داده‌های زمینه‌ای در پیشنهادها، عملکرد سیستم پیشنهاددهنده ارائه شده در این تحقیق نسبت به سیستم پیشنهاددهنده سنتی بهبود قابل توجهی داشته است.

۷- نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه برای کمک به رانندگان تاکسی در پیدا کردن سریع‌تر مسافران ارائه شده است. با بررسی و تحلیل سیستم‌های موجود که معمولاً از داده‌های زمانی و مکانی برای پیشنهاددهی استفاده می‌کردند، نیازهای لازم درک شده و راه‌هایی برای بهبود پیشنهاددهی ارائه شده است که مهم‌ترین آن‌ها استفاده از داده‌های زمینه‌ای می‌باشد. بدین منظور، مجموعه داده‌های GPS ثبت شده توسط تاکسی‌ها و داده‌های زمینه‌ای مانند زمان، مکان، اطلاعات جمعیتی، شغل‌ها و آب‌وهوا استفاده شد. پیاده‌سازی بر روی داده‌های شهر نیویورک صورت گرفته اما در صورت استفاده از داده‌های GPS تاکسی‌ها و داده‌های زمینه‌ای مشابه، روش استفاده شده می‌تواند به‌طور عمومی برای مناطق دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد.

ابتدا یک چارچوب پیشنهادی کلی برای سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه تاکسی به‌منظور استفاده مسافران و رانندگان طراحی کردیم. این چارچوب داده‌ها و متغیرهای ورودی مورد نیاز، روش‌های فیلترسازی و نتایج حاصل را بیان می‌کند. سپس برای ساخت سیستم پیشنهاددهنده، یک سری مراحل به‌صورت برون‌خط انجام شد. طی این مراحل، ابتدا آماده‌سازی داده‌های پیشین GPS صورت گرفت، نقشه شهر با الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر شبکه بخش‌بندی شد و سپس با تحلیل‌های صورت گرفته روی داده‌ها، نقاط پراهمیت که تعداد سوار شدن در آن‌ها بیشتر بوده مشخص گشت. تحلیل و الگوسازی داده‌های زمینه‌ای نیز انجام شد و درنهایت فایل‌هایی با امتیاز نهایی بخش‌های پراهمیت در ساعات مختلف روزهای تعطیل و کاری، ذخیره شدند.

در مرحله بعدی سیستم پیشنهاددهنده که به‌صورت برخط اجرا می‌شود، پس از دریافت درخواست از طرف کاربران سیستم، با بازیابی اطلاعات از فایل‌های امتیازبندی شده و محاسبات لازم، پیشنهاددهی صورت می‌گیرد. وقتی درخواست هر تاکسی به سیستم ارسال می‌شود، با توجه به زمان درخواست و اینکه در چه ساعتی از روز و در چه روزی از هفته قرار داریم، فایل مورد نظر بازیابی می‌شود. سپس مکان‌های نزدیک‌تر و با امتیاز بیشتر به‌عنوان پیشنهادها به کاربر ارائه می‌شوند. الگوریتم‌ها و کدهای لازم به‌منظور پیاده‌سازی این سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه توسط نرم‌افزار متلب نوشته شده است.

به‌منظور ارزیابی سیستم، از داده‌های مسیر تاکسی‌های شهری واقعی برای یادگیری و تست استفاده کردیم و از معیارهای دقت (Precision) و درستی (Recall)، و F-Measure استفاده شده است. با اندازه‌گیری این معیارها در سیستم پیاده‌سازی شده و مقایسه نتایج با سیستم پیشنهاددهنده سنتی که در مراجع به آن‌ها اشاره شده است، صحت و درستی نتایج مشخص گردید که برای هر سه معیار، سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه عملکرد بهتری داشته است. همان‌طور که انتظار می‌رفت، با کمک سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه ارائه شده، تاکسی‌ها در زمان کمتری می‌توانند مسافر پیدا کنند که کاهش ترافیک و آلودگی هوا و کاهش مصرف انرژی را در نیز پی خواهد داشت.

توسعه‌های ممکن برای بهبود سیستم به‌عنوان گام‌های بعدی عبارت‌اند از تعیین منطقه‌های پراهمیت با استفاده از دانش شهری و جغرافیایی و با توجه به نقشه معنایی شهر، که احتمالاً الگوهای سودمندتری نسبت به حالت قبل ایجاد خواهد کرد. همچنین دقت سیستم ارائه شده با به‌کارگیری داده‌های بیشتر بالا می‌رود. هر چه داده‌ها گسترش یابند، الگوهای به‌دست‌آمده دقیق‌تر خواهند بود و نتایج بهتری حاصل خواهد گشت. به‌علاوه، کاربرد این سیستم در یک نرم‌افزار موبایل تاکسی یاب می‌تواند نتایج تحقیق را به‌خوبی منعکس کند و همان‌طور که گفته شد، در پیدا کردن مسافران به رانندها کمک نماید.

مراجع

[1] X. Xu, J. Zhou, Y. Liu, Z. Xu, and X. Zhao, "Taxi-RS: Taxi-Hunting Recommendation System Based on Taxi GPS Data," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 4, pp. 1716-1727, 2015.

[2] F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, and P. B. Kantor, "Introduction to recommender systems handbook," *Recommender Systems Handbook*, Springer, pp.1-35., 2011.

[3] S. Lampropoulos and G. A. Tsihrintzis, "Machine Learning Paradigms," *Applications in Recommender Systems*, Springer, 2015.

[4] J. Bobadilla, F. Ortega, A. Hernando, and A. Gutierrez, "Recommender systems survey," *Knowledge-Based Systems*, vol. 46, pp.109–132, 2013.

[5] P. CN, A. S. Baghel, J. Thriveni, K. Venugopal, and L. Patnaik," Taxi-Passenger Recommender System: An Application," *International Journal of Computer Application*, vol. 1, no. 5, 2015.

[6] B. Ferreira, "Mobi-System: Towards an Information System to Support Sustainable Mobility with Electric Vehicle Integration," *Phd. Thesis*, Universidade do Minho, 2013.

[7] G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith, and P. Steggles, "Towards a better understanding of context and context-awareness," *in Handheld and Ubiquitous Computing*, H.-W. Gellersen, Ed., vol. 1707 of Lecture Notes in Computer Science, Berlin, Germany: Springer, pp. 304–307, 1999.

[8] L. Lu, M. Medo, C. Yeung, Y. Zhang, Z. Zhang, and T. Zhou, "Recommender Systems," *Physics Reports*, vol. 519, no. 1, pp. 1–49, 2012.

[9] G. Adomavicius and A. Tuzhilin. "Toward the next generation of

recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 17, no.6, pp. 734-749, June 2005.
[10] M. Hernandez and S. Ilarri, "Pull-Based Recommendations in Mobile Environments," *Computer Standards & Interfaces*, 2015.
[11] G. Adomavicius, R. Sankaranarayanan, S. Sen, and A. Tuzhilin, "Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach," *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, vol.23, no. 1, pp. 103–145, 2005.
[12] G. Adomavicius, B. Mobasher, F. Ricci, and A. Tuzhilin, "Context-aware recommender systems," *AI Magazine*, vol. 32, no. 3,pp. 67-80, 2011.
[13] X. Liu and Y. Ban, "Uncovering Spatio-Temporal Cluster Patterns Using Massive Floating Car Data," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol.2, no. 2, pp: 371-384, 2013.
[14] F. Ricci, "Mobile Recommender Systems," *Information Technology & Tourism*, vol. 12, no. 3, pp. 205-231, 2010.
[15] G. Chen and D. Kotz, "A survey of context-aware mobile computing research (*Tech. Rep. TR2000-381*)," Dept. of Computer Science, Dartmouth College, Hanover, N.H., USA, 2000.
[16] M. Baldauf, S. Dustdar, and F. Rosenberg, "A survey on context-aware systems," *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, vol. 2, no. 4, pp. 263–277, 2007.
[17] C. Mascolo, L. Capra, and W. Emmerich, "Mobile computing middleware," *in Advanced Lectures on Networking*, Springer, pp. 20–58, 2002.
[18] Y. Luo and O. Wolfson, "Mobile P2P databases," *in Encyclopedia of GIS*, Springer, pp. 671–67, 2008.
[19] T.W Malone, K.R. Grant, F.A. Turbak, S.A. Brobst, and M.D. Cohen, "Intelligent informationsharing systems," *Communications of the ACM*, vol. 30, no. 5, pp. 390-402, 1987.
[20] M. Xin, M. Lu, and W. Li, "An adaptive collaboration evaluation model and its algorithm oriented to multi-domain location-based services," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 5, pp. 2798–2807, 2015.
[21] J. Grau and M. Romeu, "Agent based modelling for simulating taxi services," *Procedia Computer Science*, vol.52, pp. 902 – 907, 2015.
[22] S. Cheng, J. Li, and G. Horng, "Game Theory Based Recommendation Mechanism for Taxi-Sharing," *28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, Victoria, Canada, 2014.
[23] A. Afian, M. Volkov, and D. Rus, "ChangiNOW: A Mobile Application for Efficient Taxi Allocation at Airports," *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, The Hague, Netherlands, pp. 694-701 , 2013.
[24] S. Thakkar, S. Bhosale, N. Gawade, and S. Mehta, "Proposed Advance Taxi Recommender System Based On a Spatiotemporal Factor Analysis Model," *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)* , vol. 4, no. 4, pp. 161-166, 2015.
[25] N. Lathia, "The Anatomy of Mobile Location-Based Recommender Systems", *in Recommender Systems Handbook*, 2nd Edition, USA: Springer Publ., 2011.
[26] P. G. Campos, F. Diez, and I. Cantador, "Time-aware recommender systems: a comprehensive survey and analysis of existing evaluation protocols," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 24, no. 1, pp. 67–119, 2014.
[27] D. Gavalas, C. Konstantopoulos, K. Mastakas, and G. Pantziou, "Mobile recommender systems in tourism," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 39, pp. 319–333, 2014.
[28] F. Bohnert, D. F. Schmidt, and I. Zukerman, "Spatial Processes for Recommender Systems," *Proceedings of the 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-09)*, Pasadena, CD, USA, pp. 2022-2027, 2009.
[29] C. Mettouris and G. A. Papadopoulos, "Contextual modelling in context-aware recommender systems: a generic approach," *in Web Information Systems Engineering (WISE 2011 and 2012) Workshops*, Springer, pp. 41–52, 2013.
[30] J. Huang, X. Huangfu, H. Sun, H. Li, P. Zhao,H. Cheng, and Q. Song, "Backward Path Growth for Efficient Mobile Sequential Recommendation," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 27, no. 1,pp. 46-60, 2015.
[31] M. Rodriguez-Hernandez, S. Ilarri, R. Trillo-Lado, and R. Hermoso, "Location-Aware Recommendation Systems: Where We Are and Where We Recommend to Go," *in Proceedings of the Workshop on Location-Aware Recommendations, Co-Located with the 9th ACM Conference on Recommender Systems*, vol. 1405, Vienna, Austria, pp. 1–8, 2015.
[32] D. Gavalas, M. Kenteris, C. Konstantopoulos and G. Pantziou, "A Web Application for Recommending Personalized Mobile Tourist Routes," *IET Software*, vol. 6, no. 4, pp. 313-322, 2012.
[33] J. Yuan, Y. Zheng, X. Xie, and G. Z. Sun, "T-Drive: Enhancing driving directions with taxi drivers intelligence," *IEEE Transaction Knowledge Data Engineering*, vol. 25, no. 1, pp. 220–232, 2013.
[34] Y. Zheng, Y. Chen, Q. Li, X. Xie, and W. Ma, "Understanding transportation modes based on GPS data for Web applications," *ACM Transaction Web*, vol. 4, no. 1, pp. 1–36, 2010.
[35] L. Moreira-Matias, R. Fernandes, J. Gama, M. Ferreira, J. Mendes-Moreira, and L. Damas, "An online recommendation system for the taxi stand choice problem (poster)," *in IEEE Vehicular Networking Conference*, Seoul , Korea, Vol. 1 , 2012, pp. 173–180.
[36] R. H. Hwang, Y. L. Hsueh, and Y. T. Chen, "An effective taxi recommender system based on a spatio-temporal factor analysis model," *Information Sciences*, vol. 314, pp. 28–40, 2015.
[37] J. W. Powell, Y. Huang, F. Bastani, and M. Ji, "Towards reducing taxicab cruising time using spatio-temporal profitability maps," *in Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Spatial and Temporal Databases*, Berlin, Heidelberg, pp. 242–260, 2011.
[38] J. Yuan, Y. Zheng, L. Zhang, X. Xie, and J.Sun, , "Where to find my next passenger," *in Proceedings of the 13th International Conference 508 on Ubiquitous Computing*, New York, NY, USA, 2011, pp. 109–118.
[39] J. Yuan, Y. Zheng, L. Zhang, and X. Xie, "T-Finder: A Recommender System for Fidning Passengers and Vacant Taxis," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 25, no. 10, 2013.
[40] E.Gonzales, C. Yang, E. Morgul, and K. Ozbay, "Modeling Taxi Demand with GPS Data from Taxis and Transit," *Mineta National Transit Research Consortium (MNTRC) Report* 12-16, 2014.
[41] P. Cremonesi, Y. Koren, and R. Turrin, "Performance of Recommender Algorithms on Top-N Recommendation Tasks," *Proceedings of the 2010 ACM Conference on Recommender Systems, RecSys 2010*, Barcelona, Spain, pp. 26-30, 2010.
[۴۲] ز. اسحاقی و ف. فتوحی، "ارائه یک چارچوب برای سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر مکان و زمان در سیستم‌های تاکسی یاب با استفاده از فیلترسازی ترکیبی"، *دومین کنفرانس بین‌المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم مهندسی*،۱۳۹۴.

زینب اسحاقی، مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه قم و مدرک کارشناسی ارشد خود را نیز در سال ۱۳۹۵ از همان دانشگاه و در رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش تجارت الکترونیک دریافت کرده است. موضوع پایان‌نامه ارشد وی پیاده‌سازی سیستم پیشنهاددهنده آگاه از زمینه با استفاده از روش فیلترسازی ترکیبی بوده است. وی هم‌اکنون به تدریس در دانشگاه قم فعالیت دارد. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه او سیستم‌های پیشنهاددهنده آگاه از زمینه، سیستم‌های چندرسانه‌ای و داده‌کاوی می‌باشد. آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:
zeinab.eshaghi@gmail.com

فرانک فتوحی قزوینی، مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق گرایش مخابرات در سال ۱۳۷۹ از دانشگاه لندن انگلستان و مدرک کارشناسی ارشد خود را نیز در سال ۱۳۸۰ از همان دانشگاه و در همان رشته دریافت کرده است. ایشان در سال ۱۳۹۰ دکترای خود را در رشته سیستم‌های اطلاعاتی چندرسانه‌ای موبایل و فراگیر از دانشگاه برادفورد انگلستان اخذ کرد. وی هم‌اکنون استادیار گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه قم می‌باشد. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان سیستم‌های سیار، سیستم‌های چندرسانه‌ای، محاسبات فراگیر و سیستم‌های پزشکی از راه دور است. آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:
f-fotouhi@qom.ac.ir

[1] Global Positioning System
[2] demographic
[3] Recommended Systems
[4] Collaborative Filtering
[5] Context Aware Recommendation Systems
[6] Root Mean Square Error
[7] Mean Absolute Error

The CSI Journal on Computing Science and Information Technology

The CSI Journal on
Computing Science and
Information Technology
Vol. 17, No.1, 2019

Context-Aware Recommender System for Taxi Using a Hybrid Filtering Approach

Zeinab Eshaghi, Faranak Fotouhi

Faculty of Engineering, University of Qom, Qom, Iran

Abstract

Nowadays, with the growing volume of data, finding the right information for the users becomes a challenge; thus using recommendation systems is a promising approach. Recommendation systems are information filtering and decision support tools that personalize information for users. Taxi Finder is one of the application which is a context aware mobile recommendation system offering to help taxi drivers find passengers. This article aims to identify, analyze, and present a context aware recommendation system using a hybrid filtering approach. This system leads drivers toward finding passengers more quickly, it saves time and energy, and also reduces traffic and pollution in cities. In this study, first we provide an introduction about recommendation systems, different types of them and their applications. Secondly, we gather needed data from the GPS trajectories, consider spatio-temporal and context information and how they affect our system, then we present a framework that uses collaborative filtering and knowledge-based filtering in a hybrid filtering approach. Afterwards we build our recommendation system for taxi drivers. Finally, a real-world dataset is used to evaluate the proposed system. We divide our dataset to the learning and test data. With a comparison between traditional recommendation system and our context aware recommendation system, we demonstrate the efficiency of the proposed system increases and provides better results.

Keywords: Context-aware, Hybrid filtering, Recommender systems, Spatial and Temporal factors