

شناسایی و ارزیابی نقاط ملاقات در سرویس‌های سواری اشتراکی با استفاده از منطق فازی

دانیال احمدی^{۱*}، علی اصغر آل شیخ^۲

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

نصیرالدین طوسی

d_ahmadi76@email.kntu.ac.ir

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

alesheikh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت آبان ۱۳۹۹، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۹)

چکیده

امروزه در شهرهای بزرگ و در شبکه جاده‌ای، تراکم ترافیک و مدیریت آن به یک مشکل اساسی تبدیل شده است، که نتیجه این تراکم ترافیک علاوه بر مشکلات روحی و جسمی که برای شهروندان ایجاد میکند، چیزی بجز افزایش مصرف سوخت، تشدید آلودگی هوا و هدر رفت زمان و انرژی نیست. یکی از راه‌حل‌های نوظهور برای مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل بحث سواری‌های اشتراکی است که در آن راننده صندلی‌های خالی موجود در وسیله نقلیه خود را با افرادی که دارای برنامه سفر و زمانی مشترکی با او هستند به اشتراک می‌گذارد، که این روش علاوه بر کاهش هزینه و انرژی که هم برای مسافر و هم راننده دنبال دارد، موجب افزایش کارایی شبکه حمل‌ونقل و کاهش ترافیک و معضلات ناشی از آن میشود. یکی از مسائلی که در سرویس‌های سواری اشتراکی از اهمیت بالایی برخوردار است بحث نقاط ملاقات است، اهمیت این موضوع از آن جهت است که در سرویس‌های سواری اشتراکی راننده‌ها به دنبال کاهش مسافت طی شده و مصرف سوخت برای رسیدن به مسافر هستند، از طرف دیگر هم هر یک از مسافران دارای پنجره زمانی مشخصی بوده و خیلی از آنها میخواهند مسافتی را برای رسیدن به یک مکان امن و راحت پیاده روی کنند، بویژه در خیابان‌های شلوغ، ساختمان‌هایی با چندین ورودی و همچنین زمانی که راننده و مسافر به محیط آشنایی نداشته باشند، تعیین مکان مناسب برای ملاقات اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. از اینرو شناسایی مکان ملاقات مناسب با شرایط کشور ایران از نظر امنیت و محدودیت‌های قانونی برای یکسری از اماکن و با توجه به فاکتورهای هندسی و محیطی از اهداف تحقیق حاضر است. از آنجایی که متغیرهای این تحقیق که شامل: شیب، سرعت معبر، عرض معبر، فاصله تا تقاطع، مسافت پیاده روی مسافر و میزان انحراف از مسیر راننده است، متغیرهایی، پیوسته، زبانی و غیر دقیق هستند و یک سیستم پیوسته محسوب میشود، استفاده از منطق فازی پیشنهاد شده است. لذا، در این پژوهش با تلفیق منطق فازی و سیستم‌های اطلاعات مکانی راهکاری جهت شناسایی و ارزیابی نقاط ملاقات ارائه گردیده است. در این تحقیق منطقه مورد مطالعه کلانشهر تهران میباشد. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که با افزایش تعداد نقاط ملاقات موجود، تعداد نقاط ملاقات مناسب و نرخ تطبیق به اندازه ۱۵ درصد افزایش پیدا میکند و همچنین میزان انحراف از مسیر اصلی برای راننده تقریباً ۱۴ درصد و مسافت طی شده توسط مسافر برای رسیدن به نقطه ملاقات تا ۴۰ درصد کاهش میابد.

واژگان کلیدی: سواری اشتراکی، منطق فازی، نقاط ملاقات، حمل‌ونقل هوشمند

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

حمل و نقل شهری و سیستم های مدیریت ترافیک، با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و فناوری اطلاعات در حال توسعه اند. امکاناتی نظیر نظارت بر ترافیک، کنترل چراغ های راهنمایی و رانندگی و ایجاد سیستم های حمل و نقل هوشمند در مناطق جدید، با استفاده از این فناوری ها امکان پذیر شده است، که گام مهمی در زمینه مدیریت ترافیک شهری است [۱]. به طور کلی سیستم های حمل و نقل به مواردی از قبیل: کاربری زمین، اطلاعات جمعیتی، داده های اقتصادی و زیست محیطی مربوط میشوند. بنابراین طیف وسیعی از داده ها و اطلاعات باید در این سیستم ها در نظر گرفته بشود [۲]. همگرایی سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS)^۱ شامل: اینترنت، ارتباطات بی سیم، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فناوری های تعیین موقعیت و دستگاه های تلفن همراه فرصت های جدیدی را برای سرویس های سواری اشتراکی ایجاد کرده است. سرویس های سواری اشتراکی^۲ یکی از راه حل های نوظهور برای افزایش کارایی شبکه حمل و نقل با کاهش صندلی های خالی که در وسایل نقلیه شخصی تردد می کنند می باشد. امروزه با رشد روز افزون جمعیت و خودروها بویژه در کلانشهرها با مشکلات فراوانی از قبیل ترافیک، افزایش مصرف انرژی و سوخت، آلودگی هوا، مشکلات زیست محیطی و از طرفی هدر رفت زمان و انرژی و فشارهایی که به جسم و روان شهروندان بخاطر این موارد وارد می شود روبرو خواهیم بود. از این رو از جمله اقداماتی که می توان برای مدیریت آن انجام داد استفاده از سیستم های سواری اشتراکی است [۳]. سیستم های سواری اشتراکی به صورت ویژه در بزرگراه های شهری و مناطق غیر تجاری دارای تاثیر قابل توجه ای در کاهش مصرف سوخت و حجم ترافیک هستند [۴]. تجزیه و تحلیل تحقیقات در حوزه حمل و نقل حاکی از آن است که خدمات سواری اشتراکی اغلب در طول شب استفاده میشود که خدمات حمل و نقل عمومی یا ضعیف است و یا کامل نیست. این موضوع نشان میدهد که سرویس های سواری اشتراکی اغلب به جای رقابت با حمل و نقل عمومی، به عنوان مکمل حمل و نقل

عمومی استفاده می شوند [۵]. در واقع در سیستم های سواری اشتراکی می توان استفاده از ظرفیت های خالی خودروهای موجود در سطح شهر را افزایش داد که به موجب آن از تعداد خودروهای تک سرنشین کاسته می شود. اکثر سرویس هایی که در این حوزه ارائه شده است را می توان به دو دسته تقسیم کرد، اول سرویس های اشتراکی که در سطح یک محله هستند و می خواهند صندلی های خالی خود را با توجه به مسیری که از قبل مشخص است، مثلاً مسیر خانه تا محل کار به اشتراک بگذارند و دوم سرویس هایی مانند Uber و Lyft هستند که راننده برای مقاصد مالی و نه صرف هم مسیر بودن و هم مقصد بودن با مسافران، حاضر است صندلی های خالی موجود در خودرو شخصی اش را به اشتراک بگذارد [۶]. یک سیستم سواری اشتراکی معمولاً بعنوان سیستمی که با توجه به برنامه های سفر و برنامه های زمانی مشابه هم سفرانی را دور هم جمع می کند در نظر گرفته می شود [۷]. امروزه سرویس های سواری اشتراکی به دلیل صرفه جویی در انرژی و توسعه پایدار در حال تبدیل شدن به راهی جدید برای سفر ساکنان شهری است [۸]. تمایز سرویس های سواری اشتراکی با سرویس کارپولینگ^۳ آن است که در کارپولینگ، تمرکز بر روی سفر های روزانه به محل کار مشترک و برگشت است به گونه ای که وظیفه رانندگی نسبتاً بین تمام اعضای کارپولینگ توزیع میشود [۹]. شبکه های ژئوسنسور موبایل یک محیط فنی را برای پیاده سازی یک الگوی جدید در سیستم سواری اشتراکی فراهم کرده است که در آن گره های سیار در شبکه نشان دهنده مسافر (client) هستند و راننده یا اصطلاحاً میزبان (host) شخص تامین کننده وسیله نقلیه است [۱۰]. برای ایجاد یک سوار (سفر) به طور کلی موافقت راننده و مسافر بر سر مکان ملاقات الزامی است. معمولاً در اکثر تحقیقات و اپلیکیشن های مکان محور محل بارگیری مسافر را در جلوی درب خانه یا محل کار آنها فرض می کنند در صورتی که خیلی از افراد می خواهند یک مسافتی را برای رسیدن به یک مکان امن و راحت پیاده روی کنند. ارائه نقاط ملاقات به اپراتور های سواری اشتراکی این امکان را میدهد، تا میزان صرفه جویی در تاخیر های مسیر و هزینه های اضافی پیاده روی برخی از مسافران را به صورت دسته ای محاسبه کنند، این قابلیت

^۱ Intelligent Transportation System^۲ Ride Sharing^۳ carpooling

و منطقه مورد مطالعه پرداخته و همچنین استانداردهای OSM^۲ برای شناسایی نقاط ملاقات و امکانات آنها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس منطق فازی و تاریخچه شکل گیری آن و روش های استنتاج فازی و همچنین نحوه پیاده سازی و روش انجام تحقیق بیان شده است. در قسمت یافته ها نیز یافته های حاصل از این پژوهش مطرح شده است و در آخر نیز نتایج حاصل از این تحقیق بیان و مورد بحث قرار گرفته اند و همچنین پیشنهاداتی جهت فعالیت های آتی ارائه گردیده است.

۲- پیشینه ی تحقیق

Stiglic و همکاران در سال ۲۰۱۵، مزایای احتمالی معرفی نقاط ملاقات را در یک سیستم سواری اشتراکی بررسی کردند [۱۳]. با استفاده از نقاط ملاقات، مسافران را می توان در محل ملاقات که در فاصله مشخصی از مبدا یا مقصد خود قرار گرفته اند، سوار و یا پیاده کرد. آنها الگوریتمی را طراحی و پیاده سازی کردند که رانندگان و مسافران را در سیستم های اشتراک گذاری در مقیاس بزرگ با نقاط ملاقات بهینه مطابقت می دهد. آنها یک مطالعه شبیه سازی گسترده را برای ارزیابی مزایای نقاط ملاقات انجام دادند که نتایج نشان می دهد که نقاط ملاقات می تواند تعداد شرکت کنندگان همسان و همچنین صرفه جویی در مسافت رانندگی در کل سیستم را در یک سیستم سواری اشتراکی به میزان قابل توجهی افزایش دهد. Czioska و همکاران در سال ۲۰۱۹، در تحقیق خود بیان کردند که سیستم های حمل و نقل پاسخگو تقاضای مشترک (SDRT)^۴ معمولاً با خط مشی درب به درب کار می کنند، استفاده از نقاط ملاقات و نقاط خاتمه ی سفر، در سرویس های سواری اشتراکی برای گروه هایی از مسافران می تواند چندین مزیت داشته باشد [۱۴]، مانند تعداد توقف و مسافت پیموده شده ی کمتر، علاوه بر این، این امکان را برای مسافر فراهم می کند که فقط مکان های مناسبی را انتخاب کند که در آنجا امکان سوار شدن ایمن، امکان پذیر باشد. در این مقاله یک کار سه مرحله ای برای حل مشکل SDRT با نقاط ملاقات ارائه شده است. در مرحله اول، مسافران به داخل گروه هایی مشابه خوشه بندی می شوند.

نسبت به مسائل و مشکلات سنتی سواری اشتراکی درب به درب، سبب انعطاف پذیری بیشتر، در مناطق شهری میشود [۱۱]. در عین حال که امکان عبور و مرور برای راننده هم باید فراهم باشد. همچنین راننده ها هم بدنبال کاهش هزینه و مسافت طی شده در رسیدن به محل ملاقات هستند بویژه در خیابان های شلوغ، که پیدا کردن راننده می تواند کار دشواری باشد و ساختمان هایی با چندین ورودی و همچنین زمانی که راننده و مسافر به محیط آشنایی نداشته باشند تعیین مکان مناسب برای ملاقات اهمیت بیشتری پیدا می کند. یکی از راه های موجود برای دخیل کردن نقاط ملاقات^۱ در محاسبات، استفاده از پارامتر زمان (تولید تصادفی) برای هر مسافر، در رسیدن به نقطه ملاقات است [۱۲]. از این رو توصیه بهترین مکان برای ملاقات چه از نظر راننده و چه از نظر مسافر امری مهم و ضروری است. مکان هایی که می توانند بعنوان نقاط ملاقات مناسب از دید مسافر شناسایی شوند، می توانند دارای شرایط و امکانات مختلفی از قبیل وجود صندلی، سرپناه، روشنایی امنیت و... باشند. هدف از این تحقیق مدلسازی دنیای واقعی می باشد که یک سیستم پیوسته محسوب می شود. پس از ارزیابی مطالعات پیشین و نظر به داده های در دسترس متغیرهایی که در این تحقیق از آنها برای ارزیابی سیستم استفاده شده است شامل: شیب، سرعت معبر، عرض معبر، فاصله تا تقاطع، میزان انحراف راننده از مسیر اصلی و میزان پیاده روی مسافر می باشد که همگی متغیرهای پیوسته، زبانی و غیر دقیق بوده و از طرفی میزان مناسب بودن و نامناسب بودن نقاط ملاقات به گونه ای مدلسازی عدم قطعیت زبان طبیعی را نیاز دارد. در این پژوهش استفاده از منطق فازی برای حل این مسئله پیشنهاد شده است. مجموعه های فازی گسترش یافته از مجموعه های واضح^۲ با دو ارزش (۰ و ۱) هستند، که مدل سازی عدم قطعیت های زبان طبیعی را امکان پذیر می کند. از طرفی مدلسازی مجموعه فازی بر روی داده های مرجع می تواند مشکلات ناشی از عیوب داده های منبع را به حداقل برساند. از اینرو در این پژوهش از منطق فازی برای شناسایی و ارزیابی نقاط ملاقات استفاده شده است. در ادامه و در بخش دوم، مطالعات انجام شده مرتبط با این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم به بیان داده ها

^۳ OpenStreetMap
^۴ demand-responsive transportation systems

^۱ Meeting Point
^۲ Crisp

سپس نقاط ملاقات برای هر خوشه تعیین می گردد. سرانجام، برای ایجاد مسیرهای وانت، از یک الگوریتم جستجوی موازی محلی استفاده می شود. علاوه بر این، یک شبیه سازی با مکان های واقعی سوار و پیاده کردن بر اساس داده های نقشه به منظور نشان دادن تأثیر استفاده از نقاط ملاقات برای سیستم های SDRT انجام می شود. اگرچه میانگین زمان سفر مسافر به دلیل افزایش زمان پیاده روی و انتظار، بیشتر است اما آزمایشات، کاهش میزان منابع اپراتور مورد نیاز برای خدمت رسانی به کلیه مشتریان را نشان می دهد. Stiglic و همکاران در سال ۲۰۱۶، یک تحقیق گسترده محاسباتی را برای تعیین کمیّت تأثیر انعطاف پذیری انواع مختلف شرکت کنندگان در عملکرد سیستم سواری اشتراکی تک راننده و تک سوار انجام دادند [۱۵]. نتایج ایشان نشان می دهد که افزایش میزان کمی در انعطاف پذیری، از نظر زمان عزیمت مطلوب یا حداکثر زمان انحراف، می تواند نرخ تطابق مورد انتظار را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. عفتی و همکاران در سال ۲۰۱۱، یک رویکرد جدید برای شناسایی بخش های خطرناک جاده (RHSI)^۱ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۲ و استدلال فازی^۳ معرفی کردند [۱۶]. در این تحقیق از بین کلیه عواملی که معمولاً نقش مهمی در وقوع سوانح رانندگی ایفا می کنند، عوامل محیطی و طراحی جاده ها در نظر گرفته شده است. در این تحقیق با توجه به داده های ناقص و عدم اطمینان، از استدلال فازی استفاده شده است. این روش در بخشی از جاده های ترانزیتی ایران (کوهین-لوشان) به دلیل ارزان تر بودن روش برای تحلیل خطرات و ایمنی جاده در ایران انجام شد. مقایسه نتایج این روش با روش های آماری موجود، مزایای مدل سازی عدم اطمینان و ناقص بودن داده ها را نشان می دهد. قائمی و همکاران در سال ۲۰۱۰، یک سیستم فازی سلسله مراتبی را برای انسان، در یک سیستم شامل راننده، وسیله نقلیه و محیط ارائه کردند که رفتار راننده تحت تأثیر محیط است. شرایط آب و هوایی، جاده و ماشین در مدل سازی فازی گنجانده شده است. برای به دست آوردن قوانین فازی، نظرات کارشناسان با استفاده از پرسشنامه در مورد تأثیر پارامترهایی مانند شرایط آب و هوایی، جاده و ماشین بر

قابلیت های رانندگی سوال شده است. همچنین از دقت، سن و شخصیت رانندگان، برای مدل سازی رفتار راننده استفاده شد. همچنین در این تحقیق از استنتاج فازی سوگونو^۴ برای مدلسازی استفاده شده است [۱۷].

Therault و همکاران در سال ۲۰۰۴، به مدلسازی میزان دسترسی به خدمات شهری با استفاده از منطق فازی پرداختند [۱۸]. در این مقاله روشی برای تجزیه و تحلیل رفتار حرکتی افراد برای دسترسی به مکان های فعالیت و ارتباط حساسیت آنها با زمان سفر و مکان های ارائه دهنده خدمات در داخل شهر ارائه شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که افراد مختلف درک ناهمگنی از محیط پیرامون دارند و بنابراین، تمایل خود را برای پرداخت هزینه در هنگام انتخاب محل خانه خود بسته به نیاز و ترجیحات خود تنظیم می کنند. Czioska و همکاران در سال ۲۰۱۵ تحقیقی را برای تعیین میزان تأثیر نقاط ملاقات در سناریو های مختلف سواری اشتراکی انجام دادند. در این تحقیق به مقایسه ی پنج روش بهینه سازی برای شناسایی مکان های مناسب ملاقات در شبکه جاده ای پرداخته شده است. نتایج ایشان نشان می دهد که تلاقی منشور^۵ های فضا-زمان، نتایج خوبی را از نظر عملکرد و ظرفیت محاسباتی به دنبال دارد [۱۹]. تیموری و همکاران در سال ۲۰۰۹ رویکرد جدیدی را برای مسیریابی مقید بر سواری اشتراکی، با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی توسعه دادند. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم کوتاه ترین مسیر درخت سلسله مراتبی^۶ و با تغییرات پیشنهادی، کلیه مسیر های مناسب برای سرویس های سواری اشتراکی در شبکه حمل و نقل جاده ای ارائه شد. نتیجه الگوریتم، مسیر هایی را با مدت زمان درون خودرو، زمان پیاده روی، مدت زمان انتظار و همچنین طول هر مسیر را بعنوان میزان کرایه مسافر ارائه می دهد [۲۰]. Agatz و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی بهینه سازی در سرویس های سواری اشتراکی پویا پرداختند. آنها فناوری بهینه سازی موثر و کارآمد را که با رانندگان و مسافران در دنیای واقعی مطابقت داشته باشد را یکی از ضروری ترین اجزای موفقیت یک سرویس سواری اشتراکی پویا نامیدند و بطور منسجم به بیان چالش های بهینه سازی هنگام توسعه فناوری برای پشتیبانی سرویس های سواری اشتراکی پویا پرداختند [۲۱].

^۴ Takagi-Sugeno

^۵ Prism

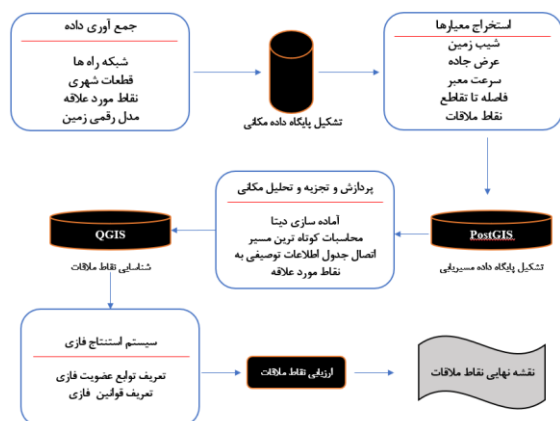
^۶ chronological-shortest path tree

^۱ Road hazardous segment identification

^۲ Geographic Information Systems

^۳ Fuzzy Reasoning

مربوط به مسیریابی از افزونه Osm2pgRouting برای تشکیل جداول مربوط به مسیریابی راننده و عابر پیاده تحت شبکه گراف در پایگاه داده PostGIS استفاده شده است و قسمت مربوط به فازی و قوانین استنتاج فازی به کمک زبان برنامه نویسی پایتون و با استفاده از نرم افزار PyCharm کد نویسی شده است.



شکل ۱- مراحل پیاده سازی روش پیشنهادی تحقیق

۳-۱- داده ها و منطقه مورد مطالعه

در این مقاله کلانشهر تهران برای اجرای سناریوی پیشنهادی انتخاب شده است. طبق آخرین سرشماری که در سال ۱۳۹۷ صورت پذیرفت، کلانشهر تهران جمعیتی در حدود ۸,۶۷ میلیون نفر را در خود جای داده است که حدود ۴,۳۶ میلیون نفر آنرا زنان و ۴,۳۱ میلیون نفر آنرا مردان تشکیل می دهند. کلانشهر تهران از لحاظ جغرافیایی در محدوده $33^{\circ} 35'$ تا $35^{\circ} 50'$ عرض شمالی و $51^{\circ} 05'$ تا $51^{\circ} 36'$ طول شرقی قرار دارد. طبق آخرین آمار بیش از ۴ میلیون خودرو و ۳ میلیون موتور سیکلت در این کلانشهر تردد می کنند. این درحالیست که تهران به اندازه ۷۵۰ هزار وسیله نقلیه ظرفیت دارد و بیش از ۲۰ میلیون سفر روزانه در تهران انجام می شود که بیش از ۶ برابر ظرفیت معابر تهران است [۲۵]. تراکم جمعیتی بالای این کلانشهر و تعداد بالای وسایل نقلیه و وجود تک سرنشینی از اصلی ترین مشکلات مربوط به ترافیک شهر تهران بحساب می آیند که علاوه بر افزایش آلودگی هوا موجب هدر رفت زمان و انرژی نیز می شوند. از نظر شبکه راه ها، کلانشهر تهران دارای یک شبکه گسترده پیچیده جاده ای و خیابانی است.

پارامترهای مورد بررسی در این مقاله که براساس تحقیقات پیشین [۲۶] و دانش نویسندگان استخراج شده

Aissat و همکاران در سال ۲۰۱۴ رویکردی را برای سواری اشتراکی پیشنهاد دادند که در آن راننده و مسافر می پذیرند یک دیگر را در یک مکان شروع میانی ملاقات کرده و در یک مکان پایانی میانی از یکدیگر جدا شوند. این امکان باعث میشود که هم مسیر انحرافی راننده و هم کل هزینه سفر کاهش یابد. تجزیه و تحلیل های آنها نشان میدهد که این رویکرد اکتشافی سبب بهبود عملکردی و کارآمدی در مدت زمان اجرای پردازش میشود و رویکرد اشتراک گذاری مکرر را بهبود میدهد [۲۲]. Balardino و همکاران در سال ۲۰۱۶ یک رویکرد اکتشافی و دقیق را برای مسئله ی تطبیق سواری ارائه کردند. در این رویکرد شخصی که سواری ارائه میدهد نیازی به عبور از مبدا شخصی که درخواست سواری را کرده ندارد، بلکه فقط در نقطه ای کاملاً نزدیک به آن است [۲۳].

Chen و همکاران در سال ۲۰۱۹ به بررسی مشکلات سواری اشتراکی با نقاط ملاقات و محدودیت های بازگشت پرداختند. آنها یک فرمول در قالب یک برنامه خطی عدد صحیح (ILP) با تکیه بر مفهوم پس انداز برای شرکت هایی که حاضر به اشتراک گذاری تقویم کارمندان خود بودند ارائه کردند. نتایج آنها نشان میدهد که سواری اشتراکی میتواند تا ۳۱,۳٪ پس انداز مسافت پیموده شده و تا ۲۸,۷٪ کاهش در تعداد اتومبیل های مورد نیاز را برای تحقق برنامه سفر کارکنان ایجاد کند [۲۴].

۳- مواد و روش ها

در این بخش به بیان مفاهیم و روش انجام سناریوی پیشنهادی پرداخته می شود. جریان کاری پیشنهادی مبتنی بر GIS و منطق فازی بوده که شامل دو بخش: شناسایی و ارزیابی نقاط ملاقات است (شکل ۱). برای عملیات GIS، در این تحقیق از نرم افزار QGIS استفاده شده است. همچنین پایگاه داده مورد استفاده در این تحقیق یک پایگاه داده PostGIS بوده که با استفاده از افزونه osm2pgsql داده های OSM این تحقیق در پایگاه داده فراخوانی شده اند. همچنین در این تحقیق از کتابخانه pgRouting برای مسیریابی راننده و مسافر تحت شبکه گراف و الگوریتم دایجسترا^۲ بعنوان یک الگوریتم کوتاه ترین مسیر استفاده شده است. برای تشکیل پایگاه داده

^۱ Integer linear program

^۲ Dijkstra's algorithm

رقمی (DEM) نیز از سایت USGS با دقت ۱۲,۵ متر استخراج شده است.



شکل ۳- نقشه پارسل های شهری

در نهایت تمام قطعات شهری به شبکه جاده ای راه ها برای مدلسازی کامل مسیر کاربر متصل شده اند و در آخر شبکه مسیریابی در این تحقیق شامل ۲۵۲۵۷۷ راس (Node) و ۱۶۰۰۰۰ یال (Edge) می باشد.

۳-۲- شناسایی نقاط ملاقات

در این مرحله با استفاده از طراحی یک پرسشنامه آنلاین از همشهريان محترم در مورد نقاط ملاقات در سرویس های سواری اشتراکی سوال شد و نظر آنها در مورد نقطه ملاقات پرسیده شد. این نظر سنجی ۹۰ مشارکت کننده متشکل از ۳۵ راننده و ۵۵ مسافر داشت. ساختار کلی پرسشنامه طراحی شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ساختار کلی پرسشنامه طراحی شده

بخش اول: خصوصیات مسافر و راننده			
جنسیت	سن	تحصیلات	وضعیت اشتغال
بخش دوم: سوالات مربوط به مسافر			
اولویت شما برای نقطه ملاقات در زمان استفاده از سرویس های سواری اشتراکی به چه ترتیبی است؟			
☐ ایستگاه اتوبوس ☐ تقاطع کنار گذرها ☐ محوطه پارکینگ های عمومی ☐ پمپ بنزین			
حداکثر مسافتی که حاضر به پیاده روی هستید برای رسیدن به نقطه ملاقات چقدر است؟			
☐ ۵۰ تا ۲۰۰ متر ☐ ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر ☐ ۴۰۰ تا ۶۵۰ متر ☐ ۶۵۰ تا ۱۰۰۰ متر			
بخش سوم: سوالات مربوط به راننده			
از نظر شما عرض معبر خیابان منتهی به نقطه ملاقات باید چگونه باشد؟			
☐ خیلی باریک ☐ باریک ☐ متوسط ☐ عریض			
میزان شیب خیابان منتهی به محل ملاقات چقدر برای شما اهمیت دارد؟			
☐ کم ☐ متوسط ☐ زیاد			
☐ ۰٪ ☐ ۱۰۰٪			

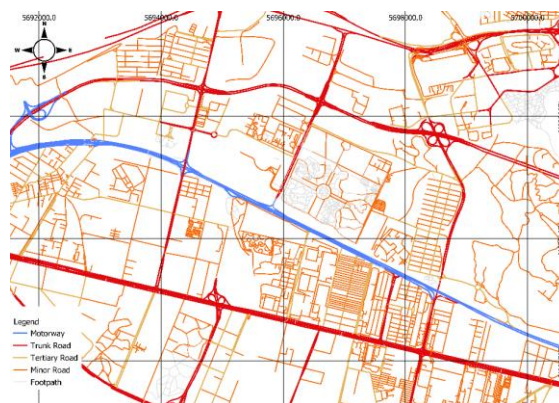
همانطور که در جدول ۱ مشاهده میشود، شرکت کنندگان به یکسری از سوالات به دو روش، اصطلاحات

اند عبارتند از: شیب، عرض معبر، حداکثر سرعت معبر، فاصله تا چهارراه ها، میزان انحراف راننده از مسیر اصلی و میزان پیاده روی مسافر می باشد.

داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل شبکه راه های تهران، نقاط مورد علاقه یا اصطلاحاً POI^۱ و مدل ارتفاعی رقمی (DEM)^۲ می باشد.

در این تحقیق شبکه جاده ای راه ها از OSM استخراج شده است و به یک گراف $G=(E,V)$ ، مسیریابی تبدیل شده است. این گراف شامل راس (V) و یال (E) می باشد. میزان مسافت پیاده روی با $Dist(P)$ و میزان انحراف از مسیر اصلی با $Dist(D)$ نشان داده شده است، این پارامترها در قسمت شبیه سازی مدل پیشنهادی برای ارزیابی دقت مدل، مورد استفاده قرار می گیرند. مطابق استاندارد OSM راه ها به دو دسته کلی تقسیم می شوند، یکی راه هایی که قابلیت رانندگی در آنها وجود دارد مثل بزرگراه ها، شریان های اصلی، شریان های فرعی، دوم پیاده روها که ماشین رو نیستند و قابلیت رانندگی در این راه ها وجود ندارد که شکل ۲ شبکه جاده ای راه ها را نشان می دهد.

داده های مربوط به اماکن مورد علاقه یا POI ها که شامل: پارکینگ های عمومی، ایستگاه های اتوبوس، ایستگاه های تاکسی و سایر امکانات شهری هستند نیز از OpenStreetMap استخراج شده اند.



شکل ۲- شبکه جاده ای راه ها

همچنین قطعات^۳ شهری که بعنوان مبدا و مقصد سفر در این تحقیق در نظر گرفته شده اند نیز از شهرداری اخذ شده است که شکل ۳ نقشه مربوط به پارسل های شهری را نشان می دهد. همچنین دیتای مربوط به مدل ارتفاعی

^۱ point of interest

^۲ Digital Elevation Model

^۳ Parcel

مرکز هندسی، به لایه نقطه‌ای تبدیل شدند. تمامی نقاط ملاقات در نظر گرفته شده در این تحقیق به نزدیک‌ترین یال^۱ در شبکه گراف G که قابلیت رانندگی در آن وجود دارند متصل شده است و اگر نزدیک‌ترین یال پیاده‌رو بوده که قابلیت دسترسی خودرو به آن فراهم نیست به دومین یال نزدیک که قابل دسترسی توسط وسیله نقلیه باشد، متصل شده است. در این مرحله یک مجموعه از نقاط ملاقات وجود دارد که با $\mu \in M$ نشان داده شده است. مجموع نقاط ملاقات M بوده که با استفاده از اسکریپتی^۲ که با استفاده از کتابخانه Arcpy توسعه یافته و به کمک برچسب‌های osm آنها بر روی نقشه شناسایی می‌شوند.

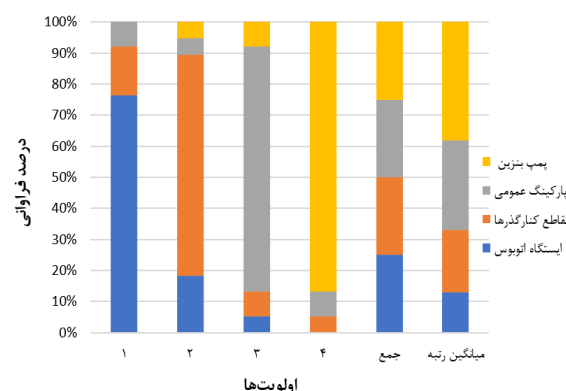
همانطور که در شکل ۶ مشخص است، فرمت فایل‌های osm به صورت یک فایل xml می‌باشد، بطور کلی osm دارای سه بخش، node، way و relation است، که برای تصویر کردن اشیای^۳ مختلف و ارتباطات بین آنها از این سه برچسب^۴ استفاده می‌کند که هر کدام از این برچسب‌ها خود می‌توانند دارای یکسری زیرگروه^۵ باشند که بیان کننده ویژگی‌های آن شیء است. مثلاً برای ایستگاه اتوبوس میتوان برچسب‌های seat، shelter و light را بکار برد که نشان دهنده امکانات موجود در آن ایستگاه از قبیل: صندلی، روشنایی و مسقف بودن است.

```
<nd ref="261728686"/>
<tag k="highway" v="unclassified"/>
<tag k="name" v="Pastower Straße"/>
</way>
<relation id="56688" user="kmvar" uid="56190" visible="true">
  <member types="node" ref="294942404" roles=""/>
  ...
  <member type="node" ref="364933006" role=""/>
  <member type="way" ref="4579143" role=""/>
  ...
  <member type="node" ref="249673494" role=""/>
  <tag k="name" v="Küstenbus Linie 123"/>
  <tag k="network" v="VVW"/>
  <tag k="operator" v="Regionalverkehr Küste"/>
  <tag k="ref" v="123"/>
  <tag k="route" v="bus"/>
  <tag k="type" v="route"/>
</relation>
...
</osm>
```

شکل ۶- قسمتی از دیتای osm به فرمت xml

در ادامه برای یافتن اینکه نقاط ملاقات انتخاب شده از دید مسافران باید دارای چه ویژگی‌هایی باشند در همان پرسشنامه‌ای که در بالا به آن اشاره شد سوالی مبنی بر ویژگی‌های نقاط ملاقات از مسافران طراحی گردید که نظر

زبانی و عددی پاسخ می‌دهند، از این سوالات برای بدست آوردن توابع عضویت فازی و قوانین فازی در مراحل بعدی استفاده میشود. مطابق با این نظرسنجی چهار نقطه بعنوان نقاط ملاقات مناسب از دید مشارکت کنندگان انتخاب شدند. همچنین اولویت این نقاط نیز برای وزن دهی در مراحل بعدی از آنها پرسیده شد. شکل ۴ نمودار اولویت این نقاط را طبق نظر سنجی صورت گرفته نشان می‌دهد.

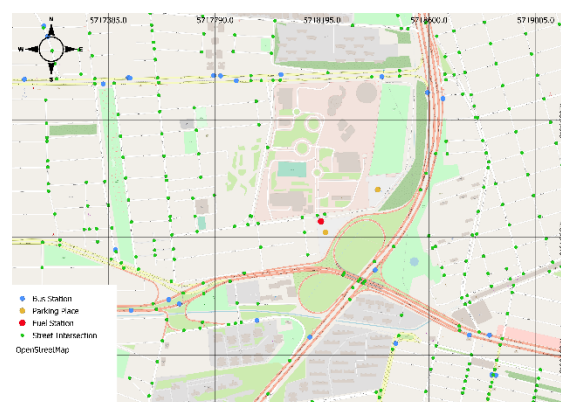


شکل ۴- اولویت مکان‌های منتخب طبق نظرسنجی صورت گرفته

همانطور که از شکل ۴ مشخص است این نقاط عبارتند از:

- مکان پارکینگ‌های عمومی
- تقاطع کنارگذرها
- ایستگاه‌های اتوبوس
- پمپ بنزین

اگرچه در دنیای واقعی تعداد اماکن ملاقات بیشتری وجود دارد ولی به منظور کنترل‌پذیری و مدلسازی بهتر چهار پارامتر ذکر شده انتخاب شدند. شکل ۵ نقشه پارامترهای منتخب را نشان می‌دهد.

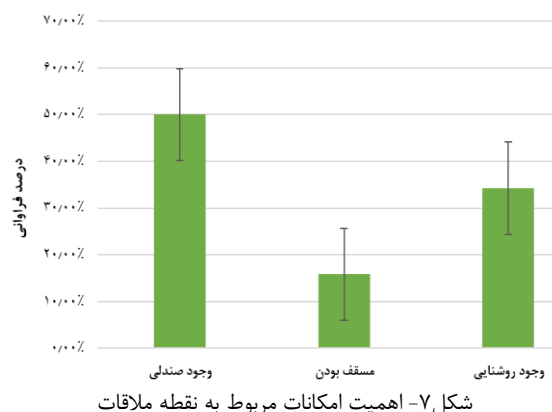


شکل ۵- نقشه پارامترهای منتخب

از آنجایی که محوطه پارکینگ‌های عمومی و پمپ بنزین‌ها ماهیتی پولیگونی دارند با استفاده از موقعیت

۱ Edge
۲ Script
۳ Objects
۴ Tag
۵ Subtag

آنها را درباره این امکانات و درجه اولویتشان پرسیده شد. که در نهایت سه مورد از امکانات یعنی: وجود صندلی، وجود روشنایی و مسقف بودن از دید مسافران محترم از اولویت های بالاتری برخوردار بودند (شکل ۷).



۳-۳- ارزیابی نقاط ملاقات

در این بخش با استفاده از منطق فازی^۱ و استنتاج فازی^۲ به ارزیابی نقاط ملاقات شناسایی شده بر روی نقشه پرداخته می شود.

۳-۳-۱- منطق فازی

منطق فازی اولین بار توسط پروفسور لطفی زاده در دانشگاه برکلی آمریکا مطرح شد. در واقع منطق فازی شکلی از منطق های چند ارزشی بوده که در آن ارزش منطقی متغیرها می تواند هر عدد حقیقی بین صفر و یک باشد. فازی به توصیف ابهام ذاتی داده های دنیای واقعی می پردازد [۲۷]. از مجموعه های فازی برای رسیدگی به مفهوم حقیقت جزئی، که مدل سازی عدم قطعیت های زبان طبیعی را امکان پذیر می کنند استفاده می شود [۳۰]. منطق فازی در واقع در مقابل منطق کلاسیک قرار دارد. در منطق فازی از تابع عضویت ولی در منطق کلاسیک از تابع مشخصه برای بیان عضویت در یک مجموعه استفاده می شود. بنابراین کران های یک مجموعه فازی به روشنی قابل تعیین نیست و نمی توان به طور قطع در مورد حدود یا اعضای یک مجموعه قضاوت کرد. می توان منطق فازی را گسترش یافته از سیستم های کلاسیک دانست [۲۸].

سیستم های استنتاج فازی به سیستم هایی گفته می شود که پدیده های غیر قطعی و نا مشخص را به یک تئوری دقیق توصیف می کنند، این سیستم ها از قواعد اگر - آنگاه فازی تشکیل شده اند که در یک پایگاه دانش ذخیره می شوند. یک قاعده اگر - آنگاه در واقع یک عبارت شرطی می باشد که کلمات آن بوسیله تابع تعلق پیوسته مشخص شده اند (رابطه ۱).

$$A = \{\mu_A(x) / x: x \in X, \mu_A(x) \in [0,1] \in R\} \quad (1)$$

در رابطه ۱، $\mu_A(x)$ را درجه عضویت عنصر x در مجموعه A گویند. این درجه عضویت محدوده ای بین ۰ تا ۱ از اعداد حقیقی است. وابسته به نوع تابع عضویت، انواع مختلفی از مجموعه های فازی بدست می آیند. پروفسور لطفی زاده توابع عضویت را به دو گروه، توابع عضویت خطی و توابع عضویت گوسین طبقه بندی می کند [۱۰].

۳-۳-۲- الگوریتم استنتاج تاکاگی سوگنو

سیستم استنتاج تاکاگی سوگنو، توسط تاکاگی و سوگنو در سال ۱۹۸۵ ارائه شد. این سیستم در واقع به منظور توسعه یک رویکرد اصولی^۳ برای تولید قوانین فازی بود. در این سیستم قسمت مقدم، قواعد فازی است اما قسمت تالی (نتیجه)، غیر فازی و ترکیب خطی از متغیر های ورودی است (رابطه ۲). از الگوریتم استنتاج تاکاگی سوگنو بیشتر در سیستم های کنترلی و سیستم هایی که احتیاج به محاسبات ریاضی دارند استفاده می شود. همچنین سیستم استنتاج تاکاگی سوگنو به صورت چند ورودی و یک خروجی (MISO^۴) پیاده سازی می شود و نمی تواند به صورت چند ورودی و چند خروجی (MIMO^۵) پیاده سازی شود [۲۶]. شمای کلی از اجرای قوانین با استفاده از روش سوگنو در شکل ۹ نشان داده شده است.

در معادله شماره ۲ R_i بیانگر i امین قانون فازی است، $x_i, i=1,2,3,4, \dots, m$ i امین متغیر ورودی است. A و B متغیرهای زبانی بخش مقدم هستند (بعنوان مثال: خیلی کم، کم، نسبتاً زیاد، دور، نزدیک)، f_i متغیر خروجی است،

^۳ Systematic

^۴ Multiple Input Single Output

^۵ Multiple Input Multiple Output

^۱ Fuzzy Logic

^۲ Fuzzy reasoning

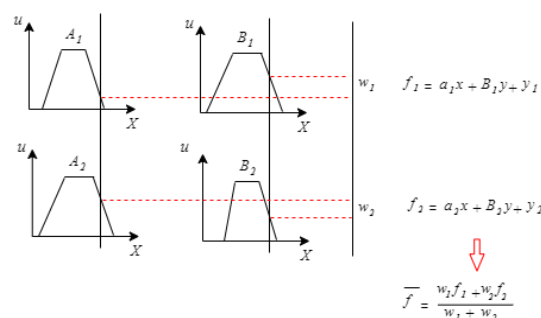
نوع توابع عضویت فازی برای هر یک از متغیرهای ورودی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. به همین علت در این تحقیق توابع عضویت‌های مختلفی مورد تست و ارزیابی قرار گرفت و توابع مناسب برای هر یک از فاکتورهای مورد استفاده در شناسایی نقاط ملاقات مناسب در سرویس‌های سواری اشتراکی شناسایی شد.

جدول ۲- برچسب‌ها و متغیرهای زبانی برای فرایند ارزیابی نقاط ملاقات مبتنی بر منطق فازی

نوع	متغیر زبانی	برچسب‌های زبانی
فاکتورهای هندسی راه	شیب	کم، مناسب، زیاد
	عرض جاده	بسیار باریک، باریک، مناسب، گسترده
	سرعت طرح	کند، متوسط، سریع
ورودی	فاصله از تقاطع	خیلی نزدیک، نزدیک، دور
	انحراف از مسیر اصلی	نزدیک، متوسط، دور
	فاصله از مسافر	خیلی نزدیک، نزدیک، دور
خروجی	مناسب بودن	کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، نامناسب، نامناسب

شاخص‌ها دارای روابط تعریف نشده و نامشخصی هستند، نظریه مجموعه فازی ابزاری مفید و ارزشمند برای حل عدم قطعیت متغیرهای زبانی هستند و همچنین ادغام لایه‌های مختلف نقشه را برای تولید نقشه میزان مناسب بودن نقاط ملاقات در مراحل بعدی تسهیل می‌کند. از آنجا که کلاس‌ها یا گروه‌های دیتاهای مورد استفاده در این تحقیق دارای مرز کاملاً مشخصی نمی‌باشد، استفاده از منطق فازی و درجه عضویت می‌تواند تا حد خوبی این عدم قطعیت را پوشش دهد. قبل از

(بعنوان مثال: شاخص فازی برای میزان مناسب بودن یا خطرناک بودن) و a_i ضرایب خطی معادله هستند.



شکل ۸- نمای کلی از اجرای قوانین در سیستم استنتاج سوگنو [۳۲]

R_i : if x_1 is A and x_2 is B ...
Then $f_i = a_0 + a_1x_1 + a_nx_n$ (۲)

۳-۴- ارزیابی نقاط ملاقات با استفاده از منطق فازی

در این تحقیق سعی شده تا با استفاده از منطق فازی و سیستم استنتاج فازی به شناسایی نقاط ملاقات مناسب پرداخته شود. شناسایی نقاط ملاقات مناسب با استفاده از استنتاج فازی دارای مزیت‌های صریح و مشخصی نسبت به مجموعه‌های کلاسیک است که در زیر به آن‌ها پرداخته شده است:

- متغیرهای این تحقیق پیوسته، مبهم و غیر دقیق هستند.
- مناسب بودن سیستمهای فازی و منطق فازی برای مدل سازی سیستمهای پیوسته و دنیای واقعی.
- مدل سازی مجموعه‌های فازی بر روی داده‌های مرجع میتواند مشکلات ناشی از نقص داده‌های منبع را به حداقل برساند.
- منطق فازی بهترین استفاده را از اطلاعات پراکنده برای بازگردانی جزئیات می‌کند.

در این تحقیق به طور کلی فاکتورهای موثر در نقاط ملاقات در سرویس‌های سواری اشتراکی به دو دسته زیر تقسیم شده است:

۱- فاکتورهای هندسی راه

۲- فاکتورهای محیطی

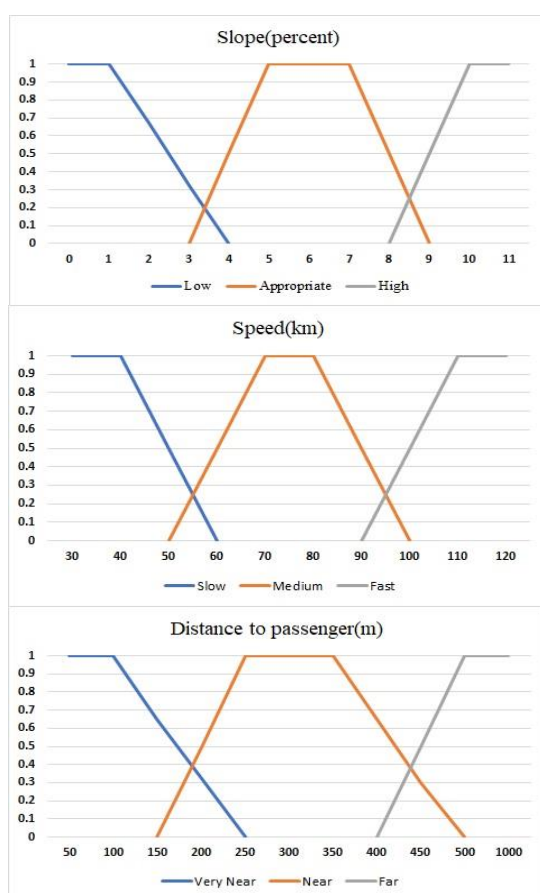
همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، هر یک از این فاکتورها دارای یکسری از متغیرها هستند که جزو متغیرهای زبانی^۱ می‌باشند و همچنین از برچسب‌های زبانی برای تحقق اهداف این مقاله استفاده شده است.

^۱ Linguistic variables

نام گذاری شده‌اند. برخی از قوانین فازی که در این تحقیق از آنها برای ارزیابی نقاط ملاقات استفاده شده‌است در جدول ۳ آمده است. در این تحقیق از روش تاکاگی و سوگنو (TSK) بعنوان سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی نقاط ملاقات استفاده شده است بدلیل بهره‌وری محاسباتی و بهینه‌سازی تطبیقی که این روش ارائه می‌دهد [۲۸]. خروجی نهایی هم که میانگین وزن دار از قوانین معادلاتی قبلی می‌باشد با استفاده از رابطه ۳ غیرفازی^۲ شده است.

$$\vec{F} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i f_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (3)$$

در رابطه (۳) f_i بیانگر i امین قانون معادلاتی و w_i بیانگر وزن آن است.



اجرای فرایندهای فازی باید توابع عضویت^۱ با استفاده از دانش کارشناسی مشخص شود. توابع عضویت مربوط به این تحقیق با توجه به نوع هر پارامتر در شکل ۹ نشان داده شده است. در این تحقیق بدلیل پیوسته بودن متغیرها از توابع عضویت خطی استفاده شده است. با توجه به توابع عضویت فازی، برای هر متغیر با توجه به مقداری که دارد یک عدد فازی بین ۰ تا ۱ برمی‌گردد که نشان دهنده میزان تعلق آن متغیر به آن مجموعه است. در این تحقیق درجه عضویت‌ها بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه و همچنین تجربیات نویسندگان استخراج شده است. استدلال فازی با استفاده از قوانین IF-THEN فازی این امکان را فراهم می‌کند که با عبارات زبانی و غیر دقیق به صورت ریاضی و دقیق برخورد شود. در یک سیستم فازی با افزایش تعداد قوانین فازی سطح پیچیدگی کیفی نیز افزایش می‌یابد. در این تحقیق سعی شده با کاهش تعداد مقادیر زبانی متغیرهای ورودی سیستم استنتاج فازی، تعداد قوانین فازی نیز کاهش پیدا کند (جدول ۳).

جدول ۳- نمونه هایی از قوانین فازی در این تحقیق

1-IF slope is Appropriate AND road width is Narrow AND speed is Slow AND distance from intersection is Far AND deviation from the main path is Moderate AND distance to passenger is Very Near THEN meeting point is **Absolutely Suitable**

2-IF road width is Very Narrow AND slope is Low And speed is slow AND distance to passenger is Very Near AND deviation from the main path is Near AND distance to intersection is Near THEN meeting point is **Relatively Suitable**

3-IF distance from intersection is Far AND slope is Appropriate AND speed is Medium AND road width is Appropriate AND distance to passenger is Near AND deviation from main path is Moderate THEN meeting point is **Suitable**

4-IF speed is Medium AND distance to intersection is Near AND road width is Appropriate AND slope is High AND distance to passenger is Far AND deviation from the main path is Moderate THEN meeting point is **Relatively Unsuitable**

5-IF slope is High AND road width is Width AND speed is Fast AND distance from intersection is Very Near AND deviation from the main path is Far AND distance to passenger is Far THEN meeting point is **UnSuitable**

تدوین قوانین فازی نیازمند یک ارزیابی دقیق از اهمیت کلاس‌های مختلف است، بر همین اساس و مطابق جدول ۳. در این تحقیق خروجی پردازش‌های فازی به پنج کلاس محدود شده‌اند که آنها را به ترتیب، کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب

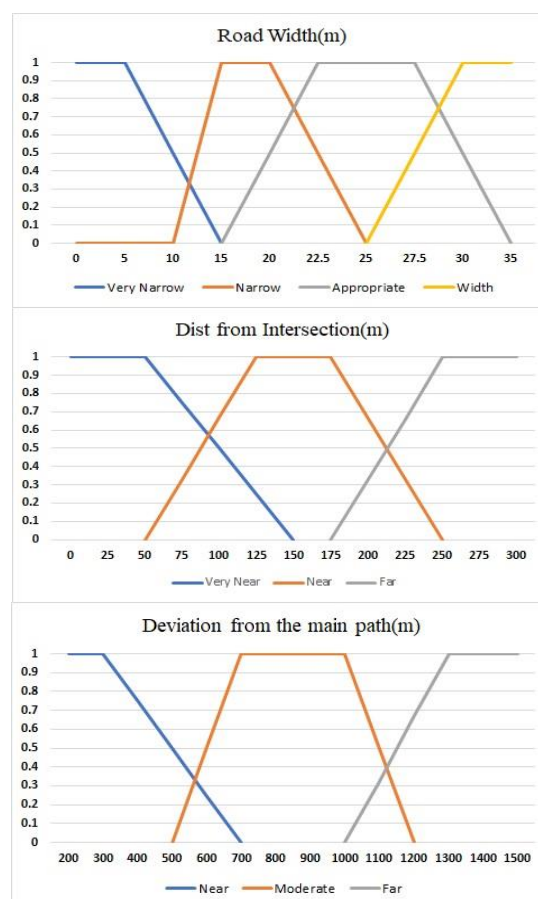
^۲ Defuzzification

^۱ Membership functions

ارتفاعی استخراج شد و به واحد درصد تبدیل شد و عرض خیابان و سرعت طرح که از برچسب های موجود در دیتای بزرگراه های نقشه OSM استخراج شد و میزان انحراف از مسیر اصلی و مسافت پیاده روی و همچنین فاصله تا تقاطع در شبکه گراف و با استفاده از الگوریتم دایجسترا، مقدار درجه عضویت به کمک تابع عضویت محاسبه شد، و سپس با توجه به قوانین فازی که در قسمت قبل بیان شد به ارزیابی هر نقطه با توجه به پارامتر های این تحقیق پرداخته شد. در این تحقیق برای مسیریابی عابر پیاده و راننده از گراف جهت دار استفاده شد و تمامی مسیرها با استفاده از الگوریتم دایجسترا محاسبه شدند (شکل ۱۰).

بعد از تعریف ورودی ها و خروجی های سیستم فازی و توابع فازی و قوانین آنها، میزان مناسب بودن هر نقطه ملاقات تعیین شد. میزان مناسب بودن هر نقطه را همانطور که در قسمت قبل گفته شد به پنج کلاس تقسیم شدند.

در نهایت هر یک از نقاط ملاقات موجود به یکی از کلاس های، کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب تخصیص یافتند. برای مدل سازی این روش تعداد نقاط ملاقات محدود شد و مرحله به مرحله برای این ۱۵۰ سفر از قبل طراحی شده نقاط ملاقات افزایش داده شد (شکل ۱۱). نتایج بیانگر آن بود که با افزایش تعداد نقاط ملاقات موجود نرخ تطبیق نیز به اندازه ۱۵ درصد افزایش می یابد. همچنین این آزمایش بر روی رابطه بین تعداد نقاط ملاقات و میزان انحراف از مسیر اصلی راننده انجام شد که نتایج بیانگر آن است که با افزایش نقاط ملاقات موجود، تعداد نقاط ملاقات مناسب افزایش پیدا کرده و در نتیجه میزان انحراف از مسیر اصلی برای راننده تا ۱۴ درصد کاهش پیدا می کند. همچنین این آزمایش در مرحله آخر بر روی تاثیر افزایش نقاط ملاقات بر روی مسافت پیاده روی کاربران تا رسیدن به نقطه ملاقات انجام شد، که نتایج بیانگر آن بود که با افزایش تعداد نقاط ملاقات موجود میزان مسافت پیاده روی برای مسافران تا ۴۰ درصد کاهش پیدا می کند. شکل ۱۲ خروجی نهایی ارزیابی نقاط ملاقات با استفاده از منطق فازی را نشان می دهد.



شکل ۹- توابع عضویت

۴- یافته ها

در این تحقیق از یک مجموعه ۱۵۰ تایی از راننده و مسافر برای تقاضای سفر که به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده بودند استفاده شد. بدین ترتیب که مسیرها از قبل مشخص شدند و با توجه به موقعیت کاربر به شناسایی نقاط ملاقات موجود در شعاع مشخص آنها پرداخته شد، میزان انحراف از مسیر اصلی نیز با توجه به اینکه سفرها از قبل مشخص شده بودند، از اختلاف بین مسیر اصلی راننده و مسیری که برای رسیدن به مسافر طی کرده است محاسبه شده اند (رابطه ۴).

$$\text{Dist}(D) = \text{Dist}(T) - \text{Dist}(M) \quad (4)$$

در رابطه ۴، $\text{Dist}(D)$ ، میزان انحراف از مسیر اصلی و همچنین $\text{Dist}(T)$ مجموع مسافت طی شده تا نقطه ملاقات و $\text{Dist}(M)$ طول مسیر اصلی راننده بوده که برای مدلسازی راحت تر در این تحقیق از قبل محاسبه شده است.

پس از اندازه گیری مقدار پارامتر های مختلف در این تحقیق از قبیل: شیب، که نقشه آن به کمک مدل رقمی



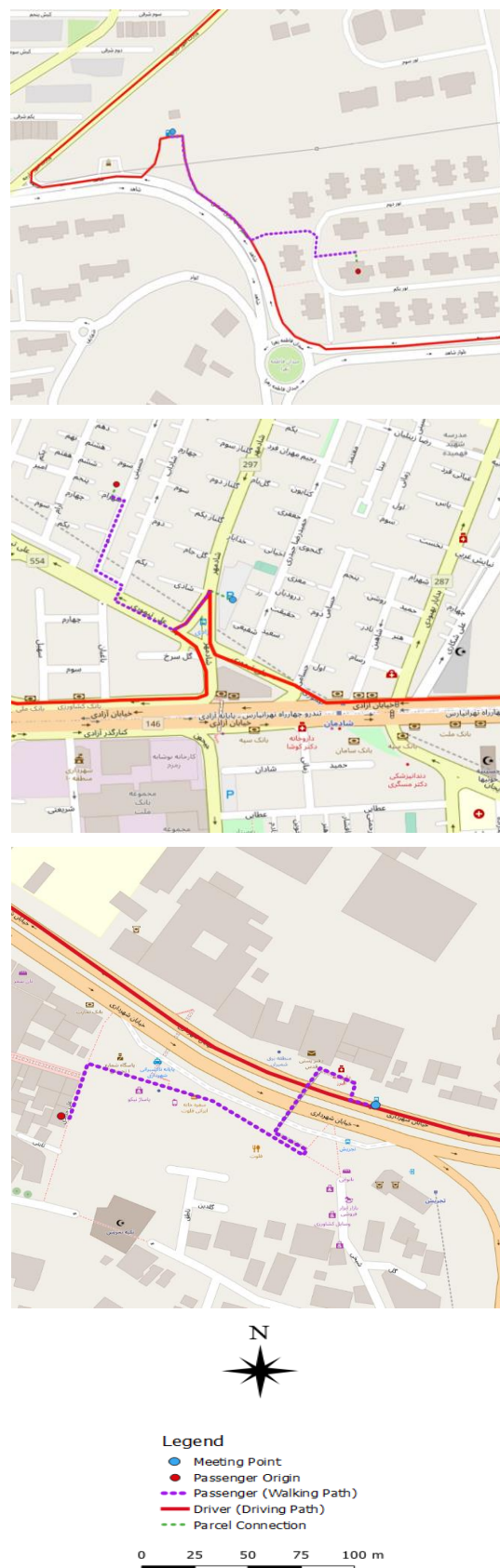
شکل ۱۱- نتایج حاصل از افزایش تعداد نقاط ملاقات



شکل ۱۲- نقشه نهایی میزان مناسب بودن نقاط ملاقات

۵- بحث و نتیجه گیری

رشد روز افزون تکنولوژی و فناوری های نوظهور از قبیل سیستم های تعیین موقعیت جهانی، دستگاه های تلفن همراه هوشمند و ارتباطات بی سیم، امکان حل بسیاری از نیاز های روزمره مردم را فراهم کرده است یکی از آن نیازها، نیاز به جابجایی و حمل و نقل است که به این منظور نرم افزار های کاربردی متنوعی توسعه داده شده اند. اما بحث افزایش روز افزون جمعیت که به تبع آن موجب افزایش تقاضای سفر می شود، امری غیر قابل اجتناب است. این افزایش تقاضای سفر موجب افزایش وسایل نقلیه در سطح شهر می شود که در نتیجه به علت



شکل ۱۰- نمونه هایی از شبیه سازی های انجام شده برای راننده و مسافر

راننده‌ها هم بدنبال کاهش مسافت طی شده و کاهش هزینه هستند. بنابراین شناسایی و ارزیابی نقاط ملاقات در سرویس‌های سواری اشتراکی اهمیت بالایی پیدا می‌کند. مطالعات انجام شده در حوزه سواری اشتراکی و نقاط ملاقات بیشتر با رویکرد بهینه سازی مسئله مسیریابی و کاهش زمان سفر و هزینه سفر بوده است. در صورتی که در این تحقیق یک رویکرد جدید در شناسایی نقاط ملاقات با در نظر گرفتن فاکتور های هندسی راه و فاکتور های محیطی ارائه شد و با استفاده از علم GIS و ابزار های موجود در GIS و به کمک تلفیق آن با منطق فازی و سیستم‌های استنتاج‌گر فازی به شناسایی و ارزیابی نقاط ملاقات در این سرویس ها پرداخته شد. در این تحقیق شش پارامتر از قبیل: شیب، حداکثر سرعت معبر، عرض معبر، فاصله تا تقاطع‌ها، میزان مسافت پیاده روی مسافر و میزان انحراف از مسیر اصلی راننده برای هر نقطه ملاقات با استفاده از منطق فازی مورد ارزیابی قرار داده شد و نتایج حاصل از توابع فازی و قوانین فازی را به پنج دسته ی: کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب تقسیم شد. نتایج این تحقیق بیانگر آن بود که با افزایش نقاط ملاقات موجود و در دسترس، تعداد نقاط ملاقات مناسب و نرخ تطبیق مسافران به هر سفر به اندازه ۱۵ درصد افزایش می یابد و همچنین مسافت پیاده روی برای مسافر تقریباً ۴۰ درصد و میزان انحراف راننده از مسیر اصلی تقریباً ۱۴ درصد کاسته میشود. برای تحقیقات بعدی پیشنهاد میشود از الگوریتم های یادگیری ماشین برای شناسایی نقاط ملاقات و همچنین از داده های ترافیکی لحظه ای برای مسیریابی و برآورد زمان سفر برای رسیدن به هر نقطه ملاقات استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از سازمان فاوای شهرداری تهران به جهت در اختیار گذاشتن مجموعه ای از دیتاهای استان تهران به شکل داده باز در سایت data.tehran.ir و از کلیه عزیزانی که در جامعه و انجمن osm ایران به تکمیل و جامعیت این دیتا کمک می‌کنند سپاس گذاری و قدردانی می‌گردد.

کافی نبودن ظرفیت معابر برای پاسخ دهی به این حجم از سفر، مشکلات ترافیکی و راه بندان‌های طولانی ایجاد خواهد شد که علاوه بر نازیبایی سیمای شهری، مشکلات زیادی از قبیل آلودگی هوا، افزایش مصرف سوخت و هدر رفت زمان و انرژی را در پی دارد. این مسئله امروزه بویژه در کلانشهرها به یک مشکل اساسی تبدیل شده است که در همین راستا مدیران تلاش کرده اند که با افزایش ناوگان حمل‌ونقل عمومی و احداث مترو بخشی از جمعیت و سفرهای روزانه را کنترل کنند، ولی همچنان بدلیل فرهنگ تک سرنشینی و دو سر نشینی در خودروهای شخصی، مردم روزانه با مشکلات ترافیکی و معضلات آن مواجه هستند.

در همین راستا و با پیشرفت و افزایش تکنولوژی‌های مکان محور از قبیل سیستم تعیین موقعیت جهانی و گوشی‌های هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند هم شکل گرفت و بعنوان یکی از مباحث مهم و اساسی دنیای تکنولوژی‌های مکان محور شناخته شد. یکی از راه حل‌های نو ظهور برای حل مسائل حمل‌ونقل، راه حل سواری اشتراکی بود که در آن یک راننده صندلی‌های خالی خود را با مسافران دیگر به اشتراک می‌گذارد که دارای برنامه زمانی مشابه و برنامه سفر مشابه‌ای هستند، که این روش موجب افزایش کارایی شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای می‌شود و با افزایش میزان استفاده از ظرفیت‌های خالی موجود در خودروهایی که در شبکه جاده‌ای در حال عبور و مرور هستند، موجب کاهش ترافیک و کاهش تک سرنشینی و مشکلاتی که آنها در پی دارند می‌شود. یکی از چالش‌های اساسی که در روش سواری اشتراکی مطرح می‌باشد بحث نقاط ملاقات است، نقاط ملاقات از آن جهت در سرویس‌های سواری اشتراکی از اهمیت بالایی برخوردار است که هر یک از مسافران دارای یک پنجره زمانی مشخص برای رسیدن به مقصد می‌باشند و عدم انتخاب نقطه ملاقات مناسب موجب طولانی‌تر شدن پنجره زمانی، افزایش میزان مسافت طی شده توسط راننده و مسافر و در نتیجه بالا رفتن میزان مصرف سوخت و انرژی و همچنین افزایش هزینه می‌شود. اکثر نرم افزار های این حوزه از استراتژی درب به درب استفاده می‌کنند، این درحالی است که اکثر مسافران می‌خواهند یک مسیری را برای رسیدن به یک مکان امن و راحت پیاده روی کنند و

مراجع

- [1] Yoo, J. B., Kim, B. K., Jung, H. M., Park, C. Y., Ko, Y. W., & Gu, T. (2008). INTRACS: Intelligent Traffic Control System Based on Ubiquitous Technology. In The 6th International Conference on Informatics and Systems Egypt.
- [2] Farooqi, H., & Sadeghi-Niaraki, A. (2016). GIS-based ride-sharing and DRT in Tehran city. *Public Transport*, 8(2), 243-260.
- [3] Tao, C. C. (2007, September). Dynamic taxi-sharing service using intelligent transportation system technologies. In 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (pp. 3209-3212). IEEE.
- [4] Jacobson, S. H., & King, D. M. (2009). Fuel saving and ridesharing in the US: Motivations, limitations, and opportunities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(1), 14-21.
- [5] Gökyay, S., Heuvels, A., & Krempels, K. H. (2019). On-demand Ride-sharing Services with Meeting Points. In *VEHITS* (pp. 117-125).
- [6] Czioska, P., D. C. Mattfeld and M. Sester (2017). "GIS-based identification and assessment of suitable meeting point locations for ride-sharing." *Transportation research procedia* 22: 314-324.
- [7] Agatz, N., A. L. Erera, M. W. Savelsbergh and X. Wang (2011). "Dynamic ride-sharing: A simulation study in metro Atlanta." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 17: 532-550.
- [8] Ren, C., Wang, J., You, Y., & Zhang, Y. (2020). Routing Optimization for Shared Electric Vehicles with Ride-Sharing. *Complexity*, 2020.
- [9] Fagin, R. and J. H. Williams (1983). "A fair carpool scheduling algorithm." *IBM Journal of Research and development* 27(2): 133-139.
- [10] Teimouri, M., Delavar, M. R., Chavoshi, S. H., Malek, M. R., Van de Weghe, N., Neutens, T., & Hochmair, H. H. (2015). Accommodating user preferences in ad hoc shared ride trip planning using GIS. *Transportation Planning and Technology*, 38(7), 816-831.
- [11] Li, X., Hu, S., Fan, W., & Deng, K. (2018). Modeling an enhanced ridesharing system with meet points and time windows. *PloS one*, 13(5), e0195927.
- [12] Correia, G. and J. M. Viegas (2011). "Carpooling and carpool clubs: Clarifying concepts and assessing value enhancement possibilities through a Stated Preference web survey in Lisbon, Portugal." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 45(2): 81-90.
- [13] Stiglic, M., N. Agatz, M. Savelsbergh and M. Gradisar (2015). "The benefits of meeting points in ride-sharing systems." *Transportation Research Part B: Methodological* 82: 36-53.
- [14] Czioska, P., R. Kutadinata, A. Trifunović, S. Winter, M. Sester and B. Friedrich (2019). "Real-world meeting points for shared demand-responsive transportation systems." *Public Transport* 11(2): 341-377.
- [15] Stiglic, M., N. Agatz, M. Savelsbergh and M. Gradisar (2016). "Making dynamic ride-sharing work: The impact of driver and rider flexibility." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 91: 190-207.
- [16] Effati, M., M. A. Rajabi, F. Samadzadegan and J. R. Blais (2012). "Developing a novel method for road hazardous segment identification based on fuzzy reasoning and GIS." *Journal of Transportation Technologies* 2(01): 32.
- [17] Ghaemi, S., S. Khanmohammadi and M. Tinati (2010). "Driver's behavior modeling using fuzzy logic." *Mathematical Problems in Engineering* 2010.
- [18] Thériault, M. and F. Des Rosiers (2004). Modelling perceived accessibility to urban amenities using fuzzy logic, transportation GIS and origin-destination surveys. *Proceedings of AGILE 2004 7th Conference on Geographic Information Science*, Crete University Press, Heraklion, Greece.
- [19] Czioska, P., & Sester, M. (2015, June). Determination of efficient meeting points in ride sharing scenarios. In 18th AGILE Conference on Geographic Information Science.
- [20] Teimouri, M., Delavar, M. R., & Malek, M. R. (2009). Development of a Shared Ride Constrained Path Finding System. *JApSc*, 9(12), 2228-2237.
- [21] Agatz, N., Erera, A., Savelsbergh, M., & Wang, X. (2012). Optimization for dynamic ride-sharing: A review. *European Journal of Operational Research*, 223(2), 295-303.
- [22] Aissat, K., & Oulamara, A. (2014, December). Dynamic ridesharing with intermediate locations. In 2014 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Vehicles and Transportation Systems (CIVTS) (pp. 36-42). IEEE.

- [23] Balardino, A. F., & Santos, A. G. (2016, November). Heuristic and exact approach for the close enough ride-matching problem. In International Conference on Hybrid Intelligent Systems (pp. 281-293). Springer, Cham.
- [24] Chen, W., Mes, M., Schutten, M., & Quint, J. (2019). A ride-sharing problem with meeting points and return restrictions. *Transportation science*, 53(2), 401-426.
- [25] Seyedabrizhami, S., Mamdoohi, A., Barzegar, A., & Hasanpour, S. (2012). Impact of carpooling on fuel saving in urban transportation: case study of Tehran. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 323-331.
- [26] Bhattacharyya, S., & Dutta, P. (2012). Fuzzy logic: Concepts, system design, and applications to industrial informatics. In *Handbook of research on industrial informatics and manufacturing intelligence: Innovations and solutions* (pp. 33-71). IGI Global.
- [27] Pape, L., S. Agarwal and C. Dagli (2015). "Selecting attributes, rules, and membership functions for fuzzy sos architecture evaluation." *Procedia Computer Science* 61: 176-182.
- [28] Zadeh, L. (1992). "Knowledge representation in fuzzy logic/in An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems, The Springer International Series in Engineering and Computer Science, vol. 165, RR Yager, LA Zadeh Eds."
- [29] Tan, N. (2007). *Cancer Gene Expression Data Analysis: a Neuro-Fuzzy System Approach*, University of Oxford.
- [30] Engelbrecht, A. P. (2007). *Computational intelligence: an introduction*, John Wiley & Sons.
Fagin, R. and J. H. Williams (1983). "A fair carpool scheduling algorithm." *IBM Journal of Research and development* 27(2): 133-139.
- [31] Takagi, T. and M. Sugeno (1983). "Derivation of fuzzy control rules from human operator's control actions." *IFAC Proceedings Volumes* 16(13): 55-60.
- [32] Sumathi, S., & Paneerselvam, S. (2010). *Computational intelligence paradigms: theory & applications using MATLAB*. CRC Press.