ارایه یک سیستم توزیع‌یافته تحت وب برای برنامه‌ریزی سفر در شبکه‌های چندساختی توأم با عدم‌قطعیت

سید مرسل قوامی*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
علی منصوریان، استادیار، دانشکدهٔ ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
محمدسعدی مسگری، استادیار، دانشکدهٔ ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

E-mail:sghavami@sina.kntu.ac.ir
دریافت:۱۳۸۹/۱۰/۲۷- پذیرش: ۱۳۹۰/۰۳/۱۸

چکیده

در این تحقیق سعی شده است که از دیدگاهی متفاوت و نو به مقوله طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های هدایت مسافر درون‌شهری نگریسته شود و در آن تأمین دو هدف کلی زیر دنبال شود. هدف اول این است که با استفاده از استانداردهای ارایه شده از سوی سازمان OGC مشکل مربوط به توزیع‌یافتگی و ناهمگونی موجود در داده‌های حمل و نقل درون‌شهری حل شود و هدف دوم، طراحی و مدل‌سازی شبکه حمل و نقل چندساختی در قالب یک وب سرویس پردازش مکانی است که در آن مسیریابی و تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت انجام می‌پذیرد. همچنین در این تحقیق فرض شده است که دو معیار "مدت زمان سفر" و "راحتی سفر" به عنوان معیارهای عدم قطعیت مسافر در تصمیم‌گیری برای انتخاب مسیر مطلوب است و مسافر می‌خواهد مسیرهای مطلوب را براساس این دو معیار از میان ساخت‌های مختلف درون‌شهری تعیین کند. بنابراین برای برآورده ساختن این نیاز مسافر، با استفاده از مفاهیم مختلف فازی همچون گراف فازی، شبکه حمل و نقل درون‌شهری مدل‌سازی شد و با استفاده از مفاهیم دیگر فازی از جمله جدول تصمیم‌گیری فازی و مدل استنتاج فازی تسوکاموتو، نحوه تصمیم‌گیری مسافر در شرایط عدم‌قطعیت مسافرت‌های درون شهری مورد طراحی و مدل‌سازی قرار گرفت و در قالب یک سیستم به نام "سیستم برنامه‌ریزی سفر شهر تهران" پیاده‌سازی شد. این سیستم می‌تواند براساس مبدأ و مقصد انتخابی کاربر، چندین مسیر مطلوب رتبه‌بندی شده را ارایه کند. نتایج حاصل از مطالعات میدانی نشان می‌دهند که خروجی‌های ارایه شده توسط این سیستم به دلیل در نظرگرفتن عدم قطعیت، انطباق بیشتری با واقعیت دارند.

واژه‌های کلیدی: وب سرویس پردازش مکانی، شبکه‌های چندساختی، عدم قطعیت، تئوری فازی، k- مسیر کوتاه

۱- مقدمه

گسترش روزافزون شهرها و افزایش جمعیت شهری موجب شده است که تقاضا برای حمل و نقل درون شهری و استفاده از خدمات شهری افزایش یابد. سامانه حمل و نقل امروزی، سامانه‌ای متکی بر منابع غیرقابل تجدید همچون نفت، گاز و زمین است. افزون بر این، افزایش تقاضا برای سفرهای درون شهری موجب ایجاد تأثیرات منفی زیادی نظیر: آلودگی هوا، آلودگی صوتی، افزایش مسایل مربوط به سلامتی افراد، ترافیک سنگین و تصادفات و ... در زندگی افراد شده است. با وجود اینکه شهرداری‌ها با احداث بزرگراه‌ها، تونل‌ها، پل‌ها و اعمال محدودیت‌های ترافیکی در تلاش‌اند که این اثرات ناخوشایند را تقلیل دهند، ولی ترافیک و مشکلات ناشی از آن همچنان در حال افزایش است و یکی از دغدغه‌های اصلی

* نویسنده مسئول

Archive of SID
www.SID.ir

مدیران به شمار می‌رود. یکی از روش‌هایی که پژوهشگران حوزه حمل و نقل شهری برای کاهش حجم ترافیک ارایه می‌کنند، اتخاذ سیاست‌هایی به‌منظور تغییر عادات مردم در استفاده از وسایل نقلیه شخصی و تشویق آنها به استفاده از وسایل نقلیه عمومی است. طراحی و ایجاد سامانه‌هایی که بتوانند اطلاعات سفر را در اختیار مسافران درون‌شهری قرار دهند، یکی از راهکارهایی است که می‌تواند به مدیران برای تحقق این امر کمک کند و در ارتقای سطح کیفیت ناوگان حمل و نقل عمومی مؤثر باشد. برای ایجاد سیستم اطلاعات راهنمای مسافر باید شناخت مناسبی از ویژگی‌ها و خصوصیات شبکه‌های حمل و نقل درون‌شهری، پارامترها و معیارهای مسیر مطلوب، داده‌ها و سازمان‌های متولی داده‌ها در دست باشد. به‌طور کلی می‌توان ویژگی‌ها و خصوصیات زیر را در طراحی و پیاده‌سازی شبکه‌های حمل و نقل درون شهری در نظر گرفت:

– پیچیدگی شبکه حمل و نقل درون‌شهری: سامانه‌های حمل و نقل درون‌شهری اغلب سامانه‌هایی بزرگ، حجیم و پیچیده‌اند، زیرا از چندین ساخت مختلف حمل و نقل (مانند مترو، اتوبوس، تاکسی و ...) در نواحی پرتراکم جمعیتی با سطح تقاضای بالا برای سرویس‌دهی تشکیل شده‌اند. علاوه بر این، ایجاد ارتباط بین ساخت‌های موجود در شبکه و در نتیجه مدل‌سازی شبکه حمل و نقل درون شهری، اغلب کار دشوار و پیچیده‌ای است.

– توزیع‌یافتگی و ناهمگونی داده‌های حمل و نقل: اغلب داده‌های حمل و نقل درون شهری طبیعت توزیع‌یافته و ناهمگون دارند؛ به این معنا که هر سازمان و نهادی که متولی خدمات حمل و نقل درون شهری مانند مترو، اتوبوس، تاکسی و... است، داده‌های مربوط به حیطه فعالیت خود را نگهداری می‌کند. بنابراین، این داده‌ها در مکان‌های مختلف و به شکل‌های گوناگون ذخیره می‌شوند و یکپارچه‌سازی این داده‌ها و ایجاد تعامل مابین سازمان‌های درگیر در حوزه حمل و نقل شهری نیز یکی از مشکلات طراحی چنین سامانه‌هایی است.

– وجود عدم‌قطعیت در سفرهای درون شهری: اطلاعات ناقص و غیردقیق مسافران درباره مدت زمان انتظار برای وسیله نقلیه مورد نظر، مدت زمان سفر و مدت زمان لازم برای انتقال مابین ساخت‌های مختلف حمل و نقل از عواملی هستند که اغلب در مدل‌سازی شبکه‌های درون شهری حمل و نقل نادیده گرفته می‌شوند؛ بنابراین طراحی سامانه‌ای که بتواند این عدم قطعیت‌ها را در مورد سفر در نظر بگیرد و به مسافر در انتخاب مسیر مطلوب کمک کند، ضروری به نظر می‌رسد.

تصمیم‌گیری چندهدفه: اغلب مسافران درون‌شهری در تصمیم‌گیری برای انتخاب مسیر و وسیله نقلیه مطلوب تنها یک هدف مانند کمترین زمان رسیدن به مقصد را در نظر نمی‌گیرند، بلکه به دنبال مسیری هستند که علاوه بر کم بودن مدت زمان سفر بتواند اهدافی همچون راحتی در طول سفر، کاهش هزینه سفر و ... را نیز تأمین کند. در نتیجه اغلب تصمیم‌گیری‌ها در سفرهای درون‌شهری، تصمیم‌هایی هستند که در آنها برآورده ساختن چندین هدف به طور همزمان مورد نظر است.

– در دسترس و همگانی بودن سامانه: اغلب سامانه‌های طراحی شده کنونی برای هدایت مسافر در یک شبکه چند ساختی درون‌شهری، یا به صورت رومیزی طراحی شده است و یا نیاز به نصب افزونه و یا نرم‌افزار دیگری برای اجرا دارد و در نتیجه به سهولت در هر زمان و مکانی قابل دسترس نیست و قابلیت توسعه ندارد. بنابراین سیستم مورد طراحی باید به سهولت در دسترس عموم قرار گیرد و سایر دست‌اندرکاران توسعه نیز بتوانند این سرویس طراحی شده را توسعه دهند و از آن در سامانه‌ها و کاربردهای خود استفاده کنند.

هدف این تحقیق تشریح روندها و روش‌های به‌کارگرفته شده برای حل مشکلات مذکور است. آنچه این تحقیق را از سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه متمایز و به نوعی نوآوری تحقیق را برجسته می‌سازد، استفاده از استانداردهای OGC و به‌خصوص WPS در زمینه حمل و نقل درون‌شهری است. WPS استاندارد نسبتاً جدیدی است که در سال ۲۰۰۷ ارایه شده (OGC WPS) و هنوز هم در حال توسعه است. دیگر ویژگی متمایز این تحقیق، نگرش متفاوت به عدم‌قطعیت‌های موجود در سفرهای درون‌شهری و همچنین مسیریابی در شبکه‌های چندساختی توأم با عدم‌قطعیت است.

در بخش ۲ مواد و روش‌های به‌کار گرفته شده برای انجام این تحقیق به طور مختصر ارایه می‌گردد. در بخش ۳ روند پیاده‌سازی سامانه برنامه‌ریزی سفر شهر تهران مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش مراحل انجام پردازش، چگونگی ارتباط سرویس‌ها در

Archive of SID

www.SID.ir

داخل سامانه و محیط و ابزار پیاده‌سازی سامانه تشریح می‌شود. نتایج حاصل از تحقیق به همراه پیشنهادهایی برای کارهای آتی در این زمینه، در بخش ٤ ارایه می‌شود.

۲- مواد و روش کار

در این بخش مواد و روش‌های اصلی به‌کار گرفته شده برای طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه برنامه‌ریزی سفر شبکه چندساختی به صورت خلاصه معرفی می‌شود.

۲-۱- وب سرویس پردازش مکانی

توزیع‌یافتگی، ناهمگونی داده‌ها و منابع موجب شد که محققان حوزه نرم‌افزار همزمان با پیشرفت فناوری‌های مبتنی بر وب، معماری سرویس‌گرا [1](SOA) را برای ایجاد برنامه‌های توزیع‌یافته ارایه کنند. در واقع ایده اساسی شکل‌گیری معماری سرویس‌گرا، ایده "سرویس" به جای "نرم‌افزار" بود. یکی از روش‌های پیاده‌سازی معماری سرویس‌گرا، وب‌سرویس‌ها هستند. وب‌سرویس‌ها برنامه‌های کاربردی مستقل و خودتوصیف‌گر هستند که می‌توانند از طریق وب، انتشار یابند، کشف شوند و مورد درخواست قرار گیرند. هنگامی که یک وب سرویس طراحی می‌شود و در وب قرار می‌گیرد، می‌تواند با سایر وب‌سرویس‌ها برای انجام دادن یک فعالیت، به همکاری و تعامل بپردازد [Newcomer, 2005].

باتوجه به مشکلات، پیچیدگی‌ها و ویژگی‌های خاص موجود در داده‌های مکانی و نیز حذف تعامل‌ناپذیری آنها موجب شد تا سازمان OGC[2] با هدف ترویج استفاده از خدمات مکانی تعامل‌پذیر بر مبنای زیرساخت اطلاعات مکانی در سال تشکیل شود [OGC, 2010a]. سازمان OGC استانداردهای مختلفی از جمله GML[3]، WFS[4]، WMS[5]، WCS[6] و ... را ارایه کرده است، ولی همه این استانداردها به منظور اخذ، دسترسی، نمایش و انتقال داده‌های مکانی بودند و وجود استانداردی که بتواند پردازش تحت وب را انجام دهد و داده‌های خام توزیع‌یافته را به اطلاعات مفید و کاربردی تبدیل کند، ضروری به نظر می‌رسید. از این رو OGC، استانداردی را تحت عنوان وب سرویس پردازش مکانی (WPS[7]) ارایه کرد که هدف از آن ارایه پردازش‌های مکانی از راه دور برای کاربران بود. این پردازش می‌تواند پردازش ساده‌ای همچون کم کردن دو عدد از هم یا پردازش پیچیده‌ای همچون مدل‌های هواشناسی باشد. می‌توان عدم محدودیت در نوع پردازش طراحی شده را نیز یکی از مزایای اصلی این استاندارد به شمار آورد. به بیان ساده‌تر، هر WPS از یک سو می‌تواند یک تابع تحلیلی به صورت ماژولار را برای کاربر فراهم کند و از سوی دیگر هر WPS براساس یک استاندارد و چارچوب مشخص شده پیاده‌سازی می‌شود، بنابراین می‌تواند توسط سایر توسعه‌دهندگان مورد ویرایش و استفاده قرار گیرد. برای مثال می‌توان از ترکیب و تلفیق یک WPS مربوط به تحلیل بافر و یک WPS مربوط به تحلیل مسیریابی در کاربردهای مدیریت بحران استفاده کرد. از مزایای استفاده از وب سرویس پردازش مکانی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

آزاد بودن استانداردهای ارایه شده از سوی سازمان OGC: استانداردهای ارایه شده از سوی OGC، استانداردهای XML – مبنا و قابل فهم برای انسان و ماشین هستند، در نتیجه افراد مختلف می‌توانند از آنها به سادگی استفاده کنند.

ماژولار بودن وب‌سرویس‌ها: دارا بودن این ویژگی برای وب‌سرویس‌ها موجب می‌شود که کاربران، متناسب با نیاز خود، توابع و تحلیل‌های مورد نیاز را تهیه کنند و از خریداری یک بسته نرم‌افزاری گران قیمت خودداری ورزند.

قابلیت ترکیب و تلفیق وب سرویس‌ها: توسعه‌دهندگان و همچنین شرکت‌های تجاری مختلف می‌توانند از الگوریتم‌های موجود در وب‌سرویس‌های پردازش مکانی برای ارتقا و توانمندسازی هر چه بیشتر سامانه‌های خود استفاده کنند.

استاندارد WPS سه نوع عملیات را که می‌تواند توسط مشتری درخواست شود، مشخص می‌کند. این عملیات عبارتند از:

Get Capabilites: این عملیات امکان دسترسی و دریافت متون متادیتا را که توانایی‌های سرویس مورد نظر را توصیف می‌کند، برای کاربر فراهم می‌سازد.

Describe Process: این عملیات امکان دسترسی و دریافت اطلاعات جزیی‌تر شامل پارامترهای ورودی و خروجی و فرمت آنها در مورد یک یا چند پردازشی که می‌توانند توسط سرور اجرا شوند را برای کاربر فراهم می‌سازد.

Execute: این عملیات به کاربر امکان اجرای پردازش داده‌ها، به‌خصوص داده‌های ارایه شده توسط سرور را براساس پارامترهای ورودی می‌دهد و خروجی را با فرمت درخواستی برمی‌گرداند [OGC, 2007a].

Archive of SID
www.SID.ir

۲-۲- گراف فازی

وجود عدم قطعیت در سفرهای درون شهری موجب می‌شود که برای مسیریابی صحیح از نظریه‌های ارایه شده برای اقدام در این شرایط استفاده شود. از آنجایی که می‌توان شبکه حمل و نقل درون‌شهری را با استفاده از مجموعه‌ای از یال‌ها و گره‌ها مدل‌سازی کرد، بنابراین در این تحقیق از گراف فازی برای مدل‌سازی شبکه حمل و نقل چندساختی استفاده شد. گراف فازی، گرافی است که می‌تواند وزن‌های فازی داشته باشد و عدم قطعیت‌های موجود در شبکه را در نظر گیرد. گراف فازی را می‌توان به صورت $\tilde{G}=(\tilde{N},\tilde{A})$ نمایش داد که در آن $\tilde{N}$ مجموعه گره‌های شبکه و $\tilde{A}$ مجموعه یال‌های شبکه که هر یال دارای وزن فازی $\tilde{c}_{ij}^{A}$ است. فرض کنید که i و j دو گره از شبکه $\tilde{G}$ باشند. یک مسیر در این شبکه از i به j به صورت یک توالی به شکل:

$$\tilde{p}=\{\tilde{n}_1,\tilde{a}_1,\tilde{n}_2,\tilde{a}_2,...,\tilde{n}_n,\tilde{a}_n\} \qquad (۱)$$

نمایش داده می‌شود. در این صورت وزن یک مسیر نیز عبارت خواهد بود از مجموع وزن یال‌ها و گره‌های شرکت کننده در مسیر:

$$\tilde{C}(p)=\sum_{i=1}^{m-1}\tilde{c}_i^a \qquad (۲)$$

که در آن جمع فازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

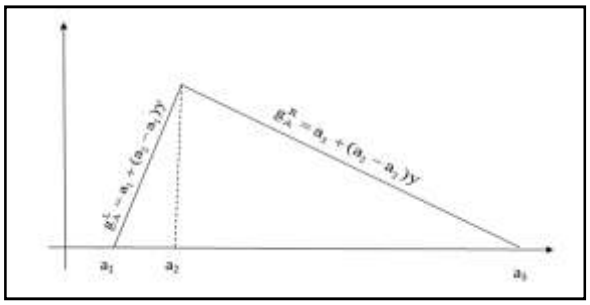
تابع عضویت جمع جبری دو مجموعه فازی $C=A\oplus B$ به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$C=\{(x,\mu_{A\oplus B}(x)|\ x\in X)\} \qquad (۳)$$

که:

$$\mu_{A\oplus B}(x)=\min(1,\mu_A(x)+\mu_B(x)) \qquad (۴)$$

[Ross, 2006]. در این صورت هدف مسئله کوتاهترین مسیر در گراف فازی، یافتن مسیری است که دارای کمترین وزن برای طی مسیر از گره شروع s تا گره پایانی t باشد. اگر فرض کنیم که وزن یال‌ها به صورت عدد مثلثی فازی (a_1,a_2,a_3) باشد، در این صورت یکی از مشکلات موجود در به‌کارگیری اعداد فازی برای یافتن کوتاهترین مسیر، مسئله مربوط به رتبه‌بندی اعداد فازی است. نمونه‌ای از اعداد فازی مثلثی به همراه معادله مربوط به هر یک از خطوط در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. تابع عضویت مثلثی

پژوهشگران بسیاری شروع به انجام فعالیت‌هایی برای رتبه‌بندی اعداد فازی کرده‌اند و تاکنون روش‌های زیادی برای رتبه‌بندی اعداد فازی ارایه شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از یک تابع شباهت است که در این تابع میزان نزدیکی و شباهت مسیرها (A,B) نسبت به مسیر حاصله از عملگر کمینه فازی (C) اندازه‌گیری می‌شود و هر کدام از مسیرها که میزان شباهت بیشتری داشته باشد، به عنوان مسیر مطلوب برگزیده می‌شود. توابع مختلف شباهت در مقاله [Kong, 2005] ذکر شده است ولی معروف‌ترین و پرکاربردترین روش برای رتبه‌بندی اعداد فازی استفاده از روش مرکز ثقل است. در این روش مرکز ثقل اعداد مثلثی مورد محاسبه قرار می‌گیرد و سپس فاصله این مرکز ثقل تا مبدأ برای همه اعداد فازی محاسبه می‌شود و به عنوان پارامتر مطلوب برای مقایسه اعداد فازی از آن استفاده می‌شود که مرکز ثقل عدد مثلثی شکل ۱ به صورت زیر خواهد بود :

(۵-الف) (۵-ب)

$$y_0=\frac{\int_0^1(yg_A^L)dy+\int_0^1(yg_A^R)dy}{\int_0^1(g_A^L)dy+\int_0^1(g_A^R)dy} \qquad x_0=\frac{\int_{\sup\tilde{A}}x\mu_{\tilde{A}}(x)dx}{\int_{\sup\tilde{A}}\mu_{\tilde{A}}(x)dx}$$

که در نهایت با محاسبه فاصله مرکز ثقل تا مبدأ خواهیم داشت:

$$R(\tilde{A})=\sqrt{(\tilde{x}_0)^2+(\tilde{y}_0)^2} \qquad (۶)$$

[Seda, 2004] که از این پارامتر می‌توان به عنوان پارامتر مطلوب برای رتبه‌بندی اعداد فازی استفاده کرد.

۲-۳- مدل استنتاج فازی تسوکاموتو

مدل استنتاج فازی تسوکاموتو در سال ۱۹۷۹ توسط تسوکاموتو ارایه شد، در این مدل همانند مدل استنتاج ممدانی (Mamdani & Assilian, 1974) براساس دانش خبرگان و با تجربه یک

Archive of SID
www.SID.ir

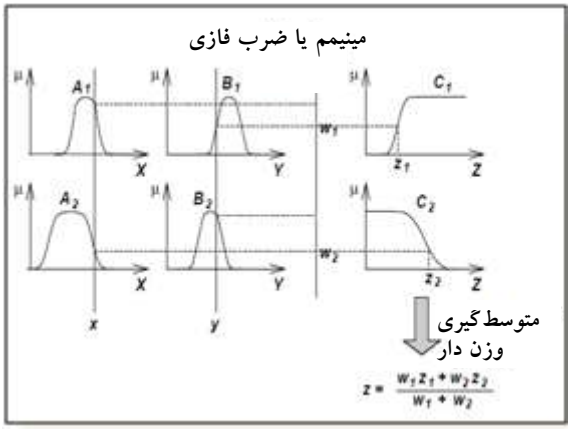
سری قواعد اگر- آنگاه تشکیل می‌شود، ولی در این مدل برخلاف مدل ممدانی نتیجه هر قاعده اگر- آنگاه فازی توسط یک تابع عضویت یکنواخت فازی نمایش داده می‌شود. به تابع عضویت یکنواخت مورد استفاده در بخش نتیجه هر قاعده، برخی اوقات به دلیل شکل استفاده، تابع عضویت کتفی نیز گفته می‌شود. همچنین در این مدل استنتاج همانند روش سوگنو [Sugeno, 1988] هر قاعده بنا بر میزان اهمیت آن در خروجی دارای وزن است و مقدار خروجی نهایی برای هر داده ورودی با متوسط‌گیری وزن‌دار مقادیر حاصل هر یک از قواعد استنتاج به دست می‌آید. بنابراین در این مدل همانند مدل سوگنو مرحله زمان‌بر دی فازی کردن وجود ندارد [Tsukamoto, 1979].

برای مثال برای دو قاعده زیر روند استنتاج در مدل تسوکاموتو به صورت زیر خواهد بود:

قاعده ۱: اگر X برابر A1 باشد و Y برابر B1 باشد، آنگاه Z برابر C1 خواهد بود.

قاعده ۲: اگر X برابر A2 باشد و Y برابر B2 باشد، آنگاه Z برابر C2 خواهد بود.

برای هر یک از پارامترها براساس نظر افراد خبره توابع عضویت مناسب تعیین می‌شود و با استفاده از عملگر مناسب روند استنتاج انجام می‌پذیرد، روند کلی استنتاج در مدل تسوکاموتو در شکل زیر بیان شده است:



شکل ۲. مدل تسوکاموتو

۳- طراحی و پیاده‌سازی سیستم: نمونه مطالعاتی

شهر تهران پایتخت، مرکز استقرار دولت و محل انجام فعالیت‌های سیاسی، اقتصادی، فرهنگی، آموزشی در ایران است. جمعیت امروز این شهر بالغ بر ۱۰ میلیون نفر است که این تعداد، به همراه افراد مسافر غیر بومی که برای انجام فعالیت‌های مختلف خود به این شهر مسافرت می‌کنند روزانه افزون بر ۱۸ میلیون سفر تولید می‌کنند که از این تعداد سفر ٦٤ درصد با استفاده از ناوگان حمل و نقل عمومی انجام می‌شود. این شهر هم اکنون دارای ۷ خط اتوبوس تندرو است که شمال تا جنوب و شرق تا غرب آن را پوشش می‌دهد [شهرداری تهران، ۱۳۸۹]، ۵ خط مترو هم‌اکنون فعال است که جمعاً طول این خطوط بیش از ۹۰ کیلومتر و دارای ۵۲ ایستگاه است[مترو تهران، ۱۳۸۹]. وجود بیش از ۳۰۰ خط اتوبوس و دارا بودن بیش از ۳۰۰۰ ایستگاه اتوبوس، بیانگر فراگیری ناوگان اتوبوسرانی شهر تهران است. تعداد تاکسی‌های خطی ۷۲۰۰۰ دستگاه است که بخش عمده‌ای از جابه‌جایی مسافران درون‌شهری توسط آنها انجام می‌شود [تاکسیرانی تهران، ۱۳۸۹].

مسافران درون‌شهری در شهر تهران می‌توانند از یکی از ساخت‌ها یا ترکیبی از آنها برای رسیدن به مقصد استفاده کنند. همان‌طور که در بخش مقدمه ذکر شد یکی از مشکلات بی‌شمار در زمینه داده‌های مکانی، ناهمگون بودن داده‌ها و توزیع‌یافتگی آنها در مکان‌های مختلف است که موجب به‌کارگیری نامناسب این داده‌ها خواهد بود. برای این که بتوان از این داده‌ها به نحو مطلوبی استفاده کرد و تحلیل را با استفاده از ترکیبی از آنها انجام داد، باید این داده‌ها را از مکان‌های مختلف جمع‌آوری کرد و به یک فرمت مشترک تبدیل کرد و انتقال داد.

بنابراین در این تحقیق فرض بر این است که داده‌های مرتبط با مسئله، در مکان‌های مختلف و به شکل‌های گوناگون باشند. نوع داده، فرمت ذخیره‌سازی و مکان داده‌های مرتبط با مسئله در جدول ۲ آمده است.

با استفاده از استانداردهای OGC نظیر GML که استانداردی XML- مبنا برای ذخیره‌سازی و انتقال داده‌های مکانی است و WFS که استانداردی برای فراهم ساختن داده‌های مکانی برداری و پرسش و پاسخ از این داده‌هاست، می‌توان داده‌های ناهمگون و توزیع‌یافته را با یکدیگر ترکیب کرد و از آن به عنوان ورودی یک وب‌سرویس پردازش مکانی برای انجام تحلیل کوتاهترین مسیر در شبکه‌های چند ساختی استفاده کرد. به این منظور برای هر یک از پایگاه داده‌ها که در مکان‌های مختلفی قرار گرفته‌اند،

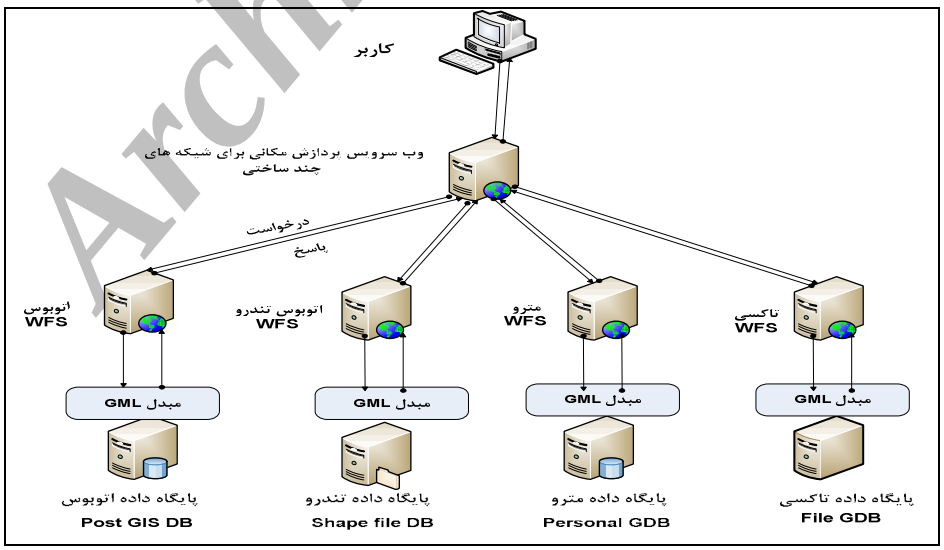
Archive of SID
www.SID.ir

یک WFS تعبیه شده است، که در این وب‌سرویس پس از تبدیل فرمت داده به فرمت GML، انتقال این داده‌ها تحت وب صورت می‌پذیرد. اخذ و انتقال داده‌ها از هر پایگاه داده با استفاده از یک WFS و سپس انتقال این داده‌ها به یک WPS موجب می‌شود که وب‌سرویس‌های زیادی با یکدیگر برای فراهم کردن تحلیل مسیریابی در شبکه‌های چند ساختی در ارتباط باشند و ترکیب شوند. تعاریف و روش‌های مختلفی برای چگونگی زنجیره‌کردن و ترکیب این وب سرویس‌ها با هم ارایه شده است. ISO[9] زنجیره کردن سرویس‌ها را به عنوان توالی از سرویس‌ها قلمداد می‌کند که در دو سرویس مجاور داخل این زنجیره، انجام عملی در سرویس دوم وابسته به انجام پذیرفتن عملی در سرویس اول است [ISO/TC 211, 2003] زنجیره کردن سرویس‌ها روشی برای سازمان‌دهی یا ترکیب مجموعه‌ای از توابع و داده‌ها به منظور دست‌یابی به یک راه‌حل قوی‌تر و مطمئن‌تر است. تاکنون روش‌های مختلفی برای ترکیب و اتصال سرویس‌ها ارایه شده است. با توجه به چگونگی ارتباطات داخل سیستم وب‌سرویس‌ها با یکدیگر، از روش زنجیره مرکزی به منظور ترکیب وب‌سرویس‌ها با یکدیگر استفاده شد. روش زنجیره مرکزی، روشی است که در آن یک سرویس مرکزی، سایر سرویس‌ها و جریان‌ها را کنترل می‌کند و اغلب از این روش استفاده می‌شود [Alameh, 2003].

شمای کلی از پایگاه داده‌های مختلف مورد استفاده، وب‌سرویس-های مختلف و چگونگی اتصال آنها با یکدیگر در شکل ۳ دیده می‌شود. پس از اینکه داده‌ها توسط WFS ها جمع‌آوری شدند، برای انجام تحلیل پردازشی مربوط به یافتن مسیر مطلوب در شبکه چند ساختی، داده‌ها وارد یک WPS می‌شوند. در این تحقیق، روند پیاده‌سازی WPS، به دو بخش کلی تقسیم می‌شود. بخش اول، مدل‌سازی شبکه چندساختی و یافتن k- مسیر کوتاه فازی براساس مدت زمان سفر و بخش دوم، طراحی و پیاده‌سازی یک مدل استنتاج فازی برای یافتن k- مسیر کوتاه براساس دو معیار فازی "مدت زمان" و "راحتی" سفر.

جدول۲. داده‌های موجود، فرمت و محل ذخیره‌سازی

نوع داده	فرمت و پایگاه داده ذخیره‌سازی	محل نگهداری
اتوبوس	Post GIS	شرکت واحد اتوبوسرانی
اتوبوس تندرو	Shape file	سازمان اتوبوسرانی شهرداری
مترو	Personal Geodatabase	شرکت بهره برداری راه آهن شهری و حومه
تاکسی	File Geodatabase	اتحادیه تاکسیرانی



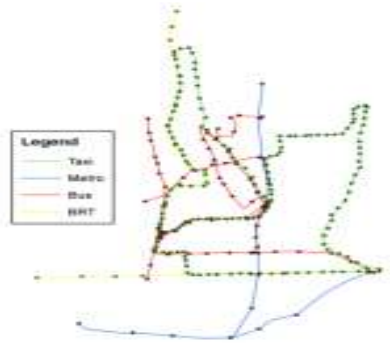
شکل ۳. وب‌سرویس‌های مختلف و چگونگی اتصال آنها با یکدیگر

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۱- مدل‌سازی شبکه چند ساختی و یافتن کوتاه‌ترین مسیر فازی

همان‌گونه که در بخش‌های قبلی بیان شد، شبکه حمل و نقل درون شهری، شبکه‌ای متشکل از دو یا چند ساخت حمل و نقل درون شهری است. در شبکه حمل و نقل شهر تهران، چهار ساخت اتوبوس، مترو، تاکسی و اتوبوس تندرو به عنوان ساخت‌های مورد بررسی انتخاب شدند. شبکه اتوبوس تندرو دارای ویژگی‌های خاصی است که آن را از شبکه اتوبوس متمایز می‌سازد از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به گسترش و توسعه روزافزون این شبکه در شهر تهران، سرعت بالا، هزینه کمتر و میزان راحتی بیشتر آن نسبت به ساخت اتوبوس معمولی اشاره کرد. بنابراین به منظور مدل‌سازی هر چه بهتر شبکه حمل و نقل درون شهری تهران، شبکه اتوبوس تندرو را به عنوان یک ساخت جداگانه وارد شبکه حمل و نقل درون شهری می‌کنیم.

برای هر یک از این منابع داده‌ای حاصل از هریک از WFS ها، مدل‌سازی به صورت جداگانه صورت گرفت، به این معنا که به‌طور مثال برای ساخت اتوبوس با استفاده از تئوری گراف با تعریف مجموعه‌ای از یال‌ها و گره‌ها مدل‌سازی انجام پذیرفت و این گونه مدل‌سازی برای سایر ساخت‌ها نظیر ساخت تاکسی، مترو و اتوبوس تندرو نیز تکرار شد. گره‌ها در این گونه مدل‌سازی بیانگر ایستگاه‌ها، تقاطع‌ها و... است و یال‌ها نمایانگر مسیرها و خطوط مابین این ایستگاه‌ها و تقاطع‌هاست. برای برقراری ارتباط مابین این ساخت‌ها، برای این که مسافر بتواند از ساختی پیاده شده و به ساخت دیگر انتقال پیدا کرده و در آن ساخت سوار وسیله نقلیه مورد نظر شود، از مفهومی به نام یال انتقال استفاده شده است. یال انتقال یالی است که گرهی از یک ساخت را به گرهی در ساخت دیگر متصل می‌کند. گراف کلی شبکه حمل و نقل چند ساختی برای بخشی از شهر تهران در شکل زیر بیان شده است:



شکل٤ . بخشی از شبکه حمل و نقل درون شهری تهران

پس از مدل‌سازی شبکه چندساختی، از الگوریتم k- مسیر کوتاه برای یافتن کوتاهترین مسیر در شبکه استفاده شد. الگوریتم k- مسیر کوتاه، k مسیر کوتاه رتبه‌بندی شده مابین مبدأ و مقصد را ارائه می‌کند. تاکنون الگوریتم‌های بسیاری برای k- مسیر کوتاه ارائه شده‌اند که یکی از معروف‌ترین آنها، الگوریتم معرفی شده توسط Yen است. الگوریتم k- مسیر کوتاه دارای مزایای بسیاری از جمله: تحمیل قیدها و شرایط اضافی بر مسئله، امکان ارائه مسیرها و گزینه‌های بیشتر و ... است (Santos, 2006). الگوریتم معرفی شده توسط Yen برای اقدام در شرایط قطعی است، به این منظور ما برای اقدام در شرایط عدم قطعیت در شبکه مورد نظر، این الگوریتم را مورد بازبینی و ویرایش قرار دادیم. در این بازبینی و ویرایش الگوریتم، از تابع مثلثی برای فازی سازی مقادیر مربوط به مدت زمان سفر، از اپراتور جمع فازی برای جمع مقادیر فازی، از رابطه ٦ معرفی شده در بخش ۲-۲ برای رتبه‌بندی مقادیر فازی مثلثی و همچنین از ساختار داده هرم دوجمله‌ای به منظور مرتب‌سازی و بازیابی سریع‌تر مسیرهای کاندید استفاده شد.

علت استفاده از تابع عضویت مثلثی در این تحقیق:

- سطح اطمینان کمتر در مورد قطعیت داده‌ها، به این معنا که داده‌های ورودی مربوط به زمان سفر در هر یال از شبکه گراف به شدت غیرقطعی و غیردقیق هستند.
- سادگی و انعطاف‌پذیری و در نتیجه حجم محاسبات کمتر به علت کم بودن تعداد پارامترهای تابع مثلثی
- ساختار کلی داده‌های ورودی: برای تعیین وزن‌های مربوط به یال‌ها، با توجه به عدد مثلثی (a_1, a_2, a_3) فرض بر این است که عدد اول یا کران پایین نشان‌دهنده حداقل زمان ممکن برای طی مسیر باشد و یا به عبارت دیگر در حالت خوش شانس بودن می‌توان این مسیر را در زمان a_1 طی کرد و عدد سوم یا کران بالا نشان‌دهنده حداکثر زمان لازم برای طی مسیر است یا به عبارت بهتر در حالت بدشانسی، این مسیر را می‌توان در زمان a_3 طی کرد و عدد a_2، عددی بین این دو عدد و نشان‌دهنده حد معمول برای طی مسیر فوق است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود این گونه تعبیر از زمان سفر بیشتر با واقعیت تطابق دارد.

با استفاده از الگوریتم k- مسیر کوتاه، ابتدا ایرادهای توپولوژیکی موجود در شبکه به منظور کاهش خطا در نتایج حاصل از سیستم

Archive of SID
www.SID.ir

مرتفع شد، خطاهایی نظیر توالی غیر منطقی در استفاده از ساخت‌ها، خطاهای موجود در انتقال از ساختی به ساخت دیگر و... با اعمال محدودیت در مسیرها و نتایج حاصل از سیستم کاهش یافت.

۳-۲- طراحی و پیاده‌سازی یک مدل استنتاج به منظور تصمیم‌گیری براساس دو معیار مدت زمان و راحتی سفر

پس از محاسبه k- مسیر کوتاه براساس مدت زمان فازی در بخش قبلی، مسیرهای ارائه شده باید رتبه‌بندی شوند، برای رسیدن به این هدف ابتدا باید معیار راحتی مسیر برای هر یک از مسیرهای ارائه شده در بخش قبل محاسبه شود.

۳-۲-۱- معیار راحتی مسیر

از دیدگاه ما مسیری دارای معیار راحتی بیشتری است که:

- میزان زمان توقف مسافر برای سوار شدن به وسیله نقلیه کوتاه باشد.
- میزان آلودگی صوتی که مسافر در طول مسیر تحمل می‌کند، کم باشد.
- وسیله نقلیه مورد استفاده دارای ازدحام کمتری باشد.
- همچنین تعداد ساخت‌هایی که مسافر در طول مسیر برای رسیدن به مسیر تغییر می‌دهد نیز باید کم باشد، زیرا که هر تغییر ساختی مقارن با سپری کردن زمانی برای پیاده‌شدن از وسیله نقلیه، پیمودن راه پیاده تا رسیدن به ایستگاه ساخت دیگر و منتظر ماندن و سوار شدن به وسیله نقلیه دیگر است، به همین دلیل طبیعتاً هر چقدر میزان تغییر ساخت کمتر باشد، مسافر در طول سفر راحتی بیشتری خواهد داشت.
- با توجه به پارامترهای ذکر شده برای انتخاب مسیر با راحتی بیشتر، درمی‌یابیم که برخی از پارامترهای راحتی متعلق به وسیله نقلیه است، از جمله زمان توقف، آلودگی صوتی، ازدحام و برخی دیگر از عوامل، همچون تعداد تغییر ساخت به خود مسیر بستگی دارد. در نتیجه برای مدل‌سازی و ایجاد تعریف یکپارچه از معیار راحتی به منظور استفاده از این معیار، می‌توان از معادله زیر برای اندازه‌گیری میزان راحتی مسیر استفاده کرد.

$$\mu = \lambda \sum_{i=1}^{4} \beta_i x_i \qquad (۷)$$

در این معادله $\mu(x)$ معیار اندازه‌گیری راحتی است که عددی در بازه [0,1] است، هر چه این عدد بزرگ‌تر باشد، میزان راحتی مسیر مطلوب بیشتراست. پارامتر λ عددی گسسته برای بیان میزان تغییرات در طول مسیر و یا به بیان بهتر بیانگر تعداد ساخت‌های مورد استفاده برای رسیدن به مقصد است که مقدار آن برای تعداد تغییر ساخت‌های مختلف به‌صورت زیر خواهد بود :

جدول ۳. تعداد تغییر ساخت و مقادیر ضرایب مربوطه آن

تعداد تغییر ساخت	λ
۰	۳
۱	۲/۵
۲	۲
۳	۱/۵
٤	۱

پارامتر β_i که ضریب راحتی هر وسیله نقلیه است براساس نظرات کارشناسان حوزه حمل و نقل شهری این ضرایب به دست آمده و عبارت است از:

جدول ٤. نام ساخت و ضریب راحتی مربوط به آن

نام ساخت	βi
اتوبوس تندرو	β_1 =۰/۲۱
اتوبوس	β_2 =۰/۱۷
مترو	β_3 =۰/۳۵
تاکسی	β_4 =۰/۲۷

و پارامتر x_i بیانگر طول مسیر پیموده شده برحسب متر توسط وسیله نقلیه یا در ساخت i است. با محاسبه مقادیر فوق برای هر یک از مسیرها، می‌توان معیار "راحتی سفر" را به دست آورد. در نتیجه در این حال، هر یک از k مسیر ارائه شده از بخش قبلی، دارای مقادیری برای دو پارامتر "مدت زمان سفر" و "راحتی سفر" خواهد بود. تعیین مسیر مطلوب براساس این دو پارامتر نیازمند استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری است.

۳-۲-۲- استفاده از جدول تصمیم‌گیری

جدول تصمیم‌گیری (Lew, 1991) روشی برای نمایش و مدل‌سازی در موقعیت‌های پیچیده تصمیم‌گیری است. در این تحقیق موضوع شرط مربوط به جدول تصمیم‌گیری فازی متشکل از دو شرط زمان سفر و راحتی سفر است و حالت شرط آن،

Archive of SID

www.SID.ir

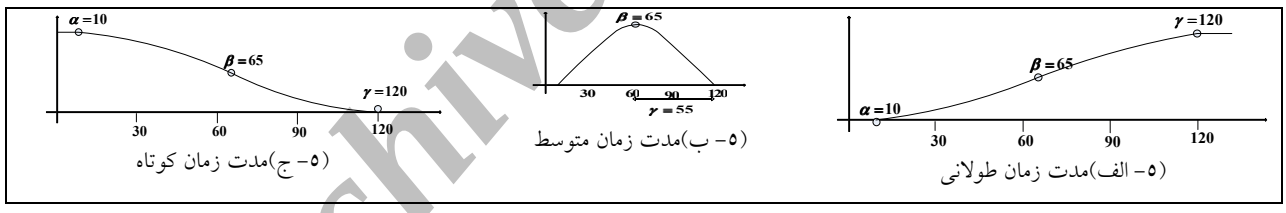
مجموعه حالت‌های ممکن برای تلفیق این دو شرط است. موضوع فعالیت نشان‌دهنده میزان مطلوبیت مسیر و حالت فعالیت نیز، حالت‌های مختلف مطلوبیت مسیر است. جدول تصمیم‌گیری فازی برای شبکه‌های چندساختی مورد تحقیق، با ملاقات حضوری و از طریق تکمیل پرسشنامه توسط افراد خبره و متخصص در حوزه حمل و نقل درون شهری تشکیل شد و نتایج حاصل در جدول ۳ دیده می‌شود.

اعداد داخل پرانتز موجود در سطر سوم جدول ۵ نشان‌دهنده این است که وزن هر قاعده فازی است و بیان کننده این مطلب است که برای حل این مسئله از مدل استنتاج فازی تسوکاموتو استفاده شده است. (در مدل تسوکاموتو برای هر قاعده وزنی در نظر گرفته می‌شود و بخش نتیجه قاعده اگر- آنگاه، فازی است).

از آنجایی که مدل مورد طراحی باید در کاربردهای وب مبنا مورد استفاده قرار گیرد، در نتیجه زمان اجرای برنامه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از سوی دیگر مدل تسوکاموتو با توجه به اینکه مرحله دی فازی را ندارد (برخلاف مدل ممدانی) و در آن مدل‌سازی براساس دانش اولیه از ارتباط مابین داده‌های ورودی و خروجی صورت نمی‌گیرد (برخلاف مدل سوگنو)، بنابراین زمان محاسباتی آن کمتر از اجرای سایر مدل‌هاست و به همین دلیل در این تحقیق برای استنتاج فازی از مدل تسوکاموتو استفاده می‌شود. در این تحقیق برای ترکیب شرایط مختلف و به دست آوردن نتیجه حاصل از شروط، از میان عملگرهای کلاس t- نرم از عملگر ضرب جبری فازی براساس دو معیار تجربه به‌کارگیری از این عملگر و تعداد کم موضوع شرط موجود در مسئله استفاده شد. همان‌گونه که در جدول تصمیم‌گیری فازی فوق مشخص است، باید حالت شرط و فعالیت دارای مقادیر فازی باشند، از این رو باید مقادیر دو پارامتر "مدت زمان سفر" و "راحتی سفر" به مقادیر فازی تبدیل شوند، این روند با استفاده از معرفی توابع عضویت مناسب صورت می‌گیرد که توابع عضویت به‌کار گرفته در این تحقیق برای متغیرهای مختلف در شکل‌های ۵ تا ۷ معرفی شده است .

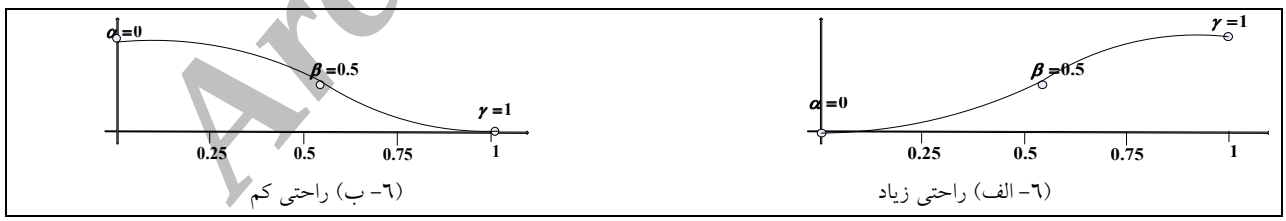
جدول ۵. تعداد تغییر ساخت و مقادیر ضرایب مربوطه آن

زمان سفر	طولانی		متوسط		کوتاه	
راحتی سفر	زیاد	کم	زیاد	کم	زیاد	کم
مطلوبیت سفر	کم (w=0.3)	کم (w=0.1)	زیاد (w=0.7)	کم (w=0.4)	زیاد (w=1)	زیاد (w=0.6)



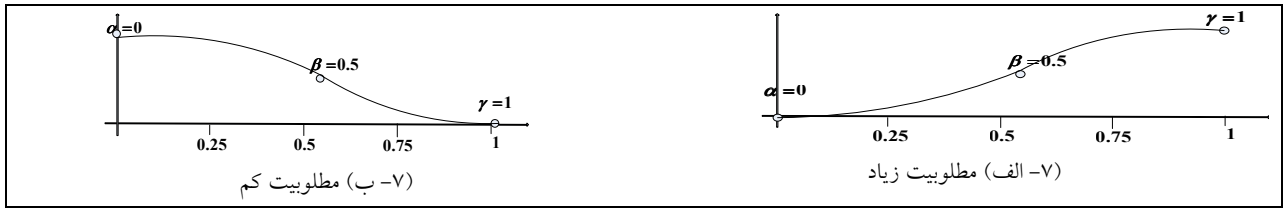
(۵- الف)مدت زمان طولانی (۵- ب)مدت زمان متوسط (۵- ج)مدت زمان کوتاه

شکل ۵. توابع عضویت مورد استفاده برای معیار مدت زمان سفر



(٦- الف) راحتی زیاد (٦- ب) راحتی کم

شکل ٦. توابع عضویت مورد استفاده برای معیار راحتی سفر



(۷- الف) مطلوبیت زیاد (۷- ب) مطلوبیت کم

شکل ۷ توابع عضویت مورد استفاده برای معیار مطلوبیت سفر

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٦. توابع عضویت مورد استفاده برای فازی سازی

تابع کم	تابع متوسط	تابع طولانی
$L(u;\alpha,\beta,\gamma)=[1-s(u;\alpha,\beta,\gamma)]$	$\prod(u;\beta,\gamma)=\begin{cases} s(u;\gamma-\beta,\gamma-\beta/2,\gamma) & \rightarrow u\le\gamma \\ 1-s(u;\gamma,\gamma+\beta/2,\gamma+\beta) & \rightarrow u\ge\gamma \end{cases}$	$s(u;\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases} 0 & \rightarrow u\le\alpha \\ 2\left[(u-\alpha)/(\gamma-\alpha)\right]^2 & \rightarrow \alpha<u\le\beta \\ 1-2\left[(u-\gamma)/(\gamma-\alpha)\right]^2 & \rightarrow \beta<u\le\gamma \\ 1 & \rightarrow u>\gamma \end{cases}$

روابط مربوط به توابع عضویت کوتاه، متوسط و طولانی مورد استفاده برای فازی سازی مقادیر در جدول ٦ دیده می‌شود.

پس از معرفی و تشریح مدل‌سازی سامانه، در بخش بعدی به بیان فناوری‌ها و سکوهای مورد استفاده برای پیاده‌سازی این سامانه پرداخته خواهد شد.

٤- پیاده‌سازی

در پیاده‌سازی چنین سامانه‌ای از زبان برنامه‌نویسی c#.Net برای طراحی و پیاده‌سازی WFS و WPS استفاده شد. همچنین از ESRI ArcObject برای انجام تبدیل‌های صورت گرفته SHP2GML ، GDB2GML و... و همچنین کار با جداول توصیفی مجموعه داده‌ها استفاده شد. از نسخه ۱.۰.۰ OGC WPS به عنوان استاندارد مطلوب برای پیاده‌سازی وب‌سرویس پردازش مکانی استفاده شده است. از IIS 7.0 به عنوان وب‌سرور و برای سمت کلاینت از فناوری‌های آژاکس و جاوا اسکریپت برای تعامل‌پذیری هرچه بیشتر کاربر و از ASP .Net برای طراحی صفحه وب استفاده شده است که نمونه اجرا شده این سامانه در شکل ۸ دیده می‌شود.

این سامانه از سه بخش تشکیل شده است:

بخش اول راهنمای کاربر است که در قسمت چپ صفحه قرار دارد و اطلاعات مربوط به انتخاب مبدأ و مقصد سفر، انتخاب مسیرهای مطلوب حاصله از اجرای الگوریتم، علایم به‌کار رفته برای ساخت‌های مختلف و زمان مسیر و عدد راحتی مسیر را در اختیار کاربر قرار می‌دهد، بخش دوم که در قسمت میانی صفحه قرار دارد امکان نمایش نقشه، مسیر، مبدأ و مقصد، نوع وسیله نقلیه، امکانات زوم، پن، نمایش tooltip ساخت‌ها، مبدأ و مقصد، دید پنجره‌ای از ناحیه مورد نظر، نمایش مختصات و نمایش انیمیشنی مسیر را فراهم می‌کند. بخش سوم نشان‌دهنده استانداردهای OGC است که در هر پرسش و پاسخ از سرور در اختیار کاربر قرار داده می‌شود.

٤-١- نمونه اجرا شده از سامانه

فرض کنید مسافری می‌خواهد از میدان هفت تیر به سمت پل سید خندان برود. این سامانه به او کمک می‌کند تا مسیر مطلوب را انتخاب نماید. عملکرد سیستم در رتبه‌بندی مسیرهای ارایه شده برای کاربر براساس معیارهای "مدت زمان سفر" و "راحتی سفر" به صورت زیر است:

مسیر اول: مدت زمان طی مسیر (۲۹/۸۵ و ۱۹/۹۸ و ۱۸/۳٤) و عدد راحتی به‌دست آمده از تابع راحتی ۰/۸۹.

مسیر دوم: مدت زمان طی مسیر (۳۰/۹۳ و ۱۸/۵۳ و۱۷/۲۹) و عدد راحتی به‌دست آمده از تابع راحتی ۰/۸٦.

در این مطالعه مقادیر ورودی مربوط به موضوع شرط "مدت زمان سفر" به شکل توابع مثلثی و مقادیر فازی هستند، بنابراین در این مورد مقادیر ورودی، حالت‌های شرط و فعالیت، فازی هستند. در چنین مواردی از مفهومی به نام معیار شباهت (SM۱۱) برای حل مسئله استفاده می‌شود. تاکنون توابع مختلفی برای شباهت ارایه شده است [Zwick, 1987]. ولی یکی از مهم‌ترین این توابع، تابع پیشنهادی توسط تورکسن و تیان است:

$$SM(A,A')=\mathrm{Min}(\mu_{A'}(x),\mu_{A}(x)) \qquad (۸)$$

با قرار دادن مقادیر فوق در توابع عضویت مختلف و استفاده از تابع اندازه‌گیری شباهت، مقادیر درجه عضویت برای توابع به صورتی که در جدول ۷ بیان شده، خواهد بود.

با به‌کار بردن عملگر ضرب جبری فازی برای هر یک از قواعد و سپس قرار دادن این مقادیر در تابع عضویت‌های مطلوبیت کم مسیر و مطلوبیت زیاد مسیر، برای قواعد مختلف، نتایج ثبت شده در جدول ۸ را خواهیم داشت.

با متوسط‌گیری وزن‌دار از موارد فوق عدد نهایی برای مسیر اول ۰/٦۳۱و برای مسیر دوم ۰/٦۱۵ خواهد بود. بنابراین مسیر اول را می‌توان به عنوان مسیر مطلوب مورد نظر برای رسیدن به مقصد مورد نظر انتخاب کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۸ . تصویر سامانه طراحی شده و مسیر گزارش شده

جدول ۷ . مقادیر درجه عضویت برای توابع مختلف فازی به‌کار گرفته در مسئله

شماره مسیر	مدت زمان طولانی	مدت زمان متوسط	مدت زمان کوتاه	راحتی مسیر کم	راحتی مسیر زیاد
مسیر اول	۰/۱۲۵	۰/۵۰۲	۰/۸۷۵	۰/۰۳	۰/۹۷
مسیر دوم	۰/۱۷۳	۰/۳۶۷	۰/۸۳۷	۰/۰۸	۰/۹۲

جدول ۸ . مقادیر درجه عضویت برای مطلوبیت مسیرهای ۱ و ۲

	قاعده ۱ (ک-ک)	قاعده ۲ (ک-ز)	قاعده ۳ (م-ک)	قاعده ٤ (م-ز)	قاعده ٥ (ط-ک)	قاعده ٦ (ط-ز)
درجه عضویت مطلوبیت مسیر ۱	۰/۰۳۹	۰/۸۸۱	۰/۹۹۱	۰/۳۷۷	۱	۰/۹۷۲
درجه عضویت مطلوبیت مسیر ۲	۰/۰۰۱	۰/۹۳٦	۱	۰/۲۵۹	۱	۰/۹٦٤
وزن قاعده	۰/٦	۱	۰.٤	۰/۷	۰/۱	۰/۳

جدول ۹ . نتایج حاصل از مطالعات میدانی

نوع مسیر	میزان آلودگی صوتی مسیر	مدت زمان کل طی مسیر	مدت زمان طی مسیر (با احتساب ترافیک مسیر، توقف برای مسافر و ...)	مدت زمان انتظار برای وسیله نقلیه
مسیر اول	کم	۲۵ دقیقه	۲۳ دقیقه	۲ دقیقه
مسیر دوم	زیاد	۲۷ دقیقه	۲۱ دقیقه	٦ دقیقه

www.SID.ir

٤-٢- ارزیابی نتایج

با توجه به اینکه این سامانه به منظور حل دو مشکل کلی توزیع‌یافتگی و ناهمگونی داده‌های حمل و نقل و همچنین وجود عدم قطعیت در سفرهای درون‌شهری طراحی و پیاده‌سازی شده است، بنابراین ارزیابی این سامانه نیز باید در هر دو بخش انجام شود. نتایج حاصل از طراحی و پیاده‌سازی و اتصال و زنجیره کردن وب‌سرویس‌های مکانی نشان می‌دهد که سامانه پیاده‌سازی شده عاری از هر گونه باگی است و این وب‌سرویس‌ها به خوبی داده‌ها را از پایگاه داده‌های مختلف جمع‌آوری می‌نمایند و تحلیل کوتاهترین مسیر در شبکه‌های چندساختی را انجام می‌دهند و در نهایت، نتایج لازم را برای نمایش به سمت کلاینت ارسال می‌کنند (همانند شکل ۸).

به منظور ارزیابی میزان صحت خروجی‌های حاصل از موتور استنتاج تسوکاموتو (مسیرهای ارایه شده) از روش مطالعات میدانی استفاده شد. در این روش فرد در یک شرایط آزمایشی و کنترل شده اقدام به انجام امور معمول زندگی روزمره و ثبت وقایع می‌کند. بنابراین در این تحقیق هر دو مسیر ذکر شده نمونه‌ای بالا، به ترتیب و در یک بازه زمانی مشخص از روز طی شد و اطلاعات به‌دست آمده از هر یک از مسیرها ثبت شد (جدول ۹).

نتایج حاصل از مطالعات میدانی، تأییدکننده نتایج به‌دست آمده از سیستم است و نشان می‌دهد که مسیر اول دارای شرایط بهتری نسبت به مسیر دوم است و می‌توان به عنوان مسیر مطلوب برای سفر از آن استفاده کرد.

٥- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

گسترش روزافزون شهرها، توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی و تنوع ایجاد شده برای طی مسیرهای درون‌شهری موجب شده است که مسافران گزینه‌های بیشتری برای طی مسیرهای درون‌شهری مابین مبدأ و مقصد حرکت خود داشته باشند. طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های هدایت مسافر برای سفرهای درون‌شهری موجب می‌شود که توانمندی‌ها و پتانسیل‌های موجود شبکه حمل و نقل عمومی و همچنین ارتباطات بین ساخت‌های موجود در شبکه به خوبی برای کاربر نمایش داده شود. این سامانه‌ها می‌توانند مسافران را براساس پارامترهای مختلف مدنظر همچون "مدت زمان سفر" و "راحتی سفر" راهنمایی کنند و مسیرهای مطلوب را روی نقشه در اختیار کاربران قرار دهند.

در این تحقیق با به‌کارگیری استانداردها، روش‌ها و مفاهیم مختلف، مشکلات ذکر شده در بخش مقدمه در مورد مسیریابی در شبکه‌های چندساختی توأم با عدم قطعیت رفع گردید: مشکل توزیع‌یافتگی و ناهمگونی داده‌ها با استفاده از استانداردهای ارایه شده از سوی سازمان OGC برطرف شد و همچنین مشکل مربوط به عدم قطعیت موجود در سفرهای درون شهری و تصمیم‌گیری در این شرایط با استفاده از تئوری گراف فازی و استفاده از جدول تصمیم‌گیری فازی و همچنین مدل استنتاج فازی تسوکاموتو رفع شد.

نتایج حاصل از تحقیق بیانگر این نکته است که مزایای بسیاری در استفاده از محیط‌های پردازشی توزیع‌یافته وجود دارد. با این حال مشکلات و مسایل بی‌شماری که ناشی از محدودیت‌های فنی و معماری طراحی است، موجب می‌شود که نتوان به‌خوبی از این محیط‌های پردازشی توزیع‌یافته استفاده کرد. WFS امکان دسترسی تعامل‌پذیر به داده‌های مکانی را فراهم می‌کند و این امر آشکار است که WFS برای کاربردهایی که نیازمند انتقال و انجام محاسبات بر روی حجم عظیمی از داده‌ها است، مناسب نیست؛ زیرا داده‌های WFS که به فرمت GML هستند نیازمند تبدیل و انتقال به وب‌سرویس پردازش است که هر یک از این تبدیلات روندی زمان‌بر دارند.

بنابراین پیشنهاد می‌شود که از پایگاه داده‌های XML مبنا برای ذخیره‌سازی داده‌های حمل و نقل استفاده شود تا روند زمان‌بر تبدیل داده‌ها حذف شده و فرآیند پرسش و پاسخ از سیستم سریع‌تر انجام پذیرد. با توجه به ارایه نکردن تابع، عملگر، مدل و ... یکسان و منحصر به فرد در تئوری فازی، استفاده از این نظریه برای مدل‌سازی مسائل و پدیده‌ها ساده نیست و نیاز به فهم و دریافت کامل و جامعی از مسئله و به‌خصوص تئوری فازی (توابع، عملگرها، مدل‌ها و ... معیارها و چرایی انتخاب گزینه مطلوب در میان این پارامترها) دارد. به‌طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که دقت نتایج حاصل از استفاده از منطق فازی به‌شدت به تجربه و مهارت فرد متخصص در زمینه فازی و مدل‌سازی آن وابسته است، بنابراین پژوهش‌های متعددی در این زمینه می‌تواند انجام شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

٦- پی‌نوشت‌ها

1. Service Oriented Architecture
2. Open Geospatial Consortium
3. Geography Markup Language
4. Web Feature Service
5. Web Mapping Service
6. Web Catalog Service
7. Web Processing Service
8. Decision Table
9. International standard Organization
10. Unified Modeling Language
11. Similarity Measure

٧- مراجع

- آمار اتحادیه تاکسیرانی کشور، صفحه اطلاعات آماری.
- آمار شرکت بهره بـرداری راه آهـن شـهری و حومـه تهـران، صفحه اطلاعات آماری.

HYPERLINK "http://tehranmetro.com/AboutUs.aspx?pid=9"

- سایت شهرداری تهران، صفحه درباره تهران.

http://www.tehran.ir

- 2007a, O. (2007) "Web Processing Service. Open GIS Standard,Version 1.0.0. Retrieved 06 05, 2010", from OGC, Website: http://opengeospatial.org
- 2010a, O. (n.d.) "FAQ-OGC's Global Organization", Retrieved 10 8, 2010, from OGC Website: http://www.opengeospatial.org/
- Alameh, N. (2003) "Chaining geographic information web services", Internet Computing , pp. 22-29.
- Androutsopoulos, K. N. and Zografos, K. G. (2009) "Solving the multi criteria time dependent routing and scheduling problem in a multimodal fixed scheduled network", European Journal of Operational Research, pp. 18-28.
- Bielli, M. (2006) "Object modeling and path computation for multimodal travel systems", European Journal of Operational Research , pp.1705-1730.
- Díaz, L. (2008) "Geospatial processing services for web-based hydrological applications", Geospatial Services and Applications for the Internet.
- Foerster, T. (2006) "Establishing an OGC web processing service for generalization processes", ICA workshop on Generalization and Multiple Representation.
- Grotenhuis, J. [et al.] (2007) "The desired quality of integrated multimodal travel information in public transport: Customer needs for time and effort savings", Transport Policy , pp.27-38.
- ISO/TC 211. (2003) "Retrieved from ISO 19119 Geographic Information/Geomatics": http://www.isotc211.org/protdoc/211n1540
- Kong, J. Y. (2005) "The shortest path problem with discrete fuzzy arc lengths", Computer and Mathematics with Applications, pp. 263-270.
- Lew, H.(1991) "Fuzzy decision tables for expert", Computers Math. Applic. Vol. 21 , pp.111-116.
- Lozano, A. (2001) "Shortest viable path algorithm in multimodal networks", Transportation Research Part A , pp. 225-241.
- Mamdani, E. and Assilian, S. (1974) "Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant", Proceedings of. IEE vol. 121 , pp. 1585-1588.
- Martins, E. and Pascoal, M. (2000) "A new implementation of Yen's ranking loopless paths algorithm", Coimbra, Portugal.
- Modesti, P. (1998) "A utility measure for finding multi objective shortest paths in urban multimodal transportation networks", European Journal of Operational Research, pp. 495-508.
- Newcomer, E. (2005) "Understanding SOA with Web Services", Mayland: USA, Addison Wesley,Inc.
- Oestereich, B. (2002) "Developing software with UML (Vol. I)", Bon: Addison-Wesley.
- Ross, T. (2006) "Fuzzy logic with engineering applications", Wiley Ltd , pp.151-162.
- Seda, M. (2004) "Fuzzy all-pairs shortest paths problem", Computers and Mathematics with Applications, pp. 395-404.

Archive of SID

www.SID.ir

- Stollberg, B. and Zipf, A. (2008) "Geoprocessing services for spatial decision support in the domain of housing market analyses experiences from applying the OGC web processing service interface in practice. 11th AGILE International Conference on Geographic Information Science. University of Girona, Spain.

- Stollberg, B. and Zipf, A. (2007) "OGC web processing service interface for web service orchestration aggregating geo-processing services in a bomb threat scenario", Springer, Heidelberg. LNSC 4857, pp. 239–251.

- Sugeno, M. and Kang, G. (1988) "Structure identification of fuzzy model", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 28 , pp.15-33.

- Sun, Z., Qionghua, W, Hirokazu, K. and Yoshitsugu, Hayashi (2007) "A user preferable k-shortest path algorithm for intermodal networks", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies , 7., pp.1902-1914.

- Tsukamoto, Y. (1979) "An approach to fuzzy reasoning method", Advances in fuzzy set theory and applications , pp.137-149.

- Wets, G. and Deleus, M. (2000) "Consulatition of fuzzy decision tables to allow flexible decision making", Leuven, Belgium: Leuven University.

- Zwick, R. (1987) "Measures of similarity among fuzzy concepts: A comparative analysis, approximate reasoning", pp. 221-242.

Archive of SID

www.SID.ir