Archive of SID

نشریه علمی– پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و محیط زیست)
Amirkabir Journal of Science & Research (Civil & Environmental Engineering)
(AJSR - CEE)

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دوره چهل و هفت، شماره ۱، تابستان ۱۳۹٤، صفحه ۱۳ تا ۲۵
Vol. 47, No. 1, Summer 2015, pp. 13- 25

# یافتن کوتاه‌ترین مسیر فازی با تلفیق داده‌های گذشته و لحظه‌ای ترافیک

**احید نعیمی[۱]، محمد سعدی مسگری[۲*]، حمید مطیعیان[۱]**

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران
۲- دانشیار، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران

**(دریافت ۱۳۹۰/۱۰/۱۱، پذیرش ۱۳۹۲/۷/۲۷)**

## چکیده

**مسیریابی فقط بر اساس داده های ترافیک گذشته همواره نتیجه بخش نیست. چون به دلیل وقوع تصادفات، تعمیرات خیابان ها و غیره ، گاهی تغییرات شدیدی در حجم ترافیک خیابان ها پیش می آید. از سویی دیگر مسیریابی فقط بر اساس داده های لحظه ای ترافیک مناسب نیست، زیرا در مورد یال های نزدیک می توان به داده های لحظه ای اعتماد نمود، ولی در مورد یال های دورتر داده های لحظه ای اعتبار خود را به تدریج از دست می دهند، چون تا به آنها برسیم وضعیت ترافیک تغییر کرده است. هدف این تحقیق ارائه روشی جدید برای مسیریابی بر اساس ترکیب فازی داده های گذشته و لحظه ای است. در این روش، مبنای مسیریابی در حالت عادی داده های گذشته است. در صورت وقوع حادثه ای خاص در یکی از یال های شبکه، در فاصله ای مناسب و قبل از رسیدن به محدوده حادثه، با توجه به محل وقوع حادثه مجدداً مسیریابی انجام می شود. وزنی که به یال های شبکه اختصاص می یابد بر اساس ترکیبی فازی از داده های گذشته و لحظه ای محاسبه می شود و از یک مدل استنتاج فازی برای محاسبه وزن های اختصاصی به داده های لحظه ای و گذشته استفاده میذ گردد. این وزن ها متغیر بوده و تابع فاصله یال موردنظر از محل فعلی خودرو در لحظه تصمیم گیری هستند. نتایج نشان می دهند که روش پیشنهادی ترکیب داده های لحظه ای با داده های گذشته باعث می‌شود در صورت بروز حادثه، مسیر تعیین شده نه تنها از موقعیت یال حادثه دیده بلکه از یال‌های منتهی به آن نیز دور شود.**

## کلمات کلیدی

**کوتاه‌ترین مسیر، فازی، ترافیک، داده های تاریخی، داده های لحظه ای، مسیریابی پویا.**

* نویسنده مسئول و عهده دار مکاتبات Email: mesgari@kntu.ac.ir



www.SID.ir

Archive of SID



## ۱- مقدمه

افزایش حجم ترافیک با گسترش سریع شهرها و افزایش وسایل نقلیه موتوری به‌عنوان یک مشکل عمده در جهان محسوب می‌شود. بعنوان مثال سالانه بیش از ۲ میلیارد ساعت وقت شهروندان و روزانه ۱۲ میلیون لیتر بنزین در ترافیک شهر تهران هدر می‌رود و همینطور پیامدهای مخرب آلودگی هوا بر سلامت جسم و روان شهروندان از واقعیت‌هایی است که بدنبال دارد [1]. متاسفانه، به دلیل محدودیت فضای زندگی، دوره‌های ساخت طولانی و هزینه‌های بالا، نمی‌توان مشکل ترافیک را با ساخت راه‌های بیشتر و عریض کردن خیابان‌های موجود حل نمود [17] . اگر سامانه ای بوجود آید که جریان ترافیک را پایش نماید و با داشتن اطلاعات ترافیکی کوتاه‌ترین مسیر را محاسبه کرده و رانندگان را در رسیدن به مقصد هدایت کند، می‌توان علاوه بر صرفه‌جویی در وقت، از ایجاد ترافیک سنگین و هدر رفت سوخت تا حدی جلوگیری کرد.

یکی از زمینه‌های مورد مطالعه در حمل‌ونقل، یافتن کوتاه‌ترین مسیر است. در بسیاری از مسائل حمل و نقل، مسئله کوتاه‌ترین مسیر با روش‌های مختلفی حل می‌شود. این روشها شامل هر دو نوع کلاسیک یعنی تعیین کوتاه‌ترین مسیر (با اندازه‌گیری‌های مختلف، از قبیل طول، هزینه و غیره) بین مبدا و مقصد در یک محدوده مشخص و همچنین نوع غیر استاندارد یعنی محاسبه کوتاه‌ترین مسیر با شرایط یا روی گراف‌هایی با ساختار خاص است[23].

در شبکه های حمل و نقل شهری وسیع در شهر های بزرگ، نمی‌توان فقط بر اساس داده های لحظه ای مسیریابی نمود، چون اطلاعاتی که در مورد ترافیک یال های دورتر داریم مربوط به لحظه حاضر بوده و تا زمان رسیدن خودرو به آن یال ها قطعاً حجم ترافیک تغییراتی را در بر خواهد داشت. از سویی دیگر، در بسیاری از کشورها داده های ترافیکی مربوط به یال های شبکه حمل و نقل شهری به منظور مدلسازی و پیشبینی ترافیک و مسیریابی در آینده جمع آوری و ذخیره می گردند. با اینحال، نمی توان فقط بر اساس داده های گذشته نیز مسیریابی نمود، چون ممکن است به دلایل مختلفی همچون بارندگی، تصادفات و غیره، حجم ترافیک برآورد شده برای یال ها از داده های گذشته با واقعیت لحظه ای موجود بسیار متفاوت باشد. بنابراین انگیزه ای برای تحقیق به وجود می آید که چگونه از هردوی داده های گذشته و لحظه ای مربوط به یال های شبکه در مسیریابی استفاده شود.

بر اساس مطالب فوق، استفاده از هرکدام از داده های لحظه ای و گذشته با عدم قطعیت همراه می باشد. در این رابطه، به نظر می رسد که برای مدلسازی این عدم قطعیت بتوان به خوبی از تئوری فازی استفاده نمود.

در این مقاله سعی بر آن است که مدل متفاوتی ارائه دهیم تا با تلفیق داده‌های گذشته و داده‌های لحظه‌ای قابلیت اعتماد مسیریابی را بهبود بخشد. بدین طریق می‌توان بر رفتارهای ترافیکی نامشخص بیشتر رانندگان که بر اساس تجربه است نه شرایط لحظه‌ای ترافیک، غلبه کرد و تاثیر نوسان جریان ترافیک به علت افزایش حجم ترافیک و تصادفات در مجاورت یال‌ها را مورد بررسی قرار داد. لذا ابتدا مسئله مسیریابی به صورت زمانمند بررسی می‌شود که از داده‌های روزانه سال گذشته استفاده شده است. سپس با نسبت دادن عدد فازی مثلثی به هر یال و با ترکیب این داده‌ها با داده‌های لحظه‌ای بصورت فازی، مسیریابی انجام شده و کوتاه‌ترین مسیر بدست می‌آید.

ساختار مقاله به گونه‌ای است که در فصل دوم تحقیقات قبلی مرتبط مورد بررسی قرار می گیرند. در فصل سوم، در مورد پیش بینی ترافیک و روش مورد استفاده در این مقاله توضیحاتی داده می‌شود، در فصل چهارم به بررسی مسئله مسیریابی فازی و استفاده از روش برش آلفا[1] برای مقایسه دو عدد فازی می‌پردازیم. در فصل پنجم، ابتدا در مورد آماده‌سازی داده‌ها و کوتاه‌ترین مسیر با داده‌های گذشته توضیحاتی داده شده است. سپس به بررسی ترکیب داده‌ها به صورت فازی و بدست آوردن مسیر بهینه با بهبود الگوریتم دایجکسترا پرداخته می‌شود و در پایان نتایج بدست آمده ارائه می‌شود. در فصل آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات بیان می‌شود.

## ۲- مرور و بررسی کارهای دیگران

Hashemzadeh, 2006در مقاله خود از شبکه عصبی پس انتشار برای یافتن مسیر بهینه استفاده کرد. او در این روش تمامی شرایط ممکن در طول مسیر مانند علائم راهنمایی و رانندگی و یال‌های دارای سیستم مخابره وضعیت ترافیکی را در نظر گرفت. سپس برای کلیه جفت گره ها کوتاه‌ترین مسیر را محاسبه کرده و با معرفی بردار ورودی شامل مبدا، مقصد و یال‌هایی که سیستم مخابره وضعیت ترافیکی دارند به عنوان ورودی شبکه عصبی و همچنین بردار خروجی شامل یال های عبوری از مبدا تا مقصد برای کلیه گره ها، شبکه عصبی را آموزش داد. با این روش شبکه عصبی بهنگام پاسخ دادن به مسئله با سرعت بالایی کار می‌کند و در سیستم‌های هدایت اتومبیل که نیاز به جواب بلادرنگ دارند مفید خواهد بود. اما به دلیل اینکه بردارهای ورودی و خروجی شامل اعداد بایپولار



www.SID.ir

Archive of SID



(مقادیر ۱ و ۱- ) است نمی‌توان شرایط ترافیکی را به درستی لحاظ کرد فقط می‌توان گفت که خیابانی دارای ازدحام ترافیک است (مقدار ۱) یا خیر (مقدار ۱-) ولی میزان این ترافیک مشخص نیست تا بتوان تاثیر آن را در کندی حرکت خودروها بررسی کرد. همینطور نمی‌توان تاثیر تصادفات اتفاق افتاده در طول مسیر را برای خودرویی که فاصله زمانی زیادی دارد تا به محل تصادف برسد لحاظ کرد [4].

اغلب در مسائل ترافیکی به دلیل اینکه علاوه بر تعداد خودروهای موجود در یک مسیر عوامل دیگری مانند رفتار رانندگان، شرایط آب و هوایی و غیره در ترافیک تاثیرگذار است، شرایط ترافیکی دائما تغییر می‌کند و بنابراین نمی‌توان زمان قطعی برای رسیدن به مقصد را تعیین کرد. منطق فازی پاسخگوی اینگونه مسائل است و با روابط فازی می‌توان این عدم قطعیت را مدل کرد. همینطور ازدحام موجود در خیابان که در کار Hashemzadeh, 2006 مطرح شد، اگر بصورت فازی بیان شود می‌تواند با نسبت دادن درجه عضویت در خیابان‌هایی که سیستم مخابره وضعیت ترافیکی دارند، شرایط ترافیکی را بهتر مدل کند.

Keshavarz et al, 2009 در مقاله خود مسئله کوتاه‌ترین مسیر را در شبکه‌ای که طول قوس (هزینه) مقدار قطعی ندارد بررسی کردند. آنها وزن مسئله کوتاه‌ترین مسیر را فاصله فازی با تابع عضویت افزاینده در نظر گرفتند و با تبدیل آن به مسئله دوسطحی[۲] کوتاه‌ترین مسیر را محاسبه کردند. در این صورت مسئله از حالت فازی به کریسپ تبدیل شده و مقایسه بین اعداد کریسپ انجام می‌گیرد [5]. آنها از طول به‌عنوان وزن یال‌ها استفاده کردند که نمی‌تواند زمان رسیدن به مقصد را بیان کند. امروزه مسئله ترافیک و هدر رفت سوخت در راهبندان‌های ناشی از آن سبب شده تا به مسئله سریع‌ترین زمان برای رسیدن به مقصد توجه بیشتری شود. لذا استفاده از زمان سفر در هر یال باعث می‌شود تا علاوه بر رسیدن به موقع به مقصد از ایجاد ترافیک در یک مسیر جلوگیری شده و حجم عظیم ترافیک بین خیابان‌های شهر تقسیم شود.

Fábio Hernandes, et al, 2007 در مقاله خود از اعداد فازی مثلثی در حل مسئله کوتاه‌ترین مسیر استفاده کردند. آنها الگوریتمی پیشنهاد دادند که بر اساس الگوریتم بلمن-مور-فورد[۳] است که برای گراف‌هایی با وزن منفی بکار می‌رود و می‌تواند دورهای منفی موجود را پیدا کند. همچنین از شاخص رتبه‌بندی[۴] استفاده کردند که الگوریتم می‌توانست چند مسیر را به‌عنوان مسیر بهینه معرفی کند تا کاربران از بین مسیرهای پیشنهادی موجود یکی را انتخاب نمایند[6] . الگوریتم پیشنهادی آنها تمام مسیرهای موجود بین جفت گره ها را بدست آورده و به عنوان خروجی نمایش می‌دهد. اما از آنجایی که زمان محاسبه همه مسیرها بین همه جفت گره‌ها طولانی است و در مسیریابی پویا نیاز به جواب بلادرنگ داریم نمی‌توان از این الگوریتم استفاده کرد.

Ramazani, et al, 2010 روشی برای حل مسئله کوتاه‌ترین مسیر در شرایطی که زمان سفر مربوط به هر یال به صورت فازی است، پیشنهاد دادند. آنها با نسبت دادن عدد فازی مثلثی به هر یال و مقایسه به روش Dubois and Prade و استفاده از الگوریتم دایجکسترا کوتاه‌ترین مسیر را محاسبه کردند. در پایان، حجم ترافیک را در دو حالت با در نظر گرفتن کوتاه‌ترین مسیر فازی و بدون در نظر گرفتن آن سنجیدند. نتایج نشان داد که استفاده از کوتاه‌ترین مسیر فازی دقت بیشتری دارد. با این وجود مسیر محاسبه شده حالت پویا ندارد و در صورتی که تصادفی در طول مسیر اتفاق افتد و بخواهیم از این سامانه استفاده کنیم، در ترافیک ناشی از حادثه گرفتار می‌شویم [7].

## ۳- پیش‌بینی ترافیک

مهم‌ترین شکل پیش بینی زمان سفر، بر اساس روش‌هایی است که می‌تواند یک معیار مانند مسافت، زمان، هزینه و غیره را در نظر بگیرد تا شرایط ترافیکی و توازن در بازه‌های زمانی و مکانی مورد نیاز را نمایش دهد. به هر حال، وقوع تصادفات، ساختان‌سازی، تعمیر و اصلاح روکش خیابان و هر گونه اتفاق غیرمنتظره باعث می‌شوند که اهمیت داده‌های گذشته و میزان درستی آنها در پیش بینی زمان سفر کاهش یابد. این داده‌ها ممکن است سیستم را به اشتباه بیاندازند و به غلط رانندگان را راهنمایی کنند و در نتیجه صحت پیش‌بینی زمان سفر کاهش می‌یابد [17].

برای مثال، ما می‌دانیم که یک خیابان به طور معمول بین ساعت ۱۰:۰۰ صبح تا ۱۲:۰۰ ظهر دارای شرایط ترافیکی مناسبی است. اما یک روز، تصادفی اتفاق می‌افتد و تمام مسیرهای متنهی به این خیابان مسدود می‌شود. اگر در این زمان ما بخواهیم زمان سفر را فقط بر اساس داده‌های گذشته و بدون توجه به تصادف پیش بینی کنیم، زمان محاسبه شده کوتاه‌تر از زمان واقعی سفر از این خیابان خواهد بود و سیستم، مسیری را برای رانندگان انتخاب خواهد کرد که زمان سفر را افزایش می



www.SID.ir

Archive of SID



دهد.

روش های پیش بینی ترافیک را به چهار روش پایه تقسیم می‌کنند: رگرسیون پارامتریک، رگرسیون غیر پارامتریک، شبکه‌های عصبی و روش‌های دانش مبنا و ابتکاری. از روش‌های رگرسیون پارامتریک می‌توان به مدل[5] ARIMA، از روش‌های رگرسیون غیر پارامتریک می‌توان به[6] K-NN و از روش‌های ابتکاری می‌توان به استفاده از جریان ترافیک روزهای قبل یعنی داده‌های گذشته برای جریان ترافیک ساعات آینده اشاره نمود [8].در سال ۲۰۱۰ پنگ کینگل[7] و لیو زین‌یان[8] و ژانگ مین[9] از شبکه عصبی پیشخور برای پیش بینی ترافیک استفاده کردند [9].

در این مقاله از یک روش ابتکاری برای پیش بینی ترافیک و زمان عبور از هر یال استفاده شده است. داده‌های گذشته به داده‌های ماهیانه، روزانه و ساعتی تقسیم می‌شوند که با در نظر گرفتن روزهای هفته و تعطیلات می‌توان ۸ گروه با تاثیرات مشابه ترافیکی با حذف اختلالات مانند تاثیر بارندگی، تصادفات، ریختن بخشی از راه و غیره که موجب تغییر مقطعی روند ترافیک می‌شوند در نظر گرفت. لذا با این داده‌ها جریان ترافیک برای کل طول مسیر از مبدا تا مقصد پیش بینی شده و از طریق تلفیق با داده‌های لحظه‌ای که بیانگر نویزهای موجود است، مسیر بهینه بدست می‌آید. در ادامه به بررسی ترکیب داده‌ها و روند مسیریابی می‌پردازیم.

## ۴- مسیریابی فازی

### ۴-۱- تعاریف و مفاهیم

به طور کلی دو نوع عدم قطعیت وجود دارد. نوع اول عدم قطعیت ناشی از دقت در مشاهدات و اندازه‌گیری ها و یا حوادث پیش‌بینی نشده (بعنوان مثال تصادفات و یا شرایط آب و هوایی) و یا نوسانات تقاضا باشد. نوع دوم با ادراک و آگاهی انسان در ارتباط است. با توجه به کار زاده [11] [10] ، نظریه احتمال برای عدم قطعیت در اندازه‌گیری بسیار مناسب است؛ با این حال برای عدم قطعیت همراه با ادارک انسان زیاد کارآمد نیست. از آنجایی که مسیریابی و پیش بینی میزان ترافیک در مسیرها به رفتار رانندگان در طول مسیر وابسته است پس با ادراک انسانی سروکار داریم که در این حالت تئوری فازی مطرح می‌شود.

اگرچه بسیاری از محققان تلاش کردند تا عدم قطعیت زمان سفر را با مفاهیم فازی نشان دهند اما روند خاصی برای ساخت و تعریف تابع عضویت در مدل‌های ارزیابی ترافیک فازی بکار برده نشده است[12] .

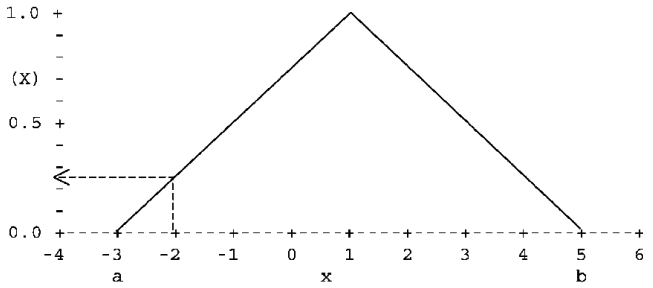
در این تحقیق، بطور کلی برای مسیریابی از یال‌هایی با تابع عضویت فازی استفاده شده است. مرکز تابع عضویت نشان‌دهنده زمان رایج سفر از یک لینک است. حد راست بیشترین زمان سفر در یال و حد چپ کمترین زمان سفر در یال است که حد راست همان مقدار سمت راست عدد فازی مثلثی و حد چپ مقدار سمت چپ عدد فازی مثلثی است که در ادامه تعریف می‌شود.

عدد فازی عددی است که مقدار آن برای ما تا حدودی نامشخص است. تابع مربوط به عدد فازی، تابع عضویت نامیده می‌شود که مثالی از آن در شکل (۱) قابل مشاهده است. اعداد فازی می‌توانند تقریباً هر شکلی داشته باشند (هر چند مرسوم است که محدب باشند و ناحیه محدود داشته باشند)، اما اغلب آنها مثلثی (قطعه‌های خطی)، s-shape (قطعه‌های مربعی) یا نرمال (زنگوله شکل) هستند. اعداد فازی همچنین ممکن است ذوزنقه‌ای، با یک فاصله با عضویت ۱ باشند [13].

**تعریف۱؛** عدد فازی مثلثی با $\tilde{a}=(m,\alpha,\beta)$ با تابع عضویت $\mu_{\tilde{a}}(x)$ نمایش داده می‌شود، که با رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$\mu(x)=\begin{cases}0 & if \quad x\le m-\alpha\\ \dfrac{x-(m-\alpha)}{\alpha} & if \quad m-\alpha<x<m\\ \dfrac{(m+\beta)-x}{\beta} & if \quad m<x<m+\beta\\ 1 & if \quad x\ge m+\beta\end{cases} \qquad (۱)$$

که در آن m مرکز، $\alpha$ بخش چپ و $\beta$ بخش راست عدد فازی مثلثی است [6].




**شکل (۱): عدد فازی مثلثی**

**تعریف۲؛ جمع دو عدد فازی مثلثی:** اگر در نظر بگیریم $\tilde{a}=(a_l,a_m,a_r)$ و $\tilde{b}=(b_l,b_m,b_r)$ دو عدد فازی مثلثی باشند. پس بر اساس اصل گسترش جمع $\tilde{a}+\tilde{b}$ با رابطه (۲) تعریف می‌شود [14] [15]:

$$\tilde{a}+\tilde{b}=(a_l+b_l,a_m+b_m,a_r+b_r) \qquad (۲)$$

$\tilde{a}+\tilde{b}$ نیز مانند $\tilde{a}$ و $\tilde{b}$ یک عدد فازی مثلثی است و

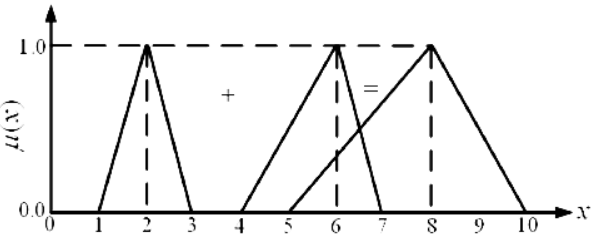


www.SID.ir

Archive of SID



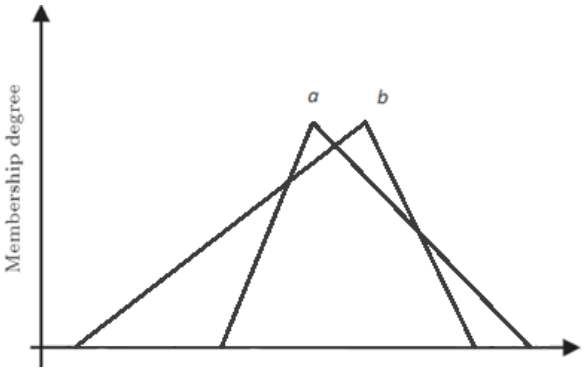
گسترش یافته به چپ (راست) با جمع $\tilde{a}$ و $\tilde{b}$. بنابراین عدم اطمینان در جمع دو عدد فازی مثلثی بیشتر می‌شود. مثالی از جمع دو عدد فازی در شکل (۲) نشان داده شده است.




**شکل (۲): جمع دو عدد فازی مثلثی**[16]

### ۴-۲- مقایسه دوعدد فازی مثلثی

برخلاف اعداد حقیقی در R که می‌توانند به صورت خطی به وسیله $\leq$ مرتب شوند، اعداد فازی نمی‌توانند به صورت خطی مرتب شوند. روش‌های زیادی برای رتبه بندی اعداد فازی ارائه شده است، که هر کدام از این روش‌ها می‌تواند برای وضعیت‌های مشخصی خوب و برای سایر وضعیت‌ها نامناسب باشد [2]. در این مقاله از روش مبتنی بر برش $\alpha$ استفاده شده است. دو عدد فازی مثلثی $\tilde{a}=(a_l,a_m,a_r)$ و $\tilde{b}=(b_l,b_m,b_r)$ را در نظر بگیرید. اگر برای همه $\alpha\in(c,1]$، داشته باشیم $a_\alpha^+\leq b_\alpha^+$، در آن صورت می گوییم $a\leq b$ . در اینجا، c ثابتی است که معمولا از ۰/۵ بزرگتر است. واضح است که این روش بر روی، اعداد فازی با مقادیر تعلق بزرگتر تاکید دارد. مطابق این روش در شکل (۳)، برای a و b وضعیت $a\leq b$ را خواهیم داشت.




**شکل ۴(۳): رتبه‌بندی اعداد فازی یک مساله بد رفتار تلقی می‌شود**

### ۴-۳- مسئله کوتاه‌ترین مسیر فازی

کوتاه‌ترین مسیر فازی اولین بار توسط Dubois و Prade معرفی شد. بطور کلی، فازی بودن می‌تواند در انواع شبکه‌ها معرفی شود، یعنی برای گنجایش یال‌ها، وزن یال‌ها یا محدودیت در گره‌ها. در دنیای واقعی، بر اثر برخی رویدادهای غیرمنتظره، ممکن است وزن یال‌ها در شبکه تغییر نماید. از این رو، در بیشتر مواقع، وزن تنها می‌تواند در یک بازه‌ی معین تخمین زده شود. در نتیجه، بسیار دشوار است که وزن یال‌ها را بطور دقیق برای انتخاب مسیر نشان دهیم. در چنین شرایطی، به نظر می‌رسد که رویکرد فازی برای حل مسئله کوتاه‌ترین مسیر، انطباق بیشتری با واقعیت داشته باشد [18] .

مسئله کوتاه‌ترین مسیر فازی در دو حالت قابل بحث است [19]. در حالت اول وزن هر یال به عنوان یک عدد فازی به تصویر کشیده شده است، در حالت دوم طول مسیر از مبدا تا مقصد بعنوان یک عدد فازی در نظر گرفته می‌شود. Dubois و Prade مسئله اول را بررسی کردند و با استفاده از جمع فازی با الگوریتم‌های فلوید-وارشال و فورد این مسئله را حل کردند [20]. اشکال عمده در روش اجرای آنها این است که کوتاه‌ترین مسیر را می‌توان یافت، اما ممکن است کوتاه‌ترین مسیر با آن طول وجود نداشته باشد. زیرا برای مقایسه دو عدد فازی از ماکزیمم و مینیمم فازی استفاده کردند که ممکن است عددی حاصل کند که هیچ یک از اعداد فازی مقایسه شده نباشد[21] [19] . به هر حال این مشکل با مدل چند هدفه‌ای که بر اساس کوتاه‌ترین مسیر فازی به وسیله Klein ارائه شد برطرف شد [19].

در این مقاله از حالت اول یعنی وقتی وزن هر یال عددی فازی است استفاده شده است. در الگوریتم فلوید-وارشال وزن یال‌ها ثابت است و یکبار برای کلیه گره ها کوتاه‌ترین مسیر محاسبه می‌گردد. این الگورتیم برای شبکه‌های استاتیک مناسب بوده چون با یکبار اجرای الگوربتم کوتاه‌ترین مسیر بین همه گره ها در شبکه محاسبه می‌گردد. در این مقاله وزن یال‌ها در هر گره بر اساس زمان و ترکیب با داده‌های لحظه‌ای محاسبه می‌شود. پس نیاز است تا در هر گره با توجه به وزن جدید، کوتاه‌ترین مسیر محاسبه شود. ضمناً برای هر گره به دو برچسب طول یال و زمان نیاز داریم، که برای پیش‌بینی جریان ترافیک و ترکیب داده‌ها در روند مسیریابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به این دو امر، الگوریتم دایجکسترا را بهبود دادیم و همچنین از مدل DSN[۱۰] برای اینکه وزن یال‌ها تابعی از زمان است، استفاده کردیم. مدل DSN از تابع زمانی برای وزن یال‌ها استفاده می‌کند و به صورت زیر است:

گراف $G=(V,E,\gamma,\langle k\rangle,W(t))$ به‌صورت بدون مقیاس است که در آن $V=\{1,2,...,n\}$ بیان‌کننده گره‌های شبکه؛ $E=\{(i,j)\,|\,i,j\in V\}$ شامل m لینک غیر مستقیم؛ $\gamma$ قدرت قانون توزیع درجه شبکه؛ $\langle k\rangle$ متوسط درجه شبکه؛ و $W(t)=\{w_{ij}(t)\in[w_{ij,\min},w_{ij,\max}]\,|\,(i,j)\in E\}$ تابع وزن



www.SID.ir

Archive of SID



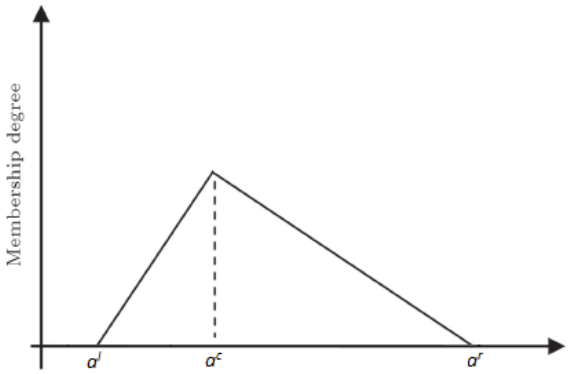
توزیع احتمالی $\varphi_{ij}(w_{ij},t)$ برای $w_{ij}(t)$؛ و t نشان دهنده زمان ارزیابی شبکه می‌باشد. بنابراین $w_{ij}(t)$ بعنوان ارزش زمانی بین یال $(i,j)$ در نظر گرفته می‌شود [22]. وزن یا همان زمان عزیمت از گره i به j به صورت رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$\overline{w}_{ij}(t)=\int_{w_{ij,\min}}^{w_{ij,\max}} w_{ij}\varphi_{ij}(w_{ij},t)dw_{ij} \qquad (۳)$$

کوتاه‌ترین مسیر $P_{opt}(t_0)$ با رابطه(۴) بدست می‌آید:

$$P_{opt}(t_0)=\arg\min\left(\sum_{(i,j)\in P(t_0)}\overline{w}_{ij}(t_i)\right) \qquad (۴)$$

که $P_{opt}(t_0)$ کوتاه‌ترین مسیر را از مبدا در زمان $t_0$ تا رسیدن به مقصد بیان می‌کند. حال برای کوتاه‌ترین مسیر فازی تابع عضویتی مانند شکل (۴) داریم که مقادیر راست و چپ و مرکز تابع عضویت مثلثی تابعی وابسته به زمان است. برای محاسبه طول مسیر از جمع فازی استفاده می‌کنیم.




**شکل (۴): تابع عضویت مثلثی**

$$\tilde{a}=(a^l=y[(1-\alpha_l)t],a^c=y(t),a^r=y[(1+\alpha_r)t])$$

کوتاه‌ترین مسیر برای مبدا S و مقصد D با تابع عضویت شکل (۴) با رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$\tilde{R}_{S-D}=\min\left(\sum_{i\in S-D}y_i[(1-\alpha_l)t_i],\sum_{i\in S-D}y_i(t_i),\sum_{i\in S-D}y_i[(1-\alpha_r)t_i]\right) \qquad (۵)$$

در اینجا $\tilde{R}_{S-D}$ کوتاه‌ترین مسیر از S به D، $y_i[t_i]$ تابع زمان سفر از هر یال، $t_i$ زمان سفر از هر یال و $\alpha_l$ و $\alpha_r$ به ترتیب کمترین و بیشترین ضریب زمانی عبور از یال است.

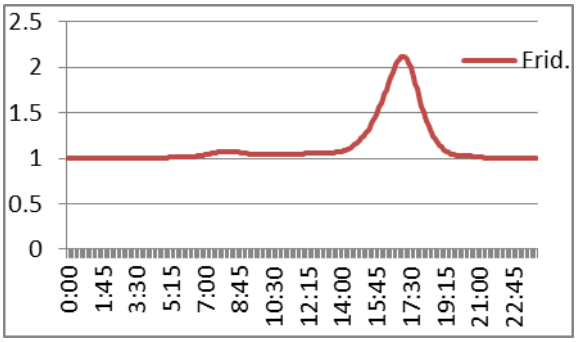
برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر از همین روش استفاده شده است با این تفاوت که در اینجا بجای تابع وزن تعریف شده از جداول زمانی که بیان کننده وزن مسیر در زمان‌های مختلف است استفاده می‌شود. در بخش آماده سازی داده‌ها در رابطه با این جداول توضیح داده شده است.

## ۵- یافتن مسیر بهینه با داده‌های گذشته و لحظه‌ای ترافیک

در این بخش با ترکیب داده‌های گذشته و لحظه‌ای ترافیک به صورت فازی وزن یال‌ها محاسبه شده و با استفاده از الگوریتم پیشنهادی مسیریابی انجام می‌گیرد. . برای اجرای روش پیشنهادی برای مسیریابی، برنامه نویسی تحت وب با زبان سیلورلایت انجام گرفته و داده‌ها و نقشه لازم شهر از OpenStreetMap گرفته شده است.

### ۵-۱- آماده سازی داده‌ها

اگر یک شهر را در نظر بگیریم با وجود ۱۸۰۰۰ خیابان، بزرگراه و معابر مختلف که هر کدام از آنها دارای داده‌های ترافیکی در طول یک سال باشند؛ با حجم عظیمی از داده‌ها سروکار داریم و برای نگه‌داری آنها فضای زیادی لازم است. با بررسی داده‌های موجود و ترسیم نمودار ساعتی مشاهده می‌شود که داده‌های تکراری در طول سال زیاد است. لذا با بررسی‌های انجام شده ۹۷ نمودار ساعتی (Profile) برای کل یال‌ها بدست آمد. این ۹۷ نمودار دارای اطلاعات ۲۴ ساعتی مسیرها هستند. شکل (۵) یکی از این نمودارها را نشان می‌دهد.




**شکل (۵): نمودار ساعتی زمان سفر برای یکی از یال‌هاست**

برای استخراج داده‌ها از سه جدول استفاده شد: جدول ۵-۱ شامل یک ستون برای ID منحصر به فرد هر یال و هفت ستون برای هفت روز هفته که در آنها اعدادی از ۱ تا ۹۷ بیانگر شماره نمودارهای ساعتی (ProfileID) هستند. این نمودارها مانند آنچه در شکل (۵) آمده است و در جدول ۵-۲ تشریح شده اند. حضور عدد ۱- در جدول ۵-۱ برای هر کدام از یال ها (OID ها) بیانگر این است که آن یال از نمودار ساعتی خاصی پیروی نمی کند و ترافیک آن همواره کم بوده و تابع جریان آزاد ترافیک یال است، که این جریان آزاد ترافیک برای تمامی یال ها در جدول ۵-۳ آورده شده است. به عبارتی دیگر، در این یال‌ها داده‌های ترافیکی موجود نیست و جزء مسیرهایی محسوب می‌شود که تردد در آنها کم است.



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۵-۱: شامل شماره یال‌ها و عدد پروفایل مربوط به هر یال در جدول ۵-۲**

| OID | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱ | ۷ | ۳۲ | ۳۲ | ۵۶ | ۴ | ۲ |
| ۲ | ۳ | ۸ | ۴۳ | ۷۸ | ۹۰ | ۷۷ | ۶۳ |
| ۳ | ۹ | ۵۰ | ۳۴ | ۸۲ | ۸۲ | ۶۵ | ۶ |
| ۴ | -۱ | -۱ | -۱ | -۱ | -۱ | -۱ | ۱- |
| ۵ | ۳ | ۲۱ | ۴۸ | ۷۳ | ۳۲ | ۹ | ۷ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

**جدول ۵-۲: شامل داده‌های ساعتی با فاصله زمانی ۵ دقیقه که با جدول ۵-۱ در ارتباط است**

| ProfileID | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۴:۳۰ | ۰/۸۵,۱,۱/۰۸ | ۱,۱/۰۰۲۰۰۴ ,۱/۰۴ | ۰/۸۴,۱/۰۰۱۰۰۱ ,۱/۰۵ | ۰/۷۶,۱/۰۰۱۰۰۱ ,۱/۰۷ | ۱,۱/۰۰۲۰۰۴ ,۱/۰۴ | ۱,۱/۰۰۱۰۰۱ ,۱/۰۸ | ۰/۸۸,۱/۰۰۲۰۰۴ ,۱/۰۲ |
| ۴:۳۵ | ۰/۸۵,۱,۱/۰۸ | ۱,۱/۰۰۴۰۱۶ ,۱/۰۷ | ۰/۸۷,۱/۰۰۳۰۰۹ ,۱/۰۴ | ۱,۱/۰۰۲۰۰۴ ,۱/۰۶ | ۰/۷۴,۱/۰۰۳۰۰۹ ,۱/۰۴ | ۱,۱/۰۰۳۰۰۹ ,۱/۰۵ | ۱,۱/۰۰۳۰۰۹ ,۱/۰۶ |
| ۴:۴۰ | ۰/۸۵,۱,۱/۰۸ | ۱,۱/۰۰۵۰۲۵ ,۱/۰۵ | ۱,۱/۰۰۴۰۱۶ ,۱/۰۵ | ۱,۱/۰۰۳۰۰۹ ,۱/۰۷ | ۰/۸۱,۱/۰۰۵۰۲۵ ,۱/۰۶ | ۱,۱/۰۰۴۰۱۶ ,۱/۰۷ | ۱,۱/۰۰۵۰۲۵ ,۱/۰۳ |
| ۴:۴۵ | ۰/۸۵,۱,۱/۰۸ | ۱,۱/۰۰۷۰۴۹ ,۱/۱ | ۰/۹۵,۱/۰۰۵۰۲۵ ,۱/۱۴ | ۱,۱/۰۰۵۰۲۵ ,۱/۰۸ | ۱,۱/۰۰۷۰۴۹ ,۱/۰۷ | ۱,۱/۰۰۵۰۲۵ ,۱/۰۹ | ۱,۱/۰۰۷۰۴۹ ,۱/۱۴ |
| ۴:۵۰ | ۰/۸۵,۱,۱/۰۸ | ۱,۱/۰۰۹۰۸۲ ,۱/۱۷ | ۱,۱/۰۰۶۰۳۶ ,۱/۲۱ | ۱,۱/۰۰۶۰۳۶ ,۱/۱۴ | ۱,۱/۰۰۸۰۶۵ ,۱/۱۸ | ۱,۱/۰۰۷۰۴۹ ,۱/۲۴ | ۱,۱/۰۰۸۰۶۵ ,۱/۱۷ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

**جدول ۵-۳: جریان آزاد ترافیک برای همه یال‌ها**

| OID | Free Flow |
|---|---|
| ۱ | ۰/۲۹,۰/۲۲۳۷۵,۰/۱۸ |
| ۲ | ۰/۲۷,۰/۲۲۳۷۵,۰/۱۷ |
| ۳ | ۰/۴۲,۰/۳۰۸۲۷۶,۰/۲۱ |
| ۴ | ۰/۲۵,۰/۲۰۶۵,۰/۱۴ |
| ۵ | ۰/۲۴,۰/۲۰۵۴۴,۰/۱۵۶ |



www.SID.ir

Archive of SID



از آنجا که داده‌های ترافیک دائما در حال تغییر هستند، هر یک از یال‌ها می‌تواند بسته به ساعت‌های روز هزینه‌های متفاوتی داشته باشد. لذا با داشتن جداول بالا می‌توان زمان سفر را بصورت زمانمند محاسبه کرد.

### ۵-۲- کوتاه‌ترین مسیر با داده‌های گذشته

با داده‌های موجود مسیریابی در دو زمان ۸ صبح (شکل (۶)) و ۵ بعد از ظهر (شکل (۷)) انجام گرفت. برای زمان ۸:۰۰ صبح مسیری با طول ۲۱/۲۵ کیلومتر و بازه (۲۰:۲۴،۲۳،۲۷:۱۴)

**شکل (۶): کوتاه‌ترین مسیر در ساعت ۸:۰۰ صبح با توجه به ترافیک یال‌ها در این ساعت در داده‌های گذشته**

دقیقه، و برای ۵:۰۰ بعد از ظهر مسیری با طول ۲۴/۴۶ کیلومتر و بازه (۱۷:۳۴،۲۱،۲۴:۴۸) دقیقه بدست آمد.

حال اگر تصادفی در همین مسیرها رخ دهد با داده‌های گذشته مسیری بدست می‌آید که زمان سفر را طولانی‌تر می‌کند، زیرا اطلاعاتی از تصادف در اختیار نیست و کاربر در ترافیک ناشی از این حادثه گرفتار شده و نمی‌تواند طبق زمان تعیین شده به مقصد برسد.

دوحالت در بروز رسانی داده‌ها با داده‌های لحظه‌ای مورد بررسی قرار گرفت:

۱- مسیر جدید دقیقا هنگام وقوع حادثه محاسبه شود. فرض کنید زمان زیادی تا رسیدن به محل حادثه داریم. لذا این امکان وجود دارد که تا رسیدن به آن محل ماموران در موقعیت حاضر شده و جریان ترافیک به حالت عادی برگشته باشد. در این صورت نیازی به تغییر مسیر نیست و همان مسیر قبلی کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به مقصد محسوب می‌شود.

۲- مسیر جدید دقیقا قبل یال وقوع حادثه تعیین شود. در این حالت می‌خواهیم گریزی از محل حادثه داشته باشیم که در این صورت تمام خیابان‌های اطراف به دلیل همین تصادف دارای شرایط ترافیکی متفاوتی خواهند شد و گریز از محل حادثه دشوار می‌شود.

برای اجرای مورد دوم فرض شده که حادثه‌ای در طول مسیر اتفاق افتد و تا راننده به یال تصادف برسد، بر اثر گذشت زمان یال‌های اطراف به جریان عادی ترافیک برگشته باشند (در واقع تاثیر این حادثه بر یال‌های اطراف بر اثر گذشت زمان کاهش یافته باشد)، در این صورت مسیر جدید قبل از یال وقوع حادثه تعیین می‌شود بدون اینکه حادثه بر یال‌های اطراف تاثیری داشته باشد و زمان سفر (۳۲:۴۲، ۲۹، ۲۷:۲۴) خواهد بود. شکل (۸) مسیر بدست آمده را نشان می‌دهد.

**شکل (۷): کوتاه‌ترین مسیر در ساعت ۵:۰۰ بعد از ظهر با توجه به ترافیک موجود در این ساعت در داده‌های گذشته**

مشکل حالت اول مشخص است، همیشه نیاز به مسیریابی مجدد نیست و باید زمان را در نظر گرفت. در حالت دوم، بهترین

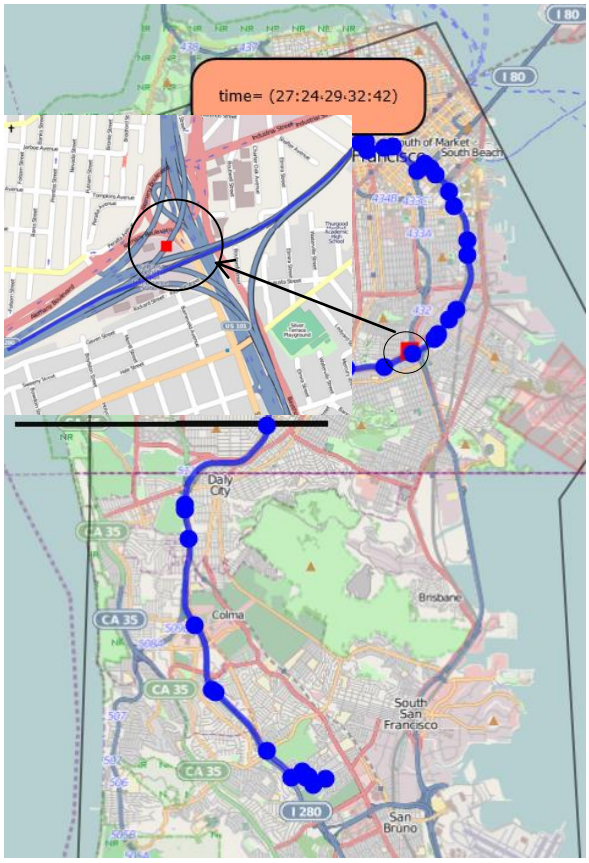


www.SID.ir

Archive of SID



حالت را در نظر گرفتیم که تاثیر ترافیک بر یال‌های مجاور از بین رفته است، که در واقع ممکن است بدین صورت نباشد و در ترافیک گرفتار شویم. با این وجود مسیر بدست آمده نمی‌تواند کوتاه‌ترین مسیر باشد زیرا اگر چند خیابان جلوتر مسیریابی انجام شود؛ ممکن است مسیر کوتاه‌تری بدست آید. لذا در این مقاله سعی شده با استفاده از تلفیق فازی داده‌های گذشته و لحظه‌ای، با محاسبه مسیر جدید نیاز کاربران که همانا رسیدن در کوتاه‌ترین زمان ممکن به مقصد است برآورده شود. در ادامه در مورد ترکیب داده‌های گذشته و لحظه‌ای توضیح داده خواهد شد.




**شکل (۸): مسیر جدید دقیقا قبل از محل تصادف تعیین شده است که زمان بدست آمده حدود ۲۹ دقیقه است. مربع قرمز رنگ یال محل حادثه است. دایره‌های آبی موقعیت راننده را نشان می‌دهد.**

## ۵-۳- یافتن مسیر بهینه با ترکیب داده‌های گذشته و لحظه‌ای بصورت فازی

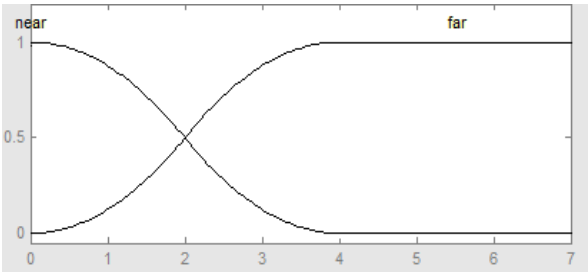
داده‌های گذشته و لحظه‌ای در حالتی با یکدیگر تفاوت چشم‌گیر دارند که اتفاقی از قبیل تصادف، ریختن قسمتی از خیابان و غیره رخ دهد. در این حالت وزن مسیر در داده‌های لحظه‌ای افزایش می‌یابد و تقریبا مسیر مسدود می‌شود. برای ترکیب داده‌های گذشته و لحظه‌ای از دو تابع عضویت دوری و نزدیکی استفاده شده است. در شکل (۹) تابع فازی دوری و نزدیکی نشان داده شده است.

تابع عضویت فازی برای نزدیکی:

$$f(x)=\begin{cases}1, & x\le a\\ 1-2(\frac{x-a}{b-a})^2, & a<x\le\frac{a+b}{2}\\ 2(\frac{x-b}{b-a})^2, & \frac{a+b}{2}<x\le b\\ 0, & x>b\end{cases} \qquad (۶)$$

تابع عضویت فازی برای دوری:

$$f(x)=\begin{cases}0, & x\le a\\ 2(\frac{x-a}{b-a})^2, & a<x\le\frac{a+b}{2}\\ 1-2(\frac{x-b}{b-a})^2, & \frac{a+b}{2}<x\le b\\ 1, & x>b\end{cases} \qquad (۷)$$




**شکل (۹): تابع فازی دوری و نزدیکی**

از آنجایی که داده‌ها ترکیب می‌شوند و وزن یال‌ها لحظه به لحظه تغییر می‌کند، نیاز است تا از روش های مسیریابی پویا برای رسیدن به مقصد استفاده شود. ولی همانطور که توسط [3] نیز بیان شده، به دلیل کافی نبودن مدل‌های موجود، در حال حاضر جوابی موثر برای مساله کوتاه‌ترین مسیر پویا در وضعیتی که ارزش یال‌ها تحت تاثیر برخی از نامعینی‌ها نظیر اتفاق افتادن حوادث تغییر می‌کند، وجود ندارد. نکته دیگر آنکه در این وضعیت به دلیل شرایط پیچیده حاکم بر شبکه، اطلاعات کاملی از تغییرات ارزش یال‌ها در دسترس نیست. برای همین نیاز بود مسئله را طوری تغییر دهیم که بتوان از الگوریتم‌های حالت ایستا استفاده نمود و مسیر جدید در حالت‌های خاصی محاسبه گردد. لذا الگوریتم دایجکسترا را تغییر داده تا با توجه به نیاز ما مسیریابی را زمانمند انجام دهد. انجام زمانمند الگوریتم و استفاده از زمان باعث می‌شود تا پیش‌بینی از ترافیک داشته باشیم و این باعث کاهش اختلاف داده‌های گذشته از لحظه‌ای شده و نیاز مسئله را برآورده می‌سازد.

اما قبل از اینکه در مورد الگوریتم توضیح داده شود، به



www.SID.ir

Archive of SID



ترکیب داده‌ها پرداخته می‌شود.

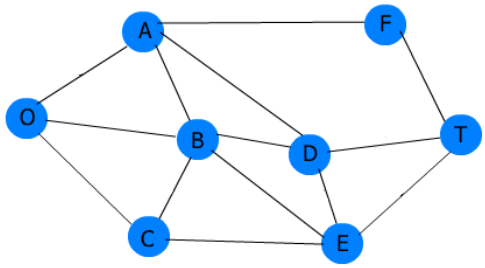
از روش سوگینو برای بدست آوردن ضریب برای ترکیب داده‌ها استفاده می‌کنیم. قانون فازی برای ترکیب داده‌ها به صورت زیر است:

- اگر یال‌ها به موقعیت وسیله نقلیه نزدیک بود پس تابع گذشته دارای مقدار ثابت ۰ و تابع لحظه‌ای دارای مقدار ثابت ۱ است.
- اگر یال‌ها از موقعیت وسیله نقلیه دور بود پس تابع گذشته دارای مقدار ثابت ۱ و تابع لحظه‌ای دارای مقدار ثابت ۰ است.

اساس ترکیب داده های گذشته و لحظه ای بر این اساس استوار است که در مورد یال های نزدیک می توان به داده های لحظه ای اعتماد کرد؛ ولی در مورد یال های دورتر داده های لحظه ای اعتبار خود را کم‌کم از دست می دهند، چون تا به آنها برسیم وضعیت ترافیک تغییر می نماید. دو خروجی در فازی داریم که شامل ضریب داده‌های گذشته و ضریب داده‌های لحظه‌ای است؛ این ضریب ها با توجه به موقعیت وسیله نقلیه در داده‌ها ضرب می‌شوند. با ترکیب فازی هر چه از موقعیت وسیله نقلیه دورتر شویم از ارزش داده‌های لحظه‌ای کاسته شده و بر ارزش داده‌های گذشته افزوده می‌شود.

با مثالی الگوریتم پیشنهادی را شرح می‌دهیم:

فرض کنید در شکل (۱۰) می‌خواهیم از گره O به گره T کوتاه‌ترین مسیر را محاسبه کنیم.




**شکل (۱۰): گرافی ساده برای مسیریابی از مبدا O به مقصد T برای تشریح الگوریتم**

مراحل اجرای الگوریتم به صورت زیر است:

۱- نقطه O به‌عنوان مبدا معرفی می‌شود.

۲- فاصله نقطه O تا تمام گره‌های مجاور (گره‌هایی که با یک یال به گره O متصل هستند) با توجه به اطلاعات موجود در جدول بدست می‌آید.

۳- این طول‌ها وارد سیستم استنتاج فازی شده و دو ضریب یکی مربوط به داده‌های گذشته و دیگری مربوط به داده‌های لحظه‌ای برای هر یال حاصل می‌شود.

۴- با توجه به زمان سیستم در سمت سرور، داده‌های گذشته مربوط به آن روز و ساعت خاص از جدول استخراج شده و در ضریب مربوطه ضرب می‌شود. سپس داده‌های لحظه‌ای نیز در ضریب بدست آمده ضرب شده و با این داده‌ها جمع می‌شود. حال وزن موجود برای سه یال O-A و O-B و O-C بدست آمد. برچسب گذاری با این وزن‌ها بر روی گره‌های A، B و C انجام می‌گیرد. اما در اینجا علاوه بر این برچسب زمانی نیاز است تا طول مربوطه نیز ذخیره شود تا در ادامه کار برای محاسبه فاصله به عنوان ورودی در سیستم استنتاج فازی مورد استفاده قرار گیرد.

۵- در مرحله بعد با توجه به برچسب‌های زمانی موجود کوچکترین برچسب انتخاب می‌شود (بر فرض A). حال فاصله O-A-F، O-A-D و O-A-B را بدست می‌آوریم و مراحل ۳ و ۴ تکرار می‌شود که در این حالت برچسب‌گذاری روی گره‌های جدید انجام می‌شود. در مورد گره B که تکرار شده است مقایسه فازی انجام می‌گیرد (در این حالت دو عدد فازی مثلثی برای گره B داریم یکی در مرحله اول بدست آمد و دیگری در این مرحله محاسبه شده است). برای مقایسه این دو عدد فازی از برش آلفا استفاده شده و عدد کوچکتر به عنوان برچسب گره B انتخاب می‌شود. سپس برای گره های B و C نیز به همین صورت عمل می‌شود.

۶- این روند تا پایان برچسب گذاری بر روی همه گره ها انجام می‌شود. سرانجام کوتاه‌ترین مسیر محاسبه شده و به نمایش در می‌آید.

اما همانطور که گفتیم چون پیش‌بینی از ترافیک داریم داده‌های لحظه‌ای و گذشته فرق چندانی با هم ندارند، مگر اینکه تصادفی در طول مسیر اتفاق افتد که در این صورت داده‌ها در یال‌های نزدیک به یال حادثه تغییر می‌کند. بنابراین نیاز نیست در هر گره این ترکیب انجام شود و مسیریابی انجام گیرد. اگر به شکل (۹) توجه شود ملاحظه می‌شود که تا ۴ کیلومتر بعد از موقعیت کاربر، داده‌های لحظه‌ای تاثیرگذار است و بعد از آن تاثیر داده‌های لحظه‌ای صفر خواهد بود و فقط داده‌ها گذشته تاثیر گذار است. بنابراین در پیاده‌سازی الگوریتم، این شرط اضافه شد که زمانی الگوریتم دوباره شروع به مسیریابی نماید که تا محل تصادف کمتر از ۴ کیلومتر فاصله داشته باشیم. وقتی شرط برقرار شد، مسیریابی در هر گره تا زمانی انجام می‌شود که وارد مسیر جدیدی شده که حادثه‌ای در آن اتفاق نیفتاده باشد. در این زمان الگوریتم مسیر جدید را محاسبه کرده و اجرای آن متوقف می‌شود. اجرای الگوریتم به این صورت باعث می‌شود تا مسیریابی



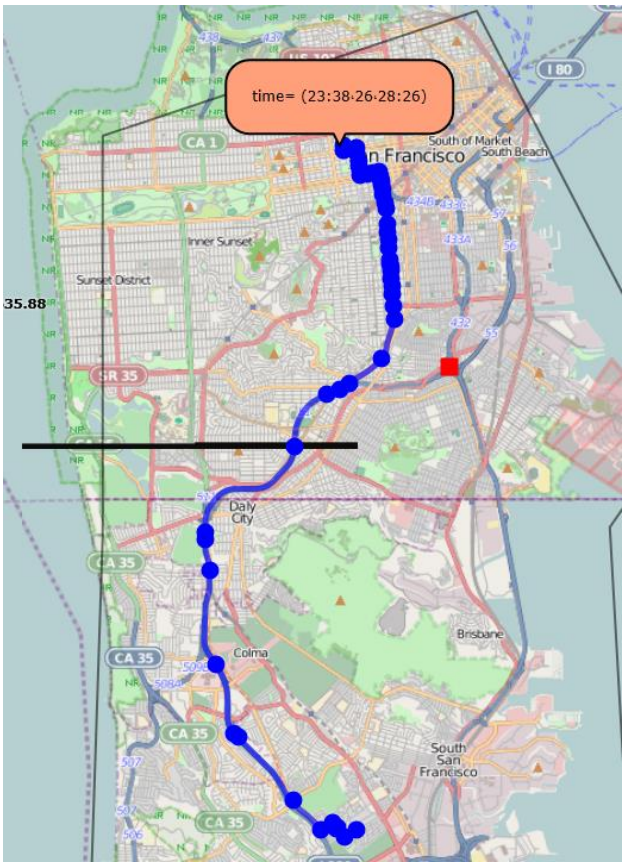
www.SID.ir

Archive of SID



در صورت نیاز انجام گیرد.

نتیجه حاصل از مسیریابی به این روش در شکل (۱۱) نشان داده شده است. زمان سفر محاسبه شده بدین روش در صورت بروز حادثه (۲۳:۳۸،۲۶،۲۸:۲۶) طول می‌کشد.




**شکل (۱۱): با ترکیب داده‌های لحظه‌ای و گذشته مسیریابی انجام شده که چند تقاطع قبل مسیر جدید تعیین شده است**

## ۶- نتیجه‌گیری

از نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- همانطور که قبلاً بیان شد، مسیریابی بهینه نمی‌تواند فقط بر پایه‌ی داده‌های گذشته و یا فقط داده‌های لحظه‌ای باشد. ترکیب داده‌های گذشته و لحظه‌ای موجب می‌شود تا با حفظ مسیر اولیه، در صورت بروز تصادف یا حوادث دیگر مسیر جدید و بهینه‌ای تا رسیدن به مقصد برای کاربر محاسبه شود. روشی که در این تحقیق برای استفاده از هر دو داده در پیش گرفته شد استفاده از داده‌های گذشته و بروز رسانی آن با داده‌های لحظه‌ای است.
- در این مقاله هر دو داده با استفاده از سیستم‌های استنتاج فازی ترکیب و از خروجی بدست آمده به عنوان وزن برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر استفاده شد. در دنیای واقعی، اگر در یالی تصادفی رخ دهد نه تنها بر جریان ترافیک در آن یال بلکه بر جریان ترافیک در یال‌های مجاور نیز تاثیرگذار است. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی ترکیب داده های لحظه ای با داده های گذشته باعث می‌شود در صورت بروز حادثه، مسیر تعیین شده نه تنها از موقعیت یال حادثه دیده بلکه از یال‌های منتهی به آن نیز دور شود.
- استفاده از داده‌های زمانمند گذشته باعث می‌شود تا پیش بینی خوبی از زمان سفر در یال داشته باشیم. این امر موجب کم شدن اختلاف بین زمان سفر بدست آمده از داده‌های گذشته و داده‌های لحظه‌ای می‌شود. اختلاف موقعی چشمگیر می گردد که حادثه‌ای در طول مسیر رخ دهد. به همین دلیل، الگوریتم فقط در زمان وقوع چنین حوادثی لازم است تکرار گردد. بنابراین نیازی به الگوریتم‌های پویا نیست و می‌توان از الگوریتم‌های استاتیک در این روش استفاده کرد.
- در دنیای واقعی، انتخاب مسیر توسط رانندگان هم بر اساس تجربه روزهای گذشته از میزان ترافیک در یال ها و مسیرهای مختلف است و هم بر اساس مشاهدات لحظه ای آنها از ترافیکی که در لحظه می بینند. همچنین نحوه ترکیب این داده ها در ذهن رانندگان روند دقیق و روشنی ندارد. در مدل پیشنهادی این تحقیق نیز، بر اساس ترکیب فازی داده های گذشته و لحظه ای ترافیک تصمیم گرفته می شود.
- با وجود اینکه شرطی در مسئله اعمال کردیم که نیاز نباشد سیستم لحظه به لحظه مسیریابی کند، اگر شرط برقرار شود در هر گره مسیریابی انجام می‌گیرد تا از محل حادثه دور شویم که در این صورت سرعت پاسخگویی کاهش می‌یابد. لذا اگر بتوان از الگوریتمی سریع‌تر استفاده کرد، می‌توان رانندگان را به موقع و قبل از رسیدن به هر تقاطع راهنمایی کرد.

## ۷- قدردانی

در پایان از حمایت مالی قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی تقدیر می‌گردد.



www.SID.ir

Archive of SID



## ۸- مراجع


[۱] خ .خودرو، ۲۲ اردیبهشت ۱۳۸۶ .[Real-time] 6. Available: http://khabarkhodro.com/detail.asp?id=12034.

[۲] ل .وانگ، سیستم های فازی و کنترل فازی، جلد ۵، تهران : دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، ۱۳۸۸ .

[۳] ع، نخعی کمال آبادی و ع .عیدی،"مسیریابی وسایل نقلیه در سیستم هدایت مسیر پویا مبتنی بر یادگیری عاملهای هوشمند"، پژوهشنامه حمل ونقل ,۱۳۸۸ .

[۴] M. Hashemzadeh, "A Fast and Efficient Route Finding Method for Car Navigation Systems with Neural Networks", Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2006. EDOC '06. 10th IEEE International, pp. 423- 426, 2006.

[۵] E. Keshavarz and E. Khorram, "A. fuzzy shortest path with the highest reliability", Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 230, no. 1, pp. 204- 212, August 2009.

[۶] F. Hernandes, M. Teresa Lamata, J. L. Verdegay and A. Yamakami, "The shortest path problem on networks with fuzzy parameters",Fuzzy Sets and Systems, pp. 1561- 1570, 2007.

[۷] H. Ramazani, Y. Shafahi and S. Seyedabrishami, "A Shortest Path Problem in an Urban Transportation Network Based on Driver Perceived Travel Time," Transaction A: Civil Engineering, vol. 17, no. 4, pp. 285- 296, August 2010.

[۸] R. Chrobok and M. an der Ruhr, Theory and Application of Advanced Traffic Forecast Methods, Germany: University of Duisburg-Essen, 2005.

[۹] Q. Pang, L. Xinyun and Z. Min, "Traffic flow forecasting based on rough set and neural network",Natural Computation (ICNC), 2010 Sixth International Conference, vol. 4, no. 10-12, pp. 1920- 1924, 23 September 2010.

[۱۰] L. A. Zadeh, "Discussion: Probability Theory and Fuzzy Logic Are Complementary Rather Than Competitive", JSTOR, vol. 37, no. 3, pp. 271- 276, Aug 1995.

[۱۱] L. Zadeh, "Fuzzy logic = computing with words", Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, pp. 103-111, 1996.

[۱۲] V. Henn and M. Ottomanelli, Handling uncertainty in route choice models: From probabilistic to possibilistic approaches, Elsevier, 2006.

[۱۳] W. Siler and J. J.Buckley, "FUZZY EXPERT SYSTEMS AND FUZZY REASONING", Canada: WILEY, 2005.

[۱۴] F. A.Lootsma, Fuzzy Logic for Planning and Decision Making, 1 ed., Springer, 1997.

[۱۵] G. Bardossy and J. Fodor, Evaluation of Uncertainties and Risks in Geology, Springer, 2004.

[۱۶] P. M. Dixit and U. S. Dixit, Modeling of Metal Forming and Machining Processes: by Finite Element and Soft Computing Methods, 1 ed., Springer, 2008.

[۱۷] K. Chen, Mitigating Congestion by Integrating Time Forecasting and Realtime Information Aggregation in Cellular Networks, Florida: FIU Electronic Theses and Dissertations, 2011.

[۱۸] J.-S. YAO and F.-T. LIN, "Fuzzy Shortest-Path Network Problems With Uncertain EdgeWeights", JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING, pp. 329-351, 2003.

[۱۹] C. M. Klein, Fuzzy shortest paths, "Fuzzy Sets and Systems",vol. 39, pp. 27-41, 1991.

[۲۰] D. Dubois and H. Prade, Fuzzy Sets and Systems, New York: Academic Press, 1980.

[۲۱] T.-N. Chuang and J.-Y. Kung, "A new algorithm for the discrete fuzzy shortest path problem in a network", Applied Mathematics and Computation, vol. 174, no. 1, pp. 660-668, 2006.

[۲۲] F. Yu, Y. Li and T.-J. Wu, "A temporal ant colony optimization approach to the shortest path problem in dynamic scale-free networks", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol. 389, no. 3, pp. 629- 636, 1 February 2010.

[23] S. Pallottino and M. Grazia Scutella, "Shortest Path Algorithms in TransPortation models: classical and innovative aspects", University of PISA, Italy, 1997.




www.SID.ir

Archive of SID



## ۹- زیرنویس‌ها

[۱] α-cut
[۲] i_level
[۳] Ford-Moore-Bellman
[۴] Ranking index
[۵] Auto Regressive Integrated Moving Averages
[۶] k-nearest neighbor
[۷] Pang Qingle
[۸] Liu Xinyun
[۹] Zhang Min
[۱۰] Dynamic and Stochastic Networks



www.SID.ir