



یک روش ترکیبی برای تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو (منطق فازی + اتوماتاهای یادگیر)

محمد رضا میبدی

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران ایران

mmeybodi@aut.ac.ir

مریم جابری

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران ایران

jaberi@aut.ac.ir

1- مقدمه

سیستم‌های ناوبری خودرو با هدف کمک به راننده در انتخاب مسیر صحیح و جابه‌جایی در طول مسیر با استفاده از نقشه راهی، طراحی شده‌اند [1]. از مزایای استفاده از سیستم‌های ناوبری خودرو ترافیک سبک‌تر در خیابان‌ها، مصرف سوخت کمتر، استهلاک کمتر خودروها، آلودگی کمتر هوا، فشار روحی کمتر برای رانندگی و جلوگیری از بروز سوانح و حوادث و خطرات جانی و مالی ناشی از آن می‌باشد. با استفاده از این سیستم‌ها می‌توان محل‌های پر ترافیک را در ساعات مختلف روز به رانندگان اعلام نمود و با پیشنهاد مسیرهای بهتر باعث کاهش ازدحام در محل‌های پرتردد گردید و انجام برخی از وظایفی که مسئولیت آنها با راننده خودرو از آن جمله خواندن نقشه، تشخیص بهترین مسیر به سمت مقصد مورد نظر و راهنمایی راننده در رسیدن به مقصد را بر عهده گیرند. در واقع این گونه سیستم‌ها، به نوعی به راننده کمک می‌کنند تا بتوانند از وضعیت خود در شبکه راهی مطلع شده و مقصد مورد نظر خود را پیدا کنند [2]. یک سیستم ناوبری خودرو از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که مهمترین آنها عبارتند از: مکان‌یاب¹، مسیر یاب²، نقشه دیجیتال³، راهنمای مسیر⁴ و تطبیق نقشه⁵. شکل 1 اجزای تشکیل دهنده یک سیستم ناوبری خودرو را نشان می‌دهد.

چکیده: هدف از نصب یک سیستم ناوبری بر روی یک خودرو کمک به راننده برای انتخاب یک مسیر بهینه جهت رسیدن به مقصد است. این سیستم راننده را در رسیدن به مقصدش که ممکن است مرکز شهر یا نام یک خیابان و یا یک آدرس شامل پلاک یک ساختمان باشد، راهنمایی می‌کند. در اکثر این سیستم‌های از موقعیت یاب عمومی (GPS) جهت تعیین موقعیت خودرو استفاده می‌شود. از آنجا که دقت سیستم‌های موقعیت یاب از عوامل مختلفی مانند خطای دستگاه و شرایط جوی تأثیر می‌پذیرد، لازم است از روش‌های تطبیق نقشه جهت افزایش دقت در موقعیت تعیین شده خودرو استفاده نمود. تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو وظیفه تعیین موقعیت فعلی خودرو بر روی نقشه شهر را بر عهده دارد. در این مقاله الگوریتم جدیدی برای حل مسأله تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو پیشنهاد می‌شود. این الگوریتم از ترکیب اتوماتاهای یادگیر و منطق فازی حاصل شده است. در روش ترکیبی پیشنهادی از اتوماتای یادگیر برای تنظیم توابع فازی که بر روی پارامترهای ورودی و خروجی مسأله تعریف شده استفاده می‌شود. مزیت این روش نسبت به روش‌های مشابه پیشین، توانایی در تنظیم هر دو دسته پارامترهای ورودی و خروجی به صورت همزمان و در نتیجه دست یافتن به روشی با خطای کمتر در فرایند تطبیق نقشه می‌باشد. به منظور ارزیابی، روش پیشنهادی برای شهر تهران آزمایش گردیده و نتایج بدست آمده با نتایج یکی از الگوریتم‌های تطبیق نقشه موجود مبتنی بر منطق فازی مقایسه شده است. نتایج مقایسه حاکی از برتری الگوریتم پیشنهادی است.

کلمات کلیدی: سیستم‌های ناوبری خودرو، تطبیق نقشه، اتوماتاهای

یادگیر، منطق فازی

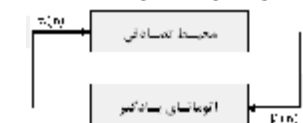
استفاده می‌شود ممکن است نتایج مناسبی داشته باشند ولی در مواردی که خطای موقعیت یابی بالا باشد نامناسب هستند. الگوریتم‌های مبتنی بر روش‌های آماری از جمله الگوریتم گزارش توسط اسکات¹² [6] از طریق تخمین احتمالاتی خیابان صحیح مبادرت به تطبیق نقشه می‌کند. کلیه الگوریتم‌های مبتنی بر روش‌های یادگیری ماشین، تا انجایی که نگارندگان این مقاله اطلاع دارند، مبتنی بر منطق فازی می‌باشند [7] [8] [10].

در این مقاله روش جدیدی برای حل مسأله تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو پیشنهاد می‌شود. این الگوریتم از ترکیب اتوماتاهای یادگیر و منطق فازی حاصل شده است. در روش ترکیبی پیشنهادی از اتوماتای یادگیر برای تنظیم توابع فازی که بر روی پارامترهای ورودی و خروجی مسأله تعریف شده استفاده می‌شود. مزیت این مدل نسبت به روش‌های مشابه پیشین، توانایی در تنظیم هر دو دسته پارامترهای ورودی و خروجی به صورت همزمان و در نتیجه دست یافتن به روشی با خطای کمتر در فرایند تطبیق نقشه می‌باشد. به منظور ارزیابی، روش پیشنهادی برای شهر تهران آزمایش گردیده است و با نتایج یکی از الگوریتم‌های تطبیق نقشه مبتنی بر منطق فازی ارائه شده در [7] مقایسه شده است. نتایج مقایسه حاکی برتری الگوریتم پیشنهادی داشته است.

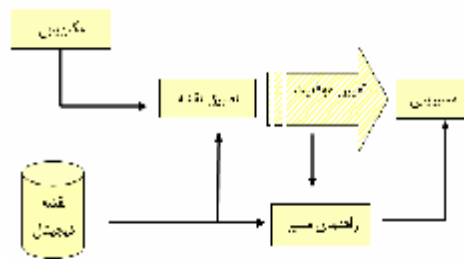
ادامه مقاله بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش 2 اتوماتاهای یادگیر و در بخش 3 فرایند تطبیق نقشه به اختصار شرح داده می‌شود. در بخش 4 روش پیشنهادی تطبیق نقشه ارائه می‌گردد. نتایج آزمایشها و مقایسه آن با نتایج یکی از الگوریتم‌های تطبیق نقشه مبتنی بر منطق فازی در بخش 5 آمده است. بخش 6 نتیجه‌گیری می‌باشد.

2- اتوماتاهای یادگیر

یک اتوماتای یادگیر، ماشینی است که می‌تواند تعدادی متناهی عمل را انجام دهد؛ هر عمل انتخاب شده توسط یک محیط احتمالاتی ارزیابی و نتیجه ارزیابی در قالب سیگنالی مثبت یا منفی به اتوماتا برگردانده می‌شود و اتوماتا از این پاسخ در انتخاب عمل بعدی تاثیر می‌پذیرد. هدف نهایی این است که اتوماتا یاد بگیرد تا از بین اعمال خود بهترین عمل را انتخاب کند. بهترین عمل، عملی است که احتمال دریافت پاداش از محیط را به حداکثر برساند [11]. کارکرد اتوماتای یادگیر در تعامل با محیط، به صورت ساده در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل 2. تعامل اتوماتای یادگیر و محیط



شکل 1. سیستم ناوبری خودرو و اجزای تشکیل دهنده آن.

یکی از بخش‌های اصلی در هر سیستم ناوبری خودرو، بخش تعیین موقعیت خودرو در نقشه است. روش‌های مختلفی برای تعیین موقعیت خودرو در نقشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش DR⁶ یکی از این روش‌ها است که به کمک حسگرها و بر اساس محاسبه سرعت و مسافت پیموده شده موقعیت خودرو را تعیین می‌کند. روش دیگر برای تعیین موقعیت خودرو استفاده از امواج رادیویی است. در این روش تعدادی مراکز ثابت و معین در نظر گرفته می‌شود که موقعیت خود را مرتباً به کاربران نزدیک به خود مخابره می‌کنند [2] و روش سوم، مکان‌یابی به کمک سیستم موقعیت‌یاب عمومی⁷ (GPS) است. این سیستم متشکل از سه بخش اصلی می‌باشد. بخش فضایی که شامل 24 ماهواره است که در ارتفاع حدود 20200 کیلومتر بالاتر از سطح دریا قرار دارند. بخش کنترل که در بر گیرنده ایستگاه‌های زمینی در سراسر دنیا است و بخش کاربران که شامل دستگاه‌های گیرنده GPS است که موقعیت وسیله نقلیه را به کمک دریافت سیگنال‌هایی از ماهواره‌ها تعیین می‌کند. این گیرنده‌ها به دلیل وجود خطاهای سنسجش نمی‌توانند مستقیماً از طریق سیگنال‌های دریافت شده از ماهواره‌ها، مکان یابی دقیق را انجام دهند. منابع خطاهای سنسجش عبارتند از: خطای اندازه‌گیری زمان، خطای اتمسفری، خطای تعدد مسیر، خطای عمدی دسترسی انتخابی⁸.

با توجه وجود خطا در داده‌های به‌دست آمده از گیرنده GPS، یا هر روش دیگر تعیین موقعیت، به فرایند تطبیق نقشه نیاز می‌باشد [3]. تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو وظیفه تعیین موقعیت فعلی خودرو را بر روی شبکه راه‌ها بر عهده دارد. الگوریتم‌های متعددی برای تطبیق نقشه ارائه شده است. این الگوریتم‌ها در سه گروه قرار می‌گیرند [4]. الگوریتم‌هایی که از اطلاعات هندسی و یا توپولوژیکی برای تعیین موقعیت استفاده می‌کنند، الگوریتم‌ها که از روش‌های آماری کمک می‌گیرند و الگوریتم‌ها که از روش‌های یادگیری ماشین استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های هندسی از جمله الگوریتم‌های "تطبیق نقطه با نقطه"⁹، "نقطه با منحنی"¹⁰ و "منحنی با منحنی"¹¹ تنها از اطلاعات هندسی برای تطبیق نقشه استفاده می‌کنند. مشکل عمده در این الگوریتم‌ها آن است که تنها در شرایطی که خطای تعیین موقعیت و نویز موجود در سیستم ناچیز باشد و همچنین در مواردی که از حسگرهای بسیار قوی

گیرنده مکان یاب می‌بایست فرایندی انجام گیرد تا خیابان مناسب انتخاب شود. بدین منظور ابتدا خیابان‌هایی که احتمال دارد اتومبیل در آن واقع شده باشد پیدا کرده و سپس و از میان آنها خیابان صحیح را انتخاب می‌شود. بدین منظور در ابتدای کار، محدوده‌ای مشخص در اطراف نقطه دریافتی از GPS را به عنوان همسایگی مجاز نقطه در نظر گرفته و خیابان‌هایی که در این شعاع قرار دارند به عنوان خیابان‌های کاندیدا انتخاب می‌شوند. در بررسی وضعیت خودرو و انتخاب خیابانی که اتومبیل در آن واقع شده است، دو پارامتر مهم و تاثیر گذار عبارتند از: (1) فاصله میان موقعیت به دست آمده برای خودرو از طریق سیستم ناوبری با نقطه تصویر شده بر روی خیابان و (2) شباهت شکل ظاهری خیابان مورد نظر با خط سیر طی شده توسط خودرو.

اگر نقطه p_c با مختصات (x_c, y_c) به عنوان موقعیت بدست آمده توسط روش‌های مکان‌یابی در نظر گرفته شود و به ازای هریک از خیابان‌های کاندیدا سعی گردد این نقطه را بر روی خیابان مذکور، نگاشت نمود و نقطه‌ای که از این نگاشت بدست می‌آید را $p_r = (x_r, y_r)$ نامید، آنگاه می‌توان به کمک رابطه (3) میزان نزدیکی این دو نقطه را محاسبه نمود.

$$D(p_c, p_r) = \frac{1}{1 + \frac{\|p_c - p_r\|^2}{S^2}} \quad (3)$$

در این رابطه پارامتر D بیانگر میزان فاصله میان دو نقطه p_c و p_r بوده و S به عنوان انحراف معیار استاندارد از خطای فیلتر سیستم معرفی می‌شود که به کمک گیرنده‌های GPS قابل اندازه‌گیری است. به همین ترتیب اگر سرعت حرکت و جابجایی خودرو به کمک بردار \mathbf{V}_c نشان داده شود و با نگاشت این بردار بر روی خیابان مذکور بردار \mathbf{V}_r حاصل شود، می‌توان به منظور تعیین میزان شباهت میان این دو بردار از رابطه (4) که در واقع از زاویه میان دو بردار کمک می‌گیرد استفاده نمود:

$$V(\mathbf{V}_c, \mathbf{V}_r) = \frac{(\mathbf{V}_c, \mathbf{V}_r)}{\|\mathbf{V}_c\| \|\mathbf{V}_r\|} = \cos^2 q_d \quad (4)$$

در این رابطه q_d زاویه میان دو بردار \mathbf{V}_c و \mathbf{V}_r تعریف می‌شود و پارامتر V برابر با کسینوس زاویه میان دو بردار \mathbf{V}_c و \mathbf{V}_r است [7]. دو پارامتر معرفی شده در روابط (3) و (4) به عنوان پارامترهای ورودی مسأله در نظر گرفته می‌شوند که به کمک آنها می‌توان معیاری برای سنجش میزان درستی خیابان مورد بررسی بدست آورد. این دو رابطه به گونه‌ای هستند که هر چه دو نقطه p_c و p_r به هم نزدیک‌تر باشند

اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر را می‌توان توسط چهارتایی $\{a, b, p, T\}$ نشان داد که $a = \{a_1, \dots, a_r\}$ مجموعه عمل‌های اتوماتا، $b = \{b_1, \dots, b_m\}$ مجموعه ورودی‌های اتوماتا، $p = \{p_1, \dots, p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هریک از عمل‌ها و مدل‌های خطی مورد استفاده در به روز رسانی احتمالات عمل‌ها، در واقع به گونه‌ای هستند که احتمالات اعمال در گام بعدی از روی ترکیب خطی احتمال فعلی آن نتیجه می‌شوند یک نمونه از الگوریتم‌های یادگیری خطی به صورت زیر تعریف می‌شود: فرض کنید عمل a_i در مرحله n ام انتخاب شود؛ در صورتی که عمل انتخاب شده مطلوب باشد بردار احتمال توسط رابطه (1):

$$p_i(n+1) = p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \quad (1)$$

و در صورتی که پاسخ نامطلوب باشد بردار احتمال توسط رابطه (2):

$$p_j(n+1) = (1-b)p_j(n) \quad \forall j \quad j \neq i \quad (2)$$

به روز می‌شود. در روابط بالا، a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه می‌باشند. و در واقع احتمال اعمال به کمک ترکیبی خطی از احتمال حالت قبل و به کمک ضرایب پاداش و جریمه تعیین شده محاسبه می‌شوند. سه الگوریتم یادگیری که برای بروز رسانی بردار احتمال اقدامها به کار گرفته می‌شوند عبارتند است از مدل $LR-P$ ¹³، مدل $LR-EP$ و مدل $LR-I$.

3- تطبیق نقشه

در این بخش در ابتدا فرایند تطبیق نقشه توضیح داده می‌شود و سپس مدلی مبتنی بر منطق فازی که اساس الگوریتم پیشنهادی می‌باشد شرح داده می‌شود.

فرایند تطبیق نقشه به منظور نگاشت موقعیت دریافت شده از سیستم‌های موقعیت یاب (GPS) به نقشه‌های دیجیتالی به کار می‌رود. اگر سیستم تعیین موقعیت یاب در وسیله نقلیه و همچنین نقشه‌های دیجیتالی به حدکافی دقیق باشند، فرایند تطبیق نقشه براحتی انجام می‌گیرد. یعنی تنها کافی است موقعیت بدست آمده را به نزدیک‌ترین خیابان تطبیق دهیم. اما همان طور که گفته شد سیستم‌های تعیین موقعیت معمولاً بخاطر برخی اختلالات صوتی و موجی و همچنین وجود ساختمان‌های بلند در مناطق شهری قادر نیستند بصورت دقیق موقعیت وسیله نقلیه را بر روی نقشه تعیین دهند. با انجام عمل تطبیق می‌توان موقعیت دقیق وسیله نقلیه را تحت شرایط گوناگون محیطی و جغرافیایی بر روی نقشه بدست آورد [1]. برای تطبیق هر یک از نقاط دریافتی از

4- الگوریتم پیشنهادی

در این بخش یک الگوریتمی ترکیبی برای حل مسأله تطبیق نقشه در سیستم‌های ناوبری خودرو پیشنهاد می‌گردد. در این روش از منطق فازی و اتوماتای یادگیر برای سنجش میزان صحت خیابان‌های کاندیدا و پیدا کردن بهترین خیابانی که خودرو در آن واقع است استفاده می‌شود. در واقع الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم مبتنی بر منطق فازی که در بخش قبلی به آن اشاره شد می‌باشد که در آن از اتوماتاهای یادگیر برای تنظیم توابع عضویت پارامترهای ورودی و خروجی استفاده شده است. هر تابع عضویت مجهز به یک اتوماتای یادگیر می‌باشد. وظیفه این اتوماتای یادگیر تنظیم مرکز تابع عضویت به طریقی است که تطبیق نقشه به نحو بهینه انجام گیرد. در ادامه چگونگی تنظیم توابع عضویت توسط اتوماتای یادگیر توضیح داده می‌شود.

فرض کنید ورودی سیستم فازی D و V (مطابق با روابط (3) و (4)) و خروجی آن $y = F(D, V)$ باشد. برای دو پارامتر ورودی D و V پنج ناحیه فازی به صورت خیلی کوچک، کوچک، متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ تعریف شده و مدل اولیه‌ای برای این توابع معین می‌گردد. این تعریف به گونه‌ای خواهد بود که در محدوده‌هایی با نرخ داده‌ای بالاتر، تراکم توابع عضویت نیز بیشتر باشد، این کار باعث می‌شود تا تفکیک بیشتری بر روی مقادیر ورودی وجود داشته باشد و به تبع آن دقت انتخاب توابع و انجام محاسبات آن بالاتر رود مدل اولیه این توابع در شکل 4 نشان داده شده است که در آن مطابق با توزیع داده‌ای، در ناحیه نزدیک به یک، تراکم توابع عضویت تعریف شده بیشتر است.

1- برای پارامترهای ورودی D و V هر یک 5 اتوماتای یادگیر یکی برای هر تابع عضویت و برای خروجی 25 اتوماتای یادگیر یکی برای هر یک از 25 تابع عضویت، در مرکز تابع عضویت، ایجاد می‌شود. در هر یک از این اتوماتاها تعدادی عمل (m عمل) تعریف می‌گردد و احتمال هر یک از اتوماتاهای یادگیر در لحظه شروع فرایند یادگیر با احتمال $1/m$ مقدار دهی می‌شوند. برای هر یک از نقاط دریافتی از گیرنده GPS (داده‌های آموزشی) مراحل زیر تکرار می‌شود. شرط پایان الگوریتم برای هر داده آموزشی عبارت است از کوچکتر شدن خطای محاسبه شده از یک مقدار معین ϵ و یا تکرار حلقه فرایند تا بیش از 1000 تکرار.

2- خیابان‌های کاندیدای مربوط به نقطه دریافتی از گیرنده GPS معین می‌شود.

گام 3 تا 5 برای هر یک از خیابان‌های کاندیدا اجرا می‌شود

3- هر یک از اتوماتاهای یادگیر یکی از اعمال خود را با توجه به بردار احتمال اعمال انتخاب می‌کند که در نتیجه برای هر یک از پارامترهای

مقدار D به یک نزدیکتر خواهد شد و همچنین هر چه جهت‌های دو بردار سرعت به هم نزدیکتر باشند مقدار پارامتر V به یک نزدیکتر خواهد بود. برای انتخاب مناسب‌ترین خیابان از بین خیابان‌های کاندیدا از تابع $F(D, V) = aD(k) + bV(k)$ استفاده می‌شود که در این رابطه $D(k)$ فاصله نقطه دریافتی از GPS از k امین خیابان کاندید و $V(k)$ کسینوس زاویه بین بردار سرعت خودرو (دریافتی از GPS) جهت k امین خیابان کاندید می‌باشند. در رابطه فوق $a > 0$ و $b > 0$ از پارامترهای مهم در تعیین مقدار $F(D, V)$ می‌باشند. تعیین مقادیر مناسب برای این دو پارامتر در کارایی الگوریتم تطبیق نقش به سزایی دارد. الگوریتم متفاوتی برای تنظیم این دو پارامتر پیشنهاد شده است که الگوریتم مبتنی بر منطق فازی از آن جمله است [7]. الگوریتم پیشنهادی در این مقاله می‌تواند به عنوان الگوریتمی برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد. قبل از ارائه الگوریتم پیشنهادی که در بخش بعدی به آن پراخته می‌شود. شکل 3 مراحل اصلی یک الگوریتم تطبیق نقشه را نشان می‌دهد. پارامتر F_T به عنوان یک آستانه در انتخاب خیابان صحیح مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مراحل تطبیق نقشه به دو بخش تقسیم می‌شوند. بخش اول "تعیین موقعیت خودرو" در خیابان است. در این بخش سعی می‌شود خیابان صحیح از میان خیابان‌های کاندیدا انتخاب گردد. برای این کار $F(D, V)$ بدست آمده برای خیابان‌های کاندیدا با هم مقایسه شده و بزرگترین مقدار برگزیده می‌شود. در صورتی که این مقدار بزرگتر از آستانه F_T بزرگتر باشد خیابان مورد نظر به عنوان خیابان صحیح انتخاب شده و الگوریتم وارد بخش دوم می‌شود. در غیر این صورت الگوریتم در همین بخش باقی مانده و برای نقطه بعدی دریافتی از گیرنده GPS تکرار می‌شود. بخش دوم "پیگیری حرکت خودرو" [8] در خیابان انتخاب شده می‌باشد. در این بخش به ازای هر نقطه دریافتی از گیرنده GPS مقدار تابع $F(D, V)$ برای خیابان صحیح محاسبه شده و در صورتی که از آستانه F_T بزرگتر باشد نقطه دریافتی از GPS بر روی خیابان منتخب نگاشت می‌شود و الگوریتم برای نقطه بعدی دریافتی از گیرنده GPS تکرار می‌شود.

به طور خلاصه با توجه به مراحل اصلی الگوریتم تطبیق نقشه توضیح داده شده، هدف تعیین مقدار $F(D, V)$ به صورتی است که دو شرط زیر در آن برقرار باشد: 1- مقدار $F(D, V)$ مربوط به خیابان که خودرو در آن قرار دارد بیشترین مقدار را در میان $F(D, V)$ ‌های مربوط خیابان‌های کاندیدا داشته باشد. 2- مقدار $F(D, V)$ مربوط به خیابان که خودرو در آن قرار دارد بزرگتر از آستانه F_T باشد. با این توضیحات در ادامه الگوریتم پیشنهادی شرح داده می‌شود.

صحیح از F_T کوچکتر باشد آنگاه به تمامی عمل‌های انتخاب شده (مقادیر انتخاب برای مراکز توابع عضویت خروجی) توسط اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت خروجی جریمه تعلق می‌گیرد

ج: اگر خیابانی که بزرگترین مقدار خروجی Y را دارد، خیابان صحیح متناظر با نقطه دریافتی از گیرنده باشد و مقدار تابع Y مربوط به خیابان صحیح از F_T بزرگتر باشد آنگاه به تمامی عمل‌های انتخاب شده (مقادیر انتخاب برای مراکز توابع عضویت خروجی) توسط اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت خروجی پاداش تعلق می‌گیرد.

از طریق فرایند تطبیق توابع عضویت، خیابان صحیح بالاترین مقدار Y را در بین خیابان‌های کاندیدا دارا خواهد شد علاوه بر مقدار Y برای خیابان صحیح از آستانه F_T بزرگتر خواهد شد. بدین ترتیب با پیدا کردن تخمین دقیق تری از تابع Y یافتن خیابان صحیح و پیگیری خودرو بر روی آن دقیقتر انجام می‌گیرد.

6- نتایج آزمایش‌ها

در این بررسی داده‌های مورد نیاز برای آموزش و تست مسأله، اطلاعات مربوط به شهر تهران می‌باشد. داده‌های مذکور اطلاعات نقاط مربوط به سفرهای مختلف انجام گرفته در شهر تهران است که توسط یک گیرنده GPS که در داخل خودرو قرار گرفته، جمع آوری شده است. سعی شده که داده‌های آموزشی جمع آوری شده پوشش دهنده مدل‌های مختلف خیابان‌های شهر تهران باشد و به همین دلیل سفرها به منظور جمع‌آوری اطلاعات در مناطق مختلف شهر تهران مانند نواحی متمرکز و فشرده، نواحی نیمه فشرده، نواحی باز و با خیابان‌های پهن، میداين و گوشواره‌ها، انجام گرفته است. از بین اطلاعات جمع آوری شده مربوط به 10 سفر، 4000 نقطه به عنوان نقاط آموزشی استفاده شده است برای این داده‌های آموزشی، خیابان صحیح و همچنین قطعه کمانی که خودرو بر روی آن قرار دارد معلوم است تا به کمک آنها بتوان فرایند آموزش را انجام داد. الگوریتم پیشنهادی برای سه مدل یادگیر خطی اتوماتاهای یادگیر یعنی مدل یادگیری پاداش-جزا، پاداش-جزای جزئی و پاداش-عدم مجازات، آزمایش شده است و بهترین نتایج که برای الگوریتم مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر زمانیکه از الگوریتم یادگیری L_{R-ep} استفاده می‌شود، گزارش شده است. F_T برای تمامی آزمایشها 1.2 در نظر گرفته شده است. برای آزمایش‌های بیشتر می‌توان به [12] مراجعه نمود.

آزمایش 1: این آزمایش به منظور بررسی تغییرات توابع عضویت در حین فرایند یادگیری انجام گرفته است. برای این آزمایش از الگوریتم یادگیری L_{R-ep} با پارامترهای $a = 0.5$ و $b = 0.05$ استفاده شده است. هر یک از اتوماتاهای یادگیر دارای 10 عمل با احتمال اولیه 0.1 می‌باشند. اشکال 5 (الف و ب) چگونگی همگرایی توابع فازی پارامترهای ورودی D و V در ابتدای الگوریتم و پس از اتمام یادگیری نشان می‌دهد.

ورودی D و V پنج تابع عضویت و برای خروجی 25 تابع عضویت ایجاد می‌شود.

4- برای هر یک از خیابان‌های کاندیدا مقدار پارامترهای D و V طبق روابط (3) و (4) محاسبه می‌شود و سپس میزان عضویت هر یک پارامترهای D و V با توجه به توابع عضویت ایجاد شده در گام پیشین محاسبه می‌شود.

5- با توجه به میزان عضویت های بدست آمده برای پارامترهای D و V قوانین فازی فعال شده و مقدار تابع خروجی تعیین می‌شود.

6- با توجه به خروجی های به دست آمده برای خیابان‌های کاندیدا اعمال اتوماتاهای یادگیر پاداش یا جریمه داده می‌شود. برای اعمال پاداش و یا جریمه به اتوماتاهای یادگیر، ابتدا مقادیر Y های بدست آمده برای خیابان های کاندیدا با هم مقایسه و خیابانی که دارای بزرگترین مقدار Y می‌باشد انتخاب می‌شود. و سپس بردارهای احتمالات اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت پارامترهای D و V پارامترهای ورودی D و V طبق مراحل زیر به روزرسانی می‌شود.

الف: اگر خیابانی که بزرگترین مقدار خروجی Y را دارد، خیابان صحیح متناظر با نقطه دریافتی از گیرنده نباشد و مقدار خطا برای خیابان صحیح از مقدار ثابت "ماکزیمم خطا" بیشتر باشد، آنگاه به تمامی عمل‌های انتخاب شده (مقادیر انتخاب برای مراکز توابع عضویت ورودیها) توسط اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت پارامترهای D و V جریمه تعلق می‌گیرد.

ب: اگر خیابانی که بزرگترین مقدار خروجی Y را دارد، خیابان صحیح متناظر با نقطه دریافتی از گیرنده باشد و مقدار خروجی Y مربوط به خیابان صحیح از F_T کوچکتر باشد آنگاه به تمامی عمل‌های انتخاب شده (مقادیر انتخاب برای مراکز توابع عضویت ورودیها) توسط اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت پارامترهای D و V جریمه تعلق می‌گیرد.

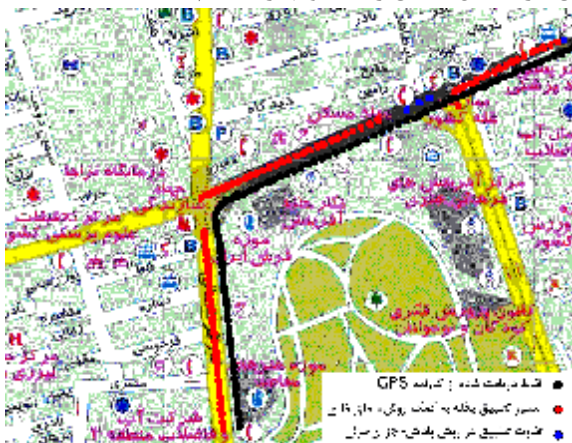
ج: اگر خیابانی که بزرگترین مقدار خروجی Y را دارد، خیابان صحیح متناظر با نقطه دریافتی از گیرنده باشد و مقدار خروجی Y مربوط به خیابان صحیح از F_T بزرگتر باشد آنگاه به تمامی عمل‌های انتخاب شده (مقادیر انتخاب برای مراکز توابع عضویت ورودیها) توسط اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت پارامترهای D و V پاداش تعلق می‌گیرد.

7- بردارهای احتمالات اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت پارامترهای خروجی طبق مراحل زیر به روزرسانی می‌شود.

الف: اگر خیابانی که بزرگترین مقدار خروجی Y را دارد، خیابان صحیح متناظر با نقطه دریافتی از گیرنده نباشد آنگاه به تمامی عمل‌های انتخاب شده (مقادیر انتخاب برای مراکز توابع عضویت خروجی) توسط اتوماتاهای یادگیر توابع عضویت خروجی جریمه تعلق می‌گیرد.

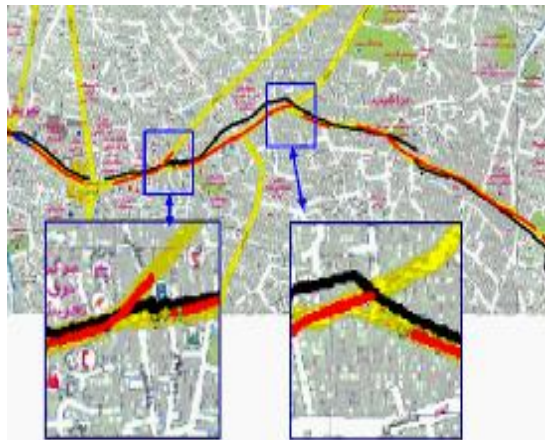
ب: اگر خیابانی که بزرگترین مقدار خروجی Y را دارد، خیابان صحیح متناظر با نقطه دریافتی از گیرنده باشد و مقدار تابع Y مربوط به خیابان

تطبیق انجام گرفته توسط الگوریتم مبتنی بر منطق فازی و همچنین الگوریتم مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر (زمانیکه از الگوریتم یادگیری L_R-ep استفاده می‌کند) مشابه همدیگر می‌باشند. در این شکل مشاهده می‌شود که در حوالی تقاطع خیابان فاطمی با خیابان حجاب، الگوریتم مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر در مقایسه با الگوریتم مبتنی بر منطق فازی عمل تطبیق را به نحو بهتری انجام داده است.



شکل 8. حرکت در خیابان‌های نیمه فشرده و با تقاطع‌های زیاد در طول مسیر

آزمایش 4: این آزمایش به منظور بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی برای نواحی فشرده انجام گرفته است. تعداد خیابان‌ها در این نواحی زیاد و پر پیچ و خم می‌باشند هستند به همین دلیل خودرو در مسیر حرکت خود با تقاطع‌های بیشتری مواجه می‌شود (شکل 9). در این ناحیه تطبیق نقشه بدلیل وجود دو تقاطع با زاویه کمتر از 90 درجه به سختی صورت می‌گیرد یعنی الگوریتم تطبیق نقشه در تقاطع بعد از مشاهده چند نقطه دریافتی بعدی از GPS خود را اصلاح کرده و قادر به تشخیص خیابان صحیح می‌شود (به شکل 9 مراجعه شود). این آزمایش برای الگوریتم‌های یادگیری متفاوت انجام گرفته که بهترین نتیجه متعلق به الگوریتم یادگیری L_R-ep می‌باشد



جدول 1 نشان می‌دهد که احتمال کدامیک از اعمال اتوماتاهای یادگیر به مقدار 1 همگرا شده است. عمل اتوماتای یادگیری که احتمال انتخابش به 1 همگرا شده است مقدار راس تابع عضویت متناظر با آن اتوماتای یادگیر می‌باشد. بطور مثال اتوتای یادگیر تابع عضویت سرعت-بزرگ به عمل $p5$ همگرا شده است. شکل 6-الف نمودار همگرایی احتمال این عمل از اتوماتای یادگیر را نشان می‌دهد. برای پارامتر خروجی $F(D,V)$ نیز به همین شکل عمل می‌شود شکل 6-ب نمودار همگرایی احتمال بیستمین تابع عضویت فازی پارامتر خروجی را نشان می‌دهد. در ادامه این بخش نتایج آزمایش‌هایی که به منظور ارزیابی الگوریتم پیشنهادی برای شهر تهران انجام گرفته است ارایه می‌گردد. این آزمایش‌ها برای نواحی باز و کم تراکم، نواحی نیمه فشرده، نواحی فشرده، گوشواره‌ها و نواحی پر ترافیک انجام گرفته است.

آزمایش 2: این آزمایش به منظور بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی برای نواحی باز و کم تراکم انجام گرفته است. این نواحی دارای خیابان‌های پهن بوده که پیچ و خم کمی دارند و از همدیگر فاصله زیادی دارند می‌باشند. در این نواحی الگوریتم‌های پیشنهادی با کمترین خطا عمل تطبیق نقشه انجام می‌دهند. شکل 7 نمونه‌ای از عمل تطبیق در این گونه نواحی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در طول مسیری که خودرو طی کرده است عمل تطبیق دارای خطای کمی می‌باشد. همچنین عمل تطبیق توسط هر دو الگوریتم مبتنی بر منطق فازی و مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر با دقت یکسانی انجام گرفته است.



شکل 7. نواحی باز و کم تراکم

آزمایش 3: این آزمایش به منظور بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی برای نواحی نیمه فشرده انجام گرفته است. ناحیه نیمه فشرده در نظر گرفته شده که در شکل دیده می‌شود دارای گذرگاه‌های نسبتاً کم عرض می‌باشد که باعث می‌شود خودرو با تقاطع‌های متعددی مواجه شود و در نتیجه منجر به ایست مکرر خودرو گردد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در بیشتر طول مسیری که خودرو طی کرده است عمل

[6] C. Scott, "Improved GPS Positioning For Motor Vehicles Through Map Matching," **ION-94, Salt Lake Convention Center**, 1994.

[7] S. Kim and J. H. Kim, "Adaptive Fuzzy-Network-Based C-Measure Map-Matching Algorithm for Car Navigation System," **IEEE Transactions on Electronics**, 2001.

[8] S. Kim, J. H. Kim and I. H. Hyun, "Development Of A Map Matching Algorithm For Car Navigation System Using Fuzzy Q-Factor Algorithm", **In Proc World Conger, Intelligent Transport Systems**, Seoul, Korea, 1998.

[9] W. Y. Ochieng and M. Quddus, Map Matching In Complex Urban Road Networks, Department Of Civil And Environmental Engineering, 2003.

[10] S. Syed and M. E. Cannon, "Fuzzy Logic Based Map Matching Algorithm For Vehicle Navigation System in Urban Canyons", Department Of Geometrics Engineering, University Of Calgary, Alberta, Canada, 2004.

[11] K. S. Narendra and M. Thathachar, Learning Automata: An Introduction, Prentice Hall, Inc., 1989.

[12] M. Jaber, "Learning Automata based Map Matching Algorithms", Master Thesis, Computer Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, 2007.

منطق فازی مقایسه گردید. نتایج مقایسه برتری الگوریتم پیشنهادی را نشان داده است.

سپاسگزاری

این کار تحقیقاتی توسط مرکز تحقیقات مخابرات ایران حمایت مالی شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

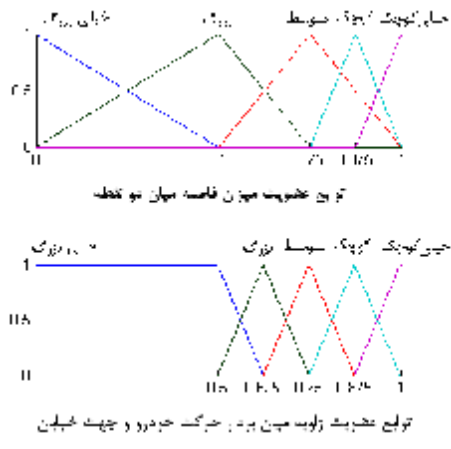
[1] مقدمه‌ای بر سیستم‌های ناوبری خودرو، نقشه دیجیتالی، گزارش فنی، آزمایشگاه محاسبات نرم، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 1384

[2] P. Y. Gillieron and B. Merminod, "Personal Navigation System for Indoor Applications", Swiss Federal Institute of Technology, Geodetic Engineering Lab, 2003.

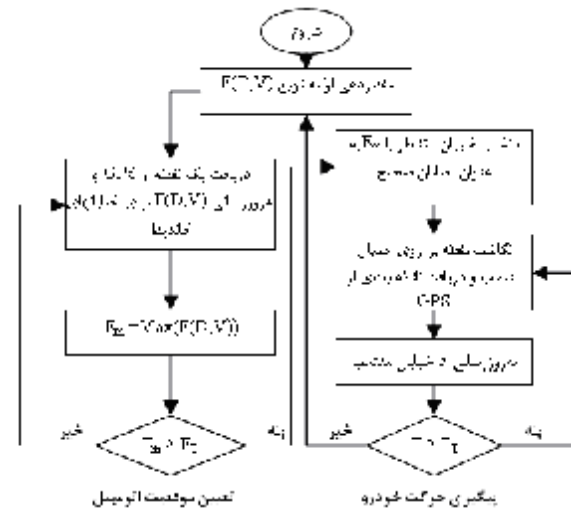
[3] F. Iwaki, M. Kakihari and M. Sasaki, "Recognition of Vehicle's Location for Navigation", Proceedings of the Vehicle Navigation and Information Systems Conference, September, 1989.

[4] S. Syed, "Development of Map Aided GPS Algorithms for Vehicle Navigation in Urban Canyons", Department Of Geometrics Engineering, Calgary, Alberta, 2005.

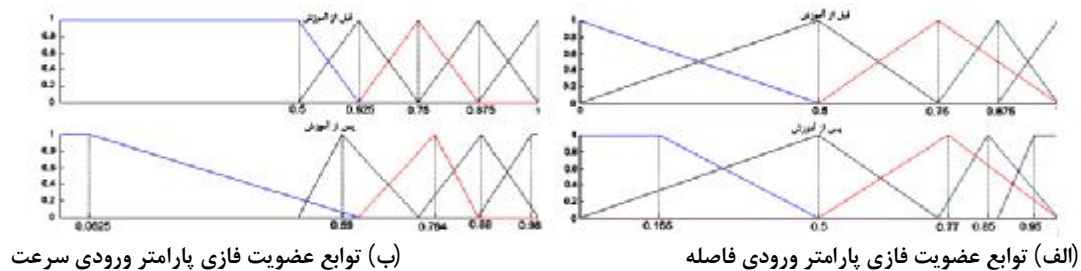
[5] D. Bernstein and A. L. Kornhauser, An Introduction To Map Matching For Personal Navigation Assistants, New Jersey, TIDE Center, 1996.



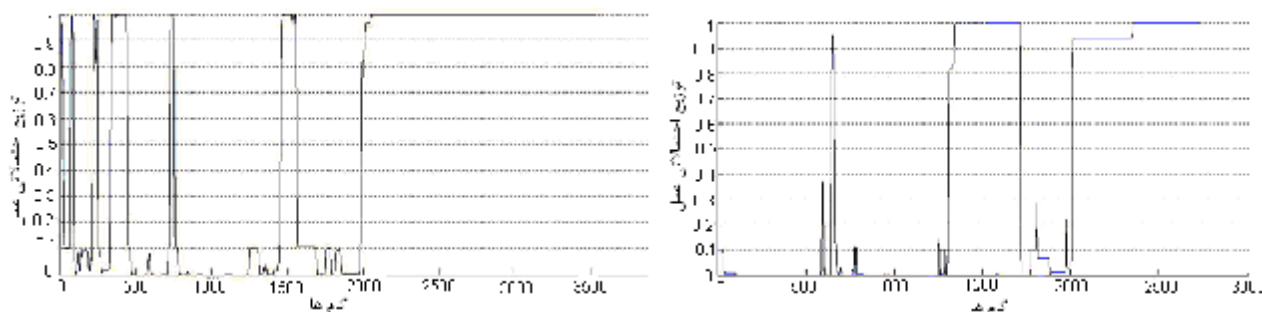
شکل 4. تعریف اولیه توابع تعلق فازی ورودی



شکل 3. الگوریتم تطبیق نقشه



شکل 5. توابع عضویت فازی پارامترهای ورودی، قبل و پس از آموزش در روش L_{R-EP} .



شکل 6. نمودار همگرایی توابع تعلق فازی

جدول 1. اعمال انتخاب شده اتوماتاهای یاد گیر پس از آموزش

پارامتر سرعت	پارامتر فاصله
عمل انتخاب شده پس از آموزش	عملی انتخاب شده پس از آموزش
0.166	0.0625
0.5	0.59
0.77	0.784
0.85	0.88
0.95	0.98

جدول 2. مقایسه الگوریتمهای مختلف تطبیق نقشه

روش منطق فازی [7]	الگوریتم پیشنهادی (L_{RP})	الگوریتم پیشنهادی (L_{R-EP})	الگوریتم پیشنهادی (L_{RI})
تعداد نقاطی که با هیچ خیابانی تطبیق نیافته است	7	6	10
تعداد نقاطی که نادرست تطبیق یافته است	8	5	7

- ¹ Positioning
- ² Routing
- ³ Digital Map
- ⁴ Route Guidance
- ⁵ Map Matching
- ⁶ Dead Reckoning
- ⁷ Global Position System(GPS)

⁸ Selective Availability

⁹ Point to Point

¹⁰ Point to Curve

¹¹ Curve to Curve

¹² Scott

¹³ Linear Reward-Penalty Schema

¹⁴ Linear Reward-Inaction Schema