Archive of SID

# اولویت‌دهی به خودروهای اضطرار از جمله پلیس در مسیریابی چند عاملی شهری با امکان انتخاب مسیر میانی

مریم حبیبی[۱]، علی برومندنیا[۲]، علی هارون آبادی[۳]
۱- دانشجوی دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر، واحد قم- دانشگاه آزاد اسلامی- قم- ایران
mrayamhabibee@gmail.com
۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر، واحد تهران جنوب- دانشگاه آزاد اسلامی- تهران- ایران
broumandnia@gmail.com
۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر، واحد تهران مرکز- دانشگاه آزاد اسلامی- تهران- ایران
a.harounabadi@gmail.com

**چکیده:** ازدحام ترافیک و راهنمایی مسیر از اجزای اساسی در توسعه شهری در شهرهای بزرگ است. نحوه مسیریابی خودروها و جابجایی ترافیک تأثیر مستقیم بر یکدیگر دارند. بنابراین، اولین قدم تعیین معیاری برای ارزیابی وضعیت ترافیک است. نوع وسایل نقلیه نیز باید در مسیریابی در نظر گرفته شود. وسایل نقلیه اضطرار (آتش نشانی، اورژانس و پلیس) باید در اسرع وقت به محل ماموریت خود برسند. حمل و نقل عمومی نیز باید مطابق برنامه ریزی‌های خود پیش برود. رانندگان وسایل نقلیه می‌توانند خیابانی را به عنوان مقصد میانی انتخاب کنند (سوار کردن فردی در بین مسیر- اعزام، رسیدن به محل ماموریت، رفتن به مقصد). در این مقاله، سعی شده است تا برای به موقع رسیدن خودروهای اضطرار ۱) مسیریابی با انتخاب مقصد میانی برای وسایل نقلیه و ۲) اولویت بندی خودروها پیشنهاد شده است. الگوریتم اول یک مدل راهنمای مسیر مبتنی بر عامل را پیشنهاد می‌کند که علاوه بر یافتن مسیرهای با کمترین زمان سفر، رانندگان می‌توانند با توجه به علاقه خود، بخشی از مسیر را به عنوان مقصد میانی انتخاب کنند تا سطح رضایت آنان افزایش یابد. الگوریتم دوم حضور وسایل نقلیه اضطراری را در نظر می‌گیرد. الگوریتم مسیریابی بر اساس کلونی مورچگان با فرمون تبخیر شونده، کوتاه ترین مسیر با کمترین زمان سفر را می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی ثابت می‌کنند که الگوریتم‌های پیشنهادی عملکرد بهتری دارند.

**واژه‌های کلیدی: مسیریابی** چند عاملی، اولویت بندی خودروهای اضطرار، کلونی مورچگان، انتخاب مسیر میانی.



| | |
|---|---|
| **تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۱۵** | **تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲** |
| **از صفحه ۱۳ تا ۲۴** | **نوع مقاله : پژوهشی** |
| **نویسنده مسئول: علی برومندنیا** | **نشریه علمی فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی- دوره دوم- شماره ۶ - تابستان ۱۴۰۰** |



www.SID.ir

Archive of SID

## ۱- مقدمه

با همه‌گیری مربوط به COVID-19، چندین گزارش مبنی بر این که استفاده از وسایل حمل و نقل شخصی در حال افزایش است، منتشر شدند زیرا مردم سعی می‌کنند تا آن‌جا که ممکن است از حمل و نقل عمومی استفاده ننمایند. این امر منجر به افزایش ازدحام و تراکم ترافیک می‌شود و از این رو مسئله انتخاب یک مسیر برای رفتن از A به B بیشتر و بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. این امر خصوصاً در مورد مسافرانی که تقریباً هر روز سفر معینی را انجام می‌دهند از اهمیت بیشتری برخوردار است و از این رو رانندگان فرصتی برای یادگیری و یا سازگاری با الگوهای ترافیکی دارند که روزانه با آن روبرو می‌شوند.

برای رسیدگی به چالش‌های ناشی از تقاضای روزافزون، مقامات کنترل ترافیک و کارشناسان راهنمایی و رانندگی سعی می‌کنند جریان را بین مسیرهای موجود توزیع نمایند تا زمان کلی سفر را به حداقل برسانند.

غالباً، این کار نیاز به نوعی ارتباط با رانندگان دارد. رویکردهای سنتی مانند حضور فیزیکی ماموران راهنمایی و رانندگی برای هدایت مسیر، پنل‌های پیام متغیر یا پخش رادیویی اکنون از طریق انواع جدیدی از وسایل ارتباطی جایگزین شده‌اند. امروزه اپلیکیشن‌های متنوع با قابلیت‌های جذاب به منظور مسیریابی و راهنمایی مسیر از مبدا تا مقصد ارائه شده‌اند که همچنان تلاش‌ها برای بهبود مسیریابی و افزایش قابلیت‌های آنها ادامه دارد. با توجه به این که تعداد کاربران سیستم‌های ناوبری در حال افزایش است، رقابت برای بهبود این اپلیکیشن‌ها و تحقیقات در زمینه آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

از طرف دیگر، کارشناسان، ترافیک را به عنوان یک سیستم پیچیده در نظر می‌گیرند که پیش بینی رفتار آن بسیار مشکل است. یک سیستم پیچیده از چندین مؤلفه به نام سیستم چند عاملی تشکیل می‌گردد. سیستم‌های چند عاملی شامل تعدادی موجودیت به نام عامل هستند که با یکدیگر در تعامل می‌باشند [۵]. اگر سیستم چند عاملی شامل عوامل بسیاری باشد، تعاملات زیادی وجود خواهند داشت که پیش بینی رفتار آن سیستم پیچیده را دشوار می‌کند. هرچه این تعاملات پیچیده تر شود، توانایی درک آن نیز مشکل تر می‌گردد و باید تلاش برای درک یا پیش بینی آن افزایش یابد. رفتار کلی این اجزای در تعامل، غیر خطی است. بدین معنی که از تعاملات دو عامل نمی‌توان در مورد کل سیستم تصمیم گیری کرد. سیستم‌های بسیاری را در دنیای واقعی می‌توان به عنوان سیستم پیچیده در نظر گرفت که سیستم ترافیک یکی از آنها است. در این سیستم، اتومبیل‌ها به عنوان موجودیت (عامل ) عمل می‌کنند و سیستم را "سیستم چند عاملی" می‌نامند. هنگام صحبت در مورد ترافیک، حرکت هر وسیله نقلیه و پاسخ آن به حرکت وسایل نقلیه دیگر در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال، وقتی مسیری به دلیل تصادف مسدود می‌شود، ابتدا باید ماشین بایستد و سپس با سرعت کم ماشین‌های دیگر را دنبال کند.

ترکیبی از رفتار وسایل نقلیه، یک سیستم ترافیکی چند عاملی و پیچیده ایجاد می‌کند.

از مسیریابی گاهی به عنوان واگذاری مسیر یا واگذاری ترافیک نیز یاد می‌شود. فرض کنید V مجموعه تمام وسایل نقلیه موجود در سیستم باشد. هر وسیله نقلیه $v \in V$ در زمان $t_0(v)$ از مبدا خود $o(v)$ خارج می‌شود و تلاش می‌کند تا به مقصد $d(v)$ برسد به گونه‌ای که هزینه سفر در نظر گرفته شده برای آن را به حداقل برساند (که اغلب زمان سفر در نظر گرفته می‌شود) [۱].

تعیین دقیق زمان سفر در هر بخش از مسیر سخت است (زیرا زمان سفر در هر بخش جاده، پویا است). بنابراین، سایر توابع هزینه قطعی تر، اغلب به عنوان یک تابع هزینه جایگزین $c$ با دقت کمتر (به عنوان مثال، طول بخشی از جاده، زمان سفر فعلی در بخشی از جاده و غیره) به کار می‌روند.

مسیر $r(v) \in R$ برای خودروی $v \in V$ را با لیستی از بخش‌های جاده $\{s_0^v, s_1^v, \dots, s_n^v\}$ در نظر بگیرید به طوری که:

- $s_0^v = o(v)$
- $s_n^v = d(v)$
- برای هر $i \in \{1, \dots, n\}$ ، $s_{i-1}^v$ توسط یک تقاطع خیابان به $s_i^v$ متصل شده است.

هدف از منظر هر وسیله نقلیه $v \in V$ پیدا کردن مسیر $r(v) = \{s_0^v, s_1^v, \dots, s_n^v\}$ می‌باشد به طوری که تابع هزینه سفر جانشین c (r (v)) آن را که برابر با مجموع تابع هزینه سفر جانشین هر بخش جاده $c(s_i^v)$ است، به حداقل برساند که در آن با $s_i^v \in r(v)$ (رابطه ۱).

$$c(r(v)) = \sum_{s_i^v \in \{s_0^v, s_1^v, \dots, s_n^v\}} c(s_i) \qquad (۱)$$

راهنمایی مسیر در یک محیط پویا، که یک موضوع داغ تحقیقاتی در زمینه سیستم حمل و نقل هوشمند (ITS)* است ، نوید بهبود ظرفیت مدیریت ترافیک شهری و کاهش ازدحام ترافیک در شهرهای بزرگ را می‌دهد. یک توافق در بسیاری از روش‌های راهنمایی مسیر، جلوگیری از ازدحام ترافیک تا حد امکان است [۲]-[۵].

[1] Intelligent Transportation System

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور سنتی، استفاده از راهنمای جریان ترافیک به عنوان ابزاری برای افزایش کارایی ترافیک تا حدی خاص پیشنهاد شده است.

بنابراین، بسیاری از شهرهای بزرگ به‌طور گسترده‌ای تابلوهای پیام متغیر را نصب کرده اند یا از رادیو برای پخش اطلاعات جریان ترافیک در زمان واقعی استفاده کرده اند. از طرف دیگر با این وجود، اطلاعات موجود در این سیستم‌ها برای همه رانندگان در دسترس است و ازدحام به راحتی به قسمت‌های دیگر شبکه منتقل می‌شود. در حالی که کارهای زیادی در مقالات مختلف وجود دارند که سیستم‌های ناوبری خودروی متفاوتی را برای بهبود زمان سفر رانندگان و افزایش کارایی شبکه‌های جاده‌ای در سطح شهر پیشنهاد می‌کنند، مسیریابی در مناطق شهری هنوز یک مشکل ماندگار است [۶].

در این مقاله سعی بر آن است که یک الگوریتم مسیریابی چند عاملی با امکان انتخاب مسیر میانی و نیز اولویت بندی خودروها جهت در نظر گرفتن اولویت بالاتر برای خودروهای اضطرار در حال ماموریت (آتش نشانی، اورژانس و پلیس) به منظور افزایش سطح رضایت کاربر ارائه گردد. در ادامه، این مقاله شامل پیشینه پژوهش در بخش ۲، روش پیشنهادی در بخش ۳، شبیه‌سازی در بخش ۴، نتایج شبیه‌سازی در بخش ۵ و نتیجه گیری در بخش ۶ می‌باشد.

## ۲- پیشینه پژوهش

راهنمایی مسیر در ترافیک شهری اساساً مشکل کوتاه ترین مسیر در تئوری گراف است. الگوریتم A* روش اصلی برای حل این مسئله می‌باشد و تحقیقات قابل توجهی در مورد چنین موضوعی انجام شده است [۷]-[۱۰]. در [۸]، یک الگوریتم بهبود یافته A* برای بهبود قابلیت اطمینان هدایت مسیر ارائه شده است که در آن جریمه‌هایی به جاده‌های با احتمال بالای ازدحام اضافه می‌شوند. الگوریتم A* به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا اصلاح آن آسان است و در جستجوی راه حل‌های بهینه بسیار کارآمد می‌باشد. به عنوان مثال، در [۹] یک الگوریتم مسیریابی بهینه متغیر زمانی دو جهته مبتنی بر یک عملکرد ابتکاری بهبود یافته و یک فناوری جستجو با بازگشت به عقب پیشنهاد شده است. این کار، سرعت یافتن مسیر را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.

در حل مشکلات بهینه‌سازی با فضای جستجو در ابعاد بالا، الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلاسیک راه حل مناسبی ارائه نمی‌دهند زیرا فضای جستجو با اندازه مسئله به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد، بنابراین حل این مشکلات با استفاده از تکنیک‌های دقیق (مانند جستجوی جامع) عملی نیست [۱۱]. طی دهه‌های گذشته، علاقه به الگوریتم‌های الهام گرفته از رفتارهای پدیده‌های طبیعی افزایش یافته است. توسط بسیاری از محققان نشان داده شده است که این الگوریتم‌ها برای حل مسائل پیچیده محاسباتی مانند بهینه‌سازی توابع هدف، تشخیص الگو، اهداف کنترل، پردازش تصویر، مدل‌سازی فیلتر، غیره بهینه‌سازی و غیره. این الگوریتم‌ها به تدریج توسط محققان در بسیاری از مناطق مختلف تجزیه و تحلیل می‌شوند یا از آن‌ها استفاده می‌کنند. این الگوریتم‌ها مشکلات مختلف بهینه‌سازی را حل می‌کنند. با این حال، الگوریتم خاصی برای دستیابی به بهترین راه‌حل برای همه مشکلات بهینه‌سازی وجود ندارد. برخی از الگوریتم‌ها برای برخی از مشکلات خاص راه حل بهتری نسبت به بقیه ارائه می‌دهند. از این رو، جستجوی الگوریتم‌های جدید بهینه‌سازی اکتشافی یک مسئله باز است.

علاوه بر این الگوریتم‌های قطعی، برخی از الگوریتم‌های ابتکاری نیز وجود دارند [۱۲]-[۱۵] که می‌توانند مسیرهای مختلف با بهترین یا کمتر از حد مطلوب را با توجه به سناریوهای خاص ترافیک ارائه دهند. بسیاری از روش‌ها سعی می‌کنند شرایط غالب یا شرایط پیش بینی شده یک شبکه را تخمین بزنند [۱۵]. این روش‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: پیش بینی کوتاه مدت [۱۶]، [۱۷] و پیش‌بینی بلند مدت [۱۸]، [۱۹]. بعضی از روش‌ها فقط از داده‌های فعلی استفاده می‌کنند [۲۰]، بعضی دیگر فقط داده‌های قبلی را در نظر می‌گیرند [۲۱]، در حالی که [۲۲] داده‌های قبلی و فعلی را با هم ادغام می‌کنند.

پیش بینی ترافیک می‌تواند برای رانندگان بسیار مفید باشد، اما ممکن است با توجه به تغییر در الگوی ترافیک، بهترین تطابق در پایگاه داده‌ها پیدا نشود.

از طرف دیگر، روش‌های راهنمایی مسیر از منظر سیستم و یا از دید کاربر مورد مطالعه قرار گرفته اند [۲۳]-[۲۵]. کوتاهترین زمان سفر یا مسافت طی شده، موارد اصلی برای چنین سیستم‌هایی می‌باشند. این کار ممکن است منجر به ازدحام ترافیک شود زیرا مسیر بهینه برای کاربر مسیری است که فقط ترجیحات کاربر را به حداکثر برساند.

در برخی از تحقیقات، روش‌های راهنمایی مسیر برای یافتن توزیع بهینه ترافیک نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۲۶]-[۲۸]. مشهود است که یک سیستم راهنمایی مبتنی بر ترجیحات سیستم گاهی ناعادلانه به نظر می‌رسد زیرا برخی از ترجیحات کاربران به خاطر منافع سیستم قربانی می‌شوند. بنابراین، در یک سیستم هدایت مسیر سیستم گرا، وقتی بی‌انصافی به یک سطح خاص برسد، کاربر ممکن است از راهنمایی مسیر پیروی نکند، در نتیجه قصد اصلی بهینه‌سازی سیستم را نقض می‌کند. با مهار رفتارهای خود محور کاربران یا پرهیز از

www.SID.ir

Archive of SID

مسیرهای پر ازدحام، می‌توان بین مزایای فردی و سراسری مصالحه ایجاد کرد [۲]، [۴]، [۲۹].

جدول (۱): خلاصه روش‌های مسیریابی

| | |
|---|---|
| راهنمایی مسیر در ترافیک شهری با استفاده از الگوریتم *A. | [۷]-[۱۰] |
| الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلاسیک راه حل مناسبی ارائه نمی‌دهند زیرا فضای جستجو با اندازه مسئله به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد. | [۱۱] |
| استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری | [۱۲]-[۱۵] |
| تخمین شرایط پیش بینی شده یک شبکه<br>- پیش بینی کوتاه مدت<br>- پیش‌بینی بلند مدت<br>- فقط استفاده از داده‌های فعلی<br>- فقط استفاده از داده‌های قبلی<br>- ادغام داده‌های قبلی و فعلی | [۱۵]<br>[۱۶] و [۱۷]<br>[۱۸] و [۱۹]<br>[۲۰]<br>[۲۱]<br>[۲۲] |
| مطالعه روش‌های راهنمایی مسیر از منظر سیستم و یا از دید کاربر. | [۲۳]-[۲۵] |
| بررسی روش‌های راهنمایی مسیر برای یافتن توزیع بهینه ترافیک | [۲۶]-[۲۸] |
| در نظر گرفتن استراتژی‌های مسیریابی و تغییر مسیر که وابسته به زمان نامیده می‌شوند. | [۳۰] |
| استفاده از داده‌های سابقه عملکرد رانندگان در خیابان‌ها برای اطلاع‌رسانی به سیستم تصمیم‌گیری ناوبری | [۳۲] |
| تلاش برای پیش بینی شرایط ترافیک با استفاده از ویژگی‌های پیچیده موجود در چندین منبع و یا ترکیب مدل‌های پیشرفته | [۳۳] |

بسیاری از کارهای موجود در مقالات، یک یا چند شرط را برای شبکه ترافیک به عنوان هزینه‌ای به منظور به کار گیری استراتژی‌های مسیریابی و تغییر مسیر در نظر می‌گیرند که وابسته به زمان نامیده می‌شوند [۳۰]. به عنوان مثال، کائو و همکاران [۳۱] یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر رویکرد چند عاملی را پیشنهاد می‌کنند که زمان سفر در زمان واقعی را در نظر می‌گیرد. پان و همکاران [۵] یک سیستم مسیریابی (تغییر مسیر) پیشنهاد می‌کنند که بار ترافیکی را در هر جاده در زمان واقعی در نظر می‌گیرد. با وجود تعداد قابل توجهی از کارهای وابسته به زمان، شبکه‌های ترافیکی پویا هستند و هنوز مشخص نیست که چه تابع هزینه‌ای (در صورت وجود)، زمان سفر بهتری را ارائه می‌دهد [۱].

برخی از کارهای اخیر، پیشنهاد داده‌اند که از داده‌های سابقه عملکرد رانندگان در خیابان‌ها برای اطلاع‌رسانی به سیستم تصمیم گیری ناوبری [۳۲] یا تلاش برای پیش بینی شرایط ترافیک با استفاده از ویژگی‌های پیچیده موجود در چندین منبع و یا ترکیب مدل‌های پیشرفته [33] استفاده شود، اما این کارها باعث ایجاد چندین مسئله در رابطه با جمع‌آوری داده‌ها [۳۴]، ذخیره داده‌ها [۳۵]، کیفیت داده‌ها [۳۶] و پردازش داده‌ها [۳۷] گردیده اند.

خلاصه روش‌های گفته شده این بخش در جدول (۱) آورده شده است.

## ۳- روش پیشنهادی

چگونگی مسیریابی خودروها در شهرها و ترافیکی که در هر شهر در جریان است، تأثیر مستقیمی بر یکدیگر می‌گذارند. یعنی این که هر چه ترافیک سنگین‌تر باشد، خودروها دیرتر به مقصد می‌رسند و هر چه خودروهای بیشتری به مسیرهای مشترک هدایت شوند، ترافیک در آن مسیرها سنگین‌تر می‌گردد. بنابراین اولین قدم تعیین یک معیار برای ارزیابی وضعیت ترافیک در هر جاده است.

در این تحقیق معتقدیم که در مسیریابی خودروها اندازه و وزن خودرو هم باید لحاظ شود. فرض کنیم که یک کامیون سنگین ۲۰ تنی می‌خواهد به نقطه‌ای خاص در حومه شهر وارد شود. فرض کنید در یکی از خیابان‌هایی که این کامیون در حال ورود به آن است، پلی وجود دارد که محدودیت وزن ۱۰ تن را دارد. هدایت این کامیون به این جاده خطرناک است که در صورت بی توجهی راننده به علائم جاده‌ای منجر به حادثه خواهد شد و در صورتی هم که راننده متوجه این محدودیت وزنی شود و بخواهد از مسیر دیگری برود، اطمینان به مسیریابی از بین می‌رود.

از طرف دیگر، نوع کاربری خودروها نیز باید در مسیریابی لحاظ شود. خودروهای اضطرار باید دارای اولویت بالاتری نسبت به خودروهای عادی باشند و در کوتاهترین زمان ممکن در محل مأموریت خود حاضر شوند. خودروهای حمل و نقل عمومی هم باید مسیر حرکت خود را بر اساس برنامه و در زمانی مشخص بپیمایند. بنابراین در فرآیندهای مسیریابی در ترافیک شهری، این خودروها دارای اولویت بالاتری نسبت به خودروهای عادی خواهند بود و باید مسیریابی برای آن‌ها به شیوه‌ای خاص و متفاوت از خودروهای معمولی صورت گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

## ۳-۱- ارزیابی ترافیک موجود در هر مسیر

در این بخش وضعیت ترافیک در هر مسیر و نحوه ارزیابی آن را بررسی می‌کنیم. برای هر بزرگراه و خیابان یک سقف سرعت مجاز تعریف شده است. برای ارزیابی وضعیت ترافیک از رابطه ۳-۱ استفاده می‌کنیم.
محاسبه سرعت خودروها با استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت انجام می‌پذیرد. تنها وظیفه‌ای که برای آن‌ها باید تعریف کرد این است که با استفاده از رابطه ۳-۱ وضعیت جریان ترافیک را در یک بازه زمانی ثابت برای یک خیابان خاص ارزیابی نمود.

در خیابان‌های یک طرفه، یک جریان وجود دارد در حالی که در خیابان‌های دو طرفه، دو جریان وجود دارد که به صورت مجزا ارزیابی می‌شوند. $T_{cs}$ در رابطه (۲) وضعیت کنونی جریان ترافیک را در یک خیابان بیان می‌کند و همان‌طور که در این رابطه مشخص است پارامتر $T_{cs}$ به صورت درصدی وضعیت ترافیک را بیان می‌کند. در این رابطه، k تعداد خودروهایی است که سرعت آنها ثبت شده است و $maxV$ حداکثر سرعت مجاز خودروها در خیابان مورد بررسی می‌باشد.

$$T_{cs} = \begin{cases} 0 & k = 0 \\ \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} v_i}{k \times maxV}\right) \times 100 & k \geq 1 \end{cases} \quad (۲)$$

بدین ترتیب وضعیت ترافیک جاری در هر خیابان با استفاده از یک رابطه ریاضی، در بازه زمانی از پیش تعریف شده محاسبه گردید. این محاسبات را دوربین‌های کنترل سرعت انجام می‌دهند و علاوه بر گزارشات خود که همان تصویر خودروهایی است که از حداکثر سرعت مجاز تعدی کرده‌اند، سرعت جریان و تعداد خودروهای ثبت شده در آن بازه زمانی را به عامل مرکزی خود گزارش می‌کنند. عامل مرکزی این گزارش‌ها را در بازه‌های زمانی بزرگتری جمع‌آوری می‌کند و وضعیت جریان را در بازه‌های بعدی پیش‌بینی می‌نماید.

با استفاده از این گزارش‌ها به مرور برای هر جاده یک الگوی رفتاری در ساعت‌های مختلف روز در عامل مرکزی که در حال کنترل ترافیک و مسیریابی است، ایجاد می‌شود. این مرکز به مرور وضعیت ترافیک را برای ساعات مختلف روز و همچنین روزهای مختلف هفته شناسایی می‌کند و از این الگو برای پیش‌بینی وضعیت ترافیک در ساعت‌های آتی و مسیریابی خودروها استفاده می‌نماید. این الگوها به عامل مرکزی امکان شناسایی بهترین شیوه مسیریابی را برای روزها و ساعت‌های مختلف فراهم می‌کند.

## ۳-۲- مسیر یابی خودروها براساس اندازه

در جاده‌های شهری و غیر شهری انواع مختلفی از خودروها در حال حرکت هستند که از نظر اندازه و وزن با یکدیگر متفاوت هستند. در بین جاده‌ها هم جاده‌های وجود دارند که از نظر اندازه خودرو و یا وزن خودرو دارای محدودیت می‌باشند. گاهی اوقات محدودیت اندازه خودروها در خیابان‌های داخل شهر رانندگان را دچار مشکل می‌کند و آن‌ها را مجبور به انتخاب مسیر دیگری می‌نماید. محدودیت وزن خودرو هم در خیابان‌هایی که پل‌های کوچک و تحمل وزنی محدودی دارند، ممکن است برای رانندگان مشکل به وجود آورد.

محدودیت اندازه خودرو در مسیر برای خیابان از قبل توسط علائم راهنمایی رانندگی مشخص شده است. در این حالت اندازه خودرو در فرآیند مسیریابی باید لحاظ شود، تا تمام فرآیندهای مسیریابی کارآمد باشد و هر خودرو با محدودیت اندازه نیز بتواند از نتیجه هر مسیریابی استفاده نماید. این مورد در رابطه با وزن خودرو نیز صدق می‌کند. در نتیجه در فرآیند مسیریابی از رابطه (۳) برای انتخاب یک جاده با توجه به وزن و رابطه (۴) برای مناسب بودن اندازه خودرو در مسیریابی از مبداء تا مقصد استفاده می‌شود. همان طور که در ادامه مشاهده می‌شود، در روابط (۳)، تابع $w(x)$ محدودیت وزنی و (۴)، تابع $L(x)$ محدودیت طولی را مشخص می‌کنند. رابطه (۵) با در نظر گرفتن نتایج مربوط به توابع $w(x)$ و $L(x)$ در صورتی که دارای خروجی با مقدار ۱ باشد، خودرو می‌تواند از جاده عبور کند، در غیر این صورت عبور این خودرو از این خیابان غیرمجاز است و باید مسیر دیگری جایگزین گردد.

$$w(x) = \begin{cases} 1 & w_{road} \geq w_{vehicle} \\ 0 & w_{road} < w_{vehicle} \end{cases} \quad (۳)$$

$$L(x) = \begin{cases} 1 & l_{road} \geq l_{vehicle} \\ 0 & l_{road} < l_{vehicle} \end{cases} \quad (۴)$$

$$u(x) = \begin{cases} 1 & L(x) = 1 \ \wedge w(x) = 1 \\ 0 & L(x) = 0 \ \vee w(x) = 0 \end{cases} \quad (۵)$$

## ۳-۳- اولویت خودرو براساس کاربری خودرو

در مسیریابی خودروها، اولویت‌بندی خودروها براساس نوع آن‌ها موضوعی بسیار مهمی است. چرا که فرآیند مسیریابی باید به شکلی انجام گیرد که خودروهای اضطرار که در حال انجام مأموریت هستند و یا اتوبوس‌های حمل و نقل عمومی به موقع در محل، حاضر شوند. از طرفی خودروهای اضطرار از نظر نوع نیز باید دارای اولویت باشند.

عامل‌ها که در حال پیشنهاد مسیر به خودروها هستند، با استفاده از این اولویت‌ها مسیریابی را به شکلی انجام می‌دهند که خودروهای اضطرار به موقع در محل مأموریت خود آماده شوند.

انواع خودروهای اضطرار که در این پژوهش در نظر گرفتیم عبارتند از آمبولانس‌ها، خودروهای آتشنشانی و خودروهای پلیس.

www.SID.ir

Archive of SID

خودروهای حمل و نقل عمومی (مانند اتوبوس‌ها) هم دارای اولویتی پس از اولویت خودروهای اضطرار می‌باشند. مقادیر اولویت از ۵ تا ۱ است به طوری که اولویت بالاتر دارای مقدار بزرگتر می‌باشد.

ترتیب اولویت خودروها عبارت است از آمبولانس، خودروهای آتش نشانی، خودروهای پلیس، خودروهای حمل و نقل عمومی و سایر خودروها. کمترین اولویت مربوط به خودروهای شخصی است.

## ۳-۴- مسیر یابی خودروها

مسئله مسیریابی خودروها پیچیده است. میزان ترافیک شهری، نوع کاربری خودرو، اندازه و وزن خودرو و همچنین وضعیت جاده‌ها بر مسیریابی خودروها تأثیر می‌گذارند. حل این مسئله به صورت یکپارچه دشوار است. برای کاهش پیچیدگی مسئله مسیریابی خودروها، در این پژوهش مسیریابی به صورت چند سطحی انجام گرفته است. بدین ترتیب که نقشه سطح شهر را به چندین سلول مساوی تقسیم می‌کنیم. این سلول‌ها مساحت یکسانی دارند و توزیع آن‌ها همانند شکل (۱) که سلول بندی برای شهر تهران صورت گرفته است، خواهد بود.

در مرحله بعد که در شکل (۲) آمده است، هر کدام از سلول‌های مشخص شده در شکل (۱)، خود به چندین قسمت تقسیم می‌شوند (سطح ۱). مسئولیت مسیریابی در سطح ۱ بر عهده عامل مسیریاب است که مسئول مدیریت ترافیک و مسیریابی در درون آن بخش می‌باشد. عامل، نقطه ورود خودرو را از عامل قسمت مجاور می‌گیرد و نقطه خروج را با عامل بعد هماهنگ می‌کند. روش کار به این صورت است که عامل سطح ۱ مسیر حرکت خودرو را در درون ناحیه خود مشخص می‌کند و این مسیر را به خودرو درخواست کننده اطلاع می‌دهد.

شکل (۱): تقسیم‌بندی نقشه شهر تهران به سلول‌های سطح ۲

شکل (۲): تقسیم‌بندی سلول‌های سطح ۲ به سطح ۱

عامل‌ها از وضعیت ترافیکی جاده‌ای که مسئول آن هستند همواره به عامل‌های سطح بالاتر گزارش می‌دهند. عامل سطح بالاتر، گزارش‌ها را جمع‌آوری می‌کند و از وضعیت ترافیکی منطقه خود یک تصویر کلی بدست می‌آورد. آن‌ها هم این تصویر کلی را به عامل سطح بالاتر گزارش می‌دهند. عامل‌های سطوح بالاتر از این تصاویر استفاده می‌کنند و دستورات لازم را به عامل‌های سطوح پایین‌تر می‌دهند. هر عامل تنها مسئولیت رساندن خودرو به نقطه خروج و یا به مقصد را بر عهده دارد.

## ۳-۵- مسیر یابی سطح ۱

مسیر یابی در سطح ۱ بدین صورت است که راننده درخواست خود را با مشخص کردن مبدا و مقصد اعلام می‌دارد. در اینجا ممکن است دو حالت رخ دهند. در حالت اول راننده در درون سلول سطح ۱ قرار دارد و حرکت خود را از این سلول آغاز کرده است. در این حالت در خواست خود را برای عامل سطح ۱ ارسال می‌کند. در حالت دوم عامل سطح ۱ منتظر ورود خودرو از نقطه‌ای که قبلاً مشخص شده می‌باشد.

در صورتی که راننده درخواست عبور از یک خیابان خاص را داشته باشد، مسیریاب در گام نخست بررسی می‌کند که آیا شرایط خودرو برای ورود به آن خیابان مناسب است یا خیر؟ در صورتی که محدودیت عبور برای این خودرو از خیابان مورد نظر راننده وجود داشته باشد، مسیریاب به راننده هشداری مبنی بر عدم امکان عبور از آن خیابان را می‌دهد. هشداری که به راننده داده می‌شود، می‌تواند شامل محدودیت‌های ترافیکی یا شرایط ترافیکی نیز باشد.

در گام بعد مسیر از مبدا یا نقطه ورود به سمت مقصد یا نقطه خروج، ارزیابی می‌گردد و مسیر بدست آمده به راننده ارائه می‌شود.

روش مسیریابی با استفاده از کلونی مورچگان است. هر مورچه مشخصات خودرو را می‌گیرد و مسیرهای سطح سلول را می‌پیماید و به نقطه شروع باز می‌گردد. مسیری که مورچه‌های بیشتری از آن عبور کرده باشند، مسیر بین مبداء تا مقصد و یا مسیر بین نقطه ورود و خروج خواهد بود. در صورتی که مورچه در طول عمر خود نتواند بازگردد، می‌میرد. به این ترتیب مسیریابی در سلول سطح ۱ انجام می‌شود و نتیجه اجرای این الگوریتم، کشف تمامی مسیرهای موجود است.

## ۳-۶- شناسایی مسیرهای موجود بین نقطه شروع و نقطه پایان

الگوریتم پیشنهادی به شکلی که در ادامه شرح داده می‌شود، مسیر بین مبدا میانی یا اصلی و مقصد میانی یا نهایی را کشف می‌کند. به

www.SID.ir

Archive of SID

این دلیل از عبارت مبدا میانی یا اصلی استفاده شده است که عامل سطح ۱ می‌تواند مسیریابی را در محدوده سلول سطح ۱ انجام دهد. بنابراین ممکن است این مبدا، محل شروع حرکت خودرو و یا محل ورود خودرو به یک سلول سطح ۱ باشد. در مورد عبارت مقصد میانی یا نهایی هم همین مورد صادق است. یعنی این که ممکن است، مقصد میانی یا نقطه خروج از سلول سطح ۱ و یا مقصد نهایی خودرو باشد.

روش کار به این صورت است که درخواست در فرمت مشخص شده شکل (۳) به عامل سطح ۱ داده می‌شود. این عامل با توجه به گراف جهت دار شبکه جاده‌ای، مسیریابی را انجام می‌دهد. گراف شبکه جاده‌ای به این صورت است که هر نقطه انشعاب یا تقاطع خیابان‌ها معرف یک راس خواهد بود. برچسب هر راس شامل یک نام، مختصات مکانی و اطلاعات اضافی خواهد بود. هر یال هم معرف مسیر است که برچسب آن شامل شناسه‌ای منحصر به فرد، طول، حداکثر سرعت مجاز، وجود لاین اضطرار، تعداد لاین‌ها، سرعت جریان ترافیک در هر لاین، چگالی خودروها و محدودیت ترافیکی خواهد بود.

| | | |
|---|---|---|
| Number plate | Type | Source |
| Destination | Expected Arriving Time | Tolerable Delay |
| Length | | Width |

شکل (۱): فرمت درخواست مسیریابی

عامل سطح ۱ در صورتی که این در خواست را از عامل سطح ۲ یا ۳ دریافت کرده باشد، به سرعت مسیریابی خود را آغاز می‌کند و نتیجه را اعلام می‌دارد. اما در صورتی که از خودرو دریافت کرده باشد، وجود مقصد را در سلول خود بررسی می‌کند. اگر مقصد در همین سلول نبود، آن را برای نزدیک‌ترین عامل در سطح بالاتر خود (سطح ۲) که مبدا در آن قرار دارد ارسال می‌نماید. بررسی وجود مقصد در محدوده سلول هر عامل در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول وجود مختصات مقصد در سلول سطح عامل آغاز می‌شود و در مرحله دوم مسیری که به مقصد انتخابی برسد جستجو می‌گردد.

عامل برای مسیر یابی، n مورچه می‌سازد. این مورچه‌ها علاوه بر اطلاعات داده شده در شکل (۳) یک طول عمر هم دارند. هر مورچه در زمانی که زنده است باید به مقصد برسد و با برگشتن به مبدا، مسیری را که پیموده است برگرداند. مورچه‌ها در مسیر برگشت از خود فرومون به جا می‌گذارند. مقدار فرومونی که به جا می‌گذارند براساس رابطه (۶) محاسبه می‌گردد. این فرومون به مرور زمان تبخیر می‌شود. هر چه یک مسیر کمتر انتخاب شود، فرومون کمتری خواهد داشت. در ضمن هیچ فرومونی در مسیری که به مقصد ختم نشود، گذارده نخواهد شد.

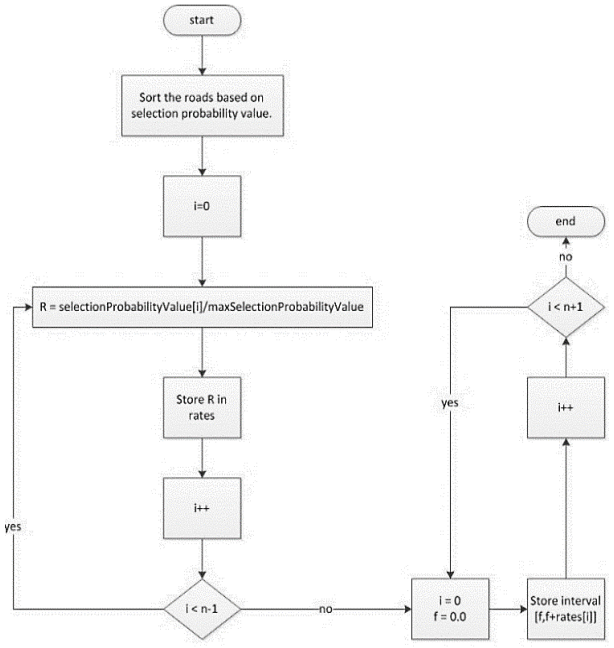
(۶)

$$\rho_{i+1} = \rho_i + \frac{|(arrival\ time + tolerableDelay) - predictedArrivalTime|}{predictedArrivalTime}$$

همانطور که بیان شد، هر یال دارای یک برچسب است. از طرفی هم ممکن است یال حاوی مقداری فرومون باشد. هر گاه مورچه به یک راس برسد، به هر یال یک احتمال انتخاب براساس رابطه (۷) تخصیص می‌دهد.

$$P_i = \begin{cases} \frac{flowSpeed \times \rho_i}{\max Speed} & u(x) = 1.\ \ density > 0 \\ 1 & u(x) = 1.\ density = 0 \\ 0 & u(x) = 0 \end{cases} \qquad (۷)$$

با استفاده از الگوریتم ارائه شده در شکل (۴) به هر یال یک بازه از اعداد حقیقی که اجتماع آن‌ها [0,1] است تخصیص می‌دهد. در نهایت یک عدد تصادفی در بازه [0,1] تولید می‌کند. این عدد تصادفی در هر بازه‌ای که قرار بگیرد، یال متناظر با آن بازه انتخاب می‌گردد. توجه داشته باشید که بین مبداء و مقصد ممکن است بیش از یک مسیر کشف شود.




شکل (۲): تنظیمات انتخاب بازه

## ۳-۷- مسیر یابی سطح ۲ و سطح ۳

در بخش قبل گفتیم که هر یک از عامل‌ها وضعیت ترافیک محدوده تحت پوشش خود را به عامل سطح بالاتر اعلام می‌کنند. در نتیجه عامل سطح ۲ و سطح ۳ می‌توانند سطح ترافیک هر سلول را به صورت جداگانه ارزیابی کنند. نتیجه ارزیابی به صورت یک برچسب به روی سلول زده می‌شود. هدف از این برچسب‌ها ارائه بازه زمانی رسیدن به

www.SID.ir

Archive of SID

مقصد با خطای کمتر است. عامل‌های این سطوح تنها سلول‌هایی را مشخص می‌کنند که هر خودرو باید از آن‌ها عبور کند.

به این نکته توجه داشته باشید که هیچ عاملی در فرآیند مسیریابی عامل پایین دست خود دخالت نمی‌کند و درخواست مسیریابی از یک عامل به عامل سطح بالاتر تنها در صورتی ارسال می‌شود که مقصد خارج از محدوده عاملی که در خواست را دریافت کرده است، باشد. عامل سطح ۳ سلول‌های سطح ۲ و عامل‌های سطح ۲ سلول‌های سطح ۱ را رهبری می‌کنند. به عبارتی می‌توان گفت عامل‌های سطح ۱ مسیریابی محلی، عامل‌های سطح ۲ مسیریابی منطقه‌ای و عامل‌های سطح ۳ مسیریابی سراسری را مشخص می‌کنند.

روش مسیریابی در این سطوح به این شکل است که بین مبداء و مقصد یک خط مستقیم در نظر گرفته می‌شود. سلول‌هایی که این خطوط از آن‌ها عبور می‌کنند، سلول‌هایی هستند که خودرو باید از آن‌ها عبور کند. اما در صورتی که ظرفیت سلولی بیش از حد آستانه باشد، با سلول‌های اطراف جایگزین می‌گردد. در صورتی که سلول‌های اطراف هم در همان وضعیت باشند، سلولی که ظرفیت آن خالی تر از سایرین است به عنوان سلول جایگزین انتخاب می‌شود.

## ۴- شبیه سازی

شبیه‌سازی ترافیک ابزاری است قدرتمند برای دستیابی به اثرات واقعی که نمی‌توان از روش‌های تحلیلی بدست آورد. برای تعیین تأثیر روش هدایت مسیر، معمولاً یک آزمایش شبیه‌سازی انجام می‌شود. با این حال، داده‌های شبیه‌سازی به‌طور کلی از یک سناریوی خاص ترافیک در دنیای واقعی تخمین زده می‌شوند، زیرا تخمین همه سناریوهای ترافیک در دنیای واقعی دشوار است. بنابراین، اگر یک روش هدایت مسیر نتواند استراتژی خود را با توجه به ویژگی‌های مکانی-زمانی سناریوهای مختلف ترافیک تنظیم کند، پس نمی‌تواند نتایج بهینه را در همه سناریوهای ترافیکی تضمین کند. بیشتر روش‌های هدایت مسیر پویا به دلیل کمبود توانایی انطباقی، وابستگی خاصی به داده‌های شبیه‌سازی دارند و تلاش محققان در کاهش این وابستگی است.

در این قسمت تلاش شده تا روشی برای شبیه‌سازی سناریوی تعریف شده در قسمت قبل ارائه گردد. برای این منظور ابتدا شرایط شبیه‌سازی را بیان می‌کنیم. برای شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی، از پلتفرمی که توسط C# پیاده‌سازی کرده‌ایم، استفاده نموده‌ایم.

پلتفرم پیاده‌سازی شده مجموعه‌ای از چهارراه‌ها را به عنوان ورودی دریافت می‌کند. پس از ایجاد تمام چهارراه‌ها، خیابان‌ها بین چهارراه‌ها ساخته می‌شوند. چهارراه‌ها با استفاده از دو تایی (شناسه، مختصات) و خیابان‌ها با استفاده از سه تایی (حداکثر سرعت، چهارراه ابتدایی، چهارراه انتهایی) به این سیستم داده می‌شوند.

خودروها در این شبیه ساز دارای پارامترهای وزن، نوع، شتاب و حداکثر سرعت هستند. در صورتی که دو خودرو در یک جهت حرکت کنند، خودروی دوم اجازه عبور از خودرو اول را ندارد و باید سرعت خود را با خودروی جلویی تنظیم کند. در مواقعی که سیستم بخواهد تصادف را شبیه‌سازی کند، اجازه برخورد دو خودرو را می‌دهد و خودروها برای مدتی در حالت برخورد باقی می‌مانند.

### ۴-۱- شرایط شبیه سازی

در این تحقیق دو فاکتور اولیه برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شده اند: (الف) انتخاب مسیر میانی و (ب) اولویت بندی خودروها برای بالا بردن اولویت مسیریابی خودروهای اضطرار جهت به موقع رسیدن به محل ماموریت. نتایج بدست آمده از شرایط فوق با حالتی که انتخاب مسیر میانی و اولویت بندی انجام نشده مقایسه گردید تا مشخص گردد که الگوریتم مسیریابی پیشنهاد شده بهتر از مقاله پایه [۳۸] است.

### ۴-۲- مسیر یابی چند عاملی در ترافیک شهری

شرایط شبیه‌سازی با در نظر گرفتن شرایط مقاله [۳۸] مشخص شده است. در این شبیه‌سازی واحد زمان ثانیه (s)، واحد طول متر (m) و سرعت متر بر ثانیه (m/s) است. در مجموع ۱۲ سلول منطقه‌ای تعریف شده و سپس هر سلول منطقه‌ای به ۱۲ سلول محلی تقسیم می‌شود. در نهایت محل تقاطع‌ها (چهارراه‌ها) به‌طور تصادفی در هر سلول محلی توزیع می‌گردد به طوری که فاصله هر دو محل اتصال ۱۰ متر است. جدول (۲) شرایط شبیه‌سازی را ارائه می‌دهد.

جدول (۲): شرایط شبیه‌سازی اول

| | |
|---|---|
| زمان شبیه سازی | 3600 s |
| تعداد چهارراه‌ها | 144 |
| آرایش چهارراه‌ها | Grid |
| محدوده شبیه سازی | 1000 m × 1000 m |
| تعداد خودروها | 1000 |

## ۵- نتایج شبیه سازی

الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم پایه را در C# شبیه‌سازی نمودیم. در این شبیه‌سازی تأثیر افزایش تعداد خودروها را در سطح شهر بر الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم پایه [۳۸] بررسی کردیم. در هر شبیه‌سازی با توجه به پارامترهای مقاله پایه، زمان

www.SID.ir

Archive of SID

رسیدن به مقصد، مدت زمان سفر و مسافت طی شده را به عنوان پارامترهای خروجی در نظر گرفتیم.

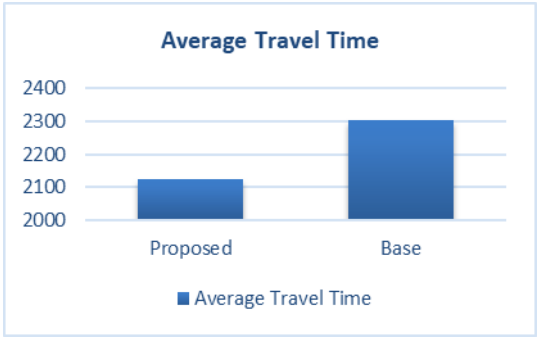
### ۵-۱- زمان رسیدن به مقصد

این پارامتر با استفاده از سیستم واحد کیلومتر شمار خودرو که هم سرعت و هم مسافت پیموده شده را ثبت می‌کند، شبیه‌سازی شده است. شبیه ساز پس از این که خودرو به مقصد خود رسید، این دو پارامتر را در جدولی ذخیره می‌نماید. در انتهای شبیه‌سازی از این جدول برای محاسبه میانگین بازه زمانی رسیدن به مقصد (رابطه ۸) و همچنین میانگین مسافت پیموده شده توسط خودروها استفاده می‌شود.

الگوریتم پیشنهادی تراکم هر جاده و سرعت جریان در هر جاده را

$$\bar{T} = \frac{\sum_{n}^{i=1} t_i}{n} \qquad (۸)$$

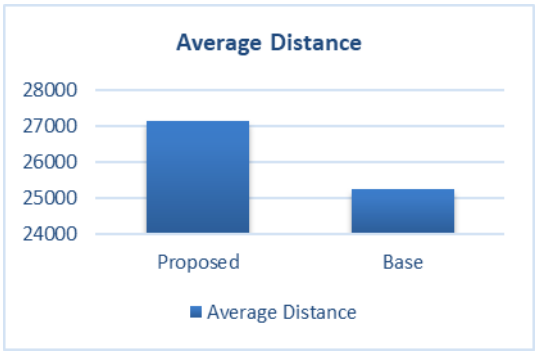
در نظر گرفته است. این استراتژی منجر به مسیریابی با قابلیت اطمینان بیشتر شد و به عبارت دیگر، الگوریتم پیشنهادی اول پیش بینی بهتری داشته است (شکل ۵).




شکل (۳): میانگین زمان سفر

### ۵-۲- مسافت پیموده شده

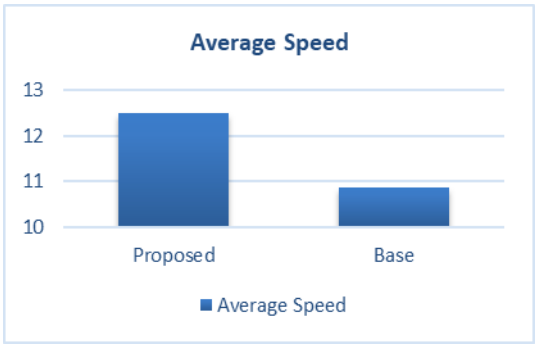
همانطور که در بخش قبل بیان شد، مسافت طی شده توسط خودروها در یک جدول ذخیره می‌شود که از این جدول برای محاسبه میانگین مسافت پیموده شده توسط خودروها استفاده می‌شود. این پارامتر به منظور نشان دادن این است که آیا الگوریتم پیشنهادی توانسته مسیریابی را به نحوی مدیریت کند که مسیرهای کوتاهتری پیموده شده باشد و خودروها نیز زودتر به مقصد برسند می‌باشد. در بخش قبل ثابت کردیم که خودروها زودتر به مقصد رسیده‌اند. در این بخش مسافت پیموده شده را بررسی می‌کنیم (شکل ۶).




شکل (۴): میانگین مسافت پیموده شده

### ۵-۳- میانگین سرعت خودروها

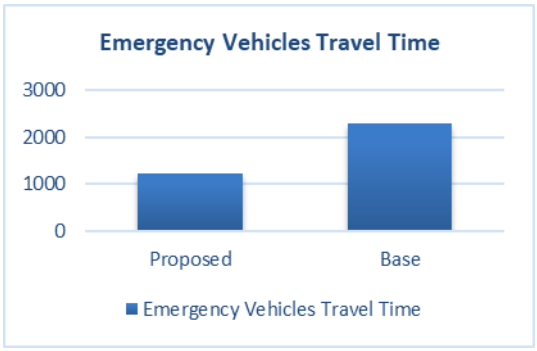
نحوه محاسبه این پارامتر بدین صورت بوده است که در طول شبیه‌سازی سرعت لحظه‌ای خودروها در یک فایل ذخیره شده و در انتهای شبیه‌سازی از این مقادیر معدل گیری شده است (شکل ۷).




شکل (۵): میانگین سرعت خودروها

### ۵-۴- متوسط زمان رسیدن به محل مأموریت

هدف این پارامتر این است که به‌طور متوسط ارزیابی کنیم که چه مدتی طول کشیده است تا خودروهای اضطرار در محل مأموریت خود حاضر شوند. نتایج ارزیابی این پارامتر در شکل (۸) آمده است.




شکل (۶: متوسط زمان رسیدن به محل ماموریت

www.SID.ir

Archive of SID

## ۶- نتیجه گیری

در این پژوهش، مسیریابی خودروها را بررسی کردیم. در فصل دوم الگوریتم‌های متفاوت را بررسی کردیم. از بین الگوریتم‌ها، الگوریتمی را انتخاب کردیم که مسیریابی را به صورت تقریباً توزیع شده انجام می‌دهد و به راننده امکان انتخاب مقصد، تعیین زمان مورد انتظار برای رسیدن به مقصد و اعلام تأخیر قابل تحمل برای رسیدن به مقصد را برای راننده فراهم کرده بود. از طرفی هم مسیریابی را به صورت یک مسئله برنامه نویسی خطی حل می‌کند. **مسی‌ری‌ابی** مرحله به مرحله و توسط عامل‌های مسیریابی در چهارراه‌ها صورت می‌گیرد. در این پژوهش تلاش شده است که این الگوریتم مسیریابی در چند گام ارتقاء داده شود.

در گام نخست مسیریابی در حوزه محلی انجام گرفته است. در همین هنگام، درخواست را به عامل مسیریابی سطح دوم می‌دهد، این عامل هم مسیریابی را بین مبداء و مقصد انجام دهد. در صورتی که گستره مسیریابی فراتر از سطح دوم برود، درخواست را برای عامل سطح سوم یا عامل مرکزی ارسال می‌کند. این عامل هم همانند عامل سطح دوم عمل خواهد کرد و تنها منطقه‌هایی را که باید از آن گذر کنند، مشخص می‌کند.

در گام دوم هم مسیریابی را براساس محدودیت‌های ترافیکی و نوع خودروها انجام دادیم. در این حالت وزن و ابعاد خودرو هم در محاسبه مسیر دخالت دادیم. چرا که نمی‌توان خودرویی را که دارای وزنی ۳۰ تنی است به جاده‌ای که پلی با محدودیت وزنی ۲۰ تنی دارد، هدایت کرد. در نظر گرفتن پارامتر ابعاد خودرو هم در مسیریابی به کارایی و قابلیت اطمینان به الگوریتم مسیریابی تأثیر بسزایی دارد. البته برای انجام این بخش لازم است که محدودیت‌های جاده‌ها به عامل‌های مسیر یاب گفته شود که انجام این کار هم با توجه به الگوریتم پیشنهادی بسیار ساده است.

همانطور که در بخش سوم مشاهده شد، مسیرها با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه در درون هر ناحیه کشف شدند. مسیر کشف شده در هر ناحیه مسیری است که چندین پارامتر مانند چگالی جریان، سرعت جریان و محدودیت ترافیکی را در نظر می‌گیرد. مسیری که کشف می‌شود، لزوماً کوتاهترین مسیر نیست، اما حتماً سریعترین مسیر است. به‌طور طبیعی الگوریتم کلونی مورچه کوتاهترین مسیر را کشف می‌کند، اما با توجه به تابع تخصیص فرومون و نیز تابع انتخاب خیابان بعدی، به‌طور حتم سریعترین مسیر کشف خواهد شد.

برای از بین بردن مسئله حلقه مسیریابی هم به هر مورچه یک حافظه تخصیص داده شده است که در صورتی که یک مورچه در مسیر حرکت خود برای بار دوم با یک خیابان در انتخاب‌های بعدی خود مواجه شود، می‌میرد و در مسیریابی دخالت داده نمی‌شود. در ضمن مورچه‌ها دارای طول عمر هستند که این طول عمر سبب می‌شود مورچه‌هایی که در حال پرسه زدن و افزایش بازه کشف مسیر هستند، کنار گذاشته شوند و در محاسبات مسیریابی دخالت داده نشوند.

مزیتی که الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق دارد این است که وضعیت ترافیکی سطح شهر و جاده‌های شهری با استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت که در جاده‌ها مستقر هستند انجام می‌شود. چرا که در دنیای واقعی همه راننده‌ها از ابزارهای ناوبری خودرو یا تلفن همراه خود استفاده نمی‌کنند. این دوربین‌ها هستند که می‌توانند سرعت هر خودرو و تعداد خودرو را محاسبه کنند و با واحدهای مسیریابی اطلاع دهند.

## مراجع


[1] T. Saber and S. Wang, "Evolving better rerouting surrogate travel costs with grammar-guided genetic programming," in *2020 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 2020, pp. 1–8.

[2] E. Angelelli, I. Arsik, V. Morandi, M. Savelsbergh, and M. G. Speranza, "Proactive route guidance to avoid congestion," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 94, pp. 1–21, 2016.

[3] Z. Cao, S. Jiang, J. Zhang, and H. Guo, "A unified framework for vehicle rerouting and traffic light control to reduce traffic congestion," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 18, no. 7, pp. 1958–1973, 2016.

[4] S. Wang, S. Djahel, Z. Zhang, and J. McManis, "Next road rerouting: A multiagent system for mitigating unexpected urban traffic congestion," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 17, no. 10, pp. 2888–2899, 2016.

[5] J. Pan, I. S. Popa, and C. Borcea, "Divert: A distributed vehicular traffic re-routing system for congestion avoidance," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 16, no. 1, pp. 58–72, 2016.

[6] A. Paricio and M. A. Lopez-Carmona, "Urban traffic routing using weighted multi-map strategies," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 153086–153101, 2019.

[7] B. Y. Chen, W. H. K. Lam, and Q. Li, "Efficient solution algorithm for finding spatially dependent


www.SID.ir

Archive of SID

Unibertsitatea, 2018.

[20] Z. Liang and Y. Wakahara, "City traffic prediction based on real-time traffic information for intelligent transport systems," in *2013 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST)*, 2013, pp. 378–383.

[21] H. Marković, B. Dalbelo Bašić, H. Gold, F. Dong, and K. Hirota, "GPS Data-based non-parametric regression for predicting travel times in urban traffic networks," *Promet-Traffic&Transportation*, vol. 22, no. 1, pp. 1–13, 2010.

[22] A. Abadi, T. Rajabioun, and P. A. Ioannou, "Traffic flow prediction for road transportation networks with limited traffic data," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 16, no. 2, pp. 653–662, 2014.

[23] H.-K. Chen and C.-F. Hsueh, "A model and an algorithm for the dynamic user-optimal route choice problem," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 32, no. 3, pp. 219–234, 1998.

[24] D. P. Watling, T. K. Rasmussen, C. G. Prato, and O. A. Nielsen, "Stochastic user equilibrium with a bounded choice model," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 114, pp. 254–280, 2018.

[25] S. AIKO, P. THAITHATKUL, and Y. Asakura, "Incorporating user preference into optimal vehicle routing problem of integrated sharing transport system," *Asian Transp. Stud.*, vol. 5, no. 1, pp. 98–116, 2018.

[26] R. L. Lafortune, S., Sengupta, R., Kaufman, D. E., Smith, "Dynamic system-optimal traffic assignment using a state space model," *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 27, no. 6, pp. 451–472, 1993.

[27] N. Groot, B. De Schutter, and H. Hellendoorn, "Toward system-optimal routing in traffic networks: A reverse stackelberg game approach," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 16, no. 1, pp. 29–40, 2014.

[28] S. Samaranayake, W. Krichene, J. Reilly, M. L. D. Monache, P. Goatin, and A. Bayen, "Discrete-time system optimal dynamic traffic assignment (SO-DTA) with partial control for physical queuing networks," *Transp. Sci.*, vol. 52, no. 4, pp. 982–1001, 2018.

[29] L. P. Yan, W. B. Hu, and H. Wang, "Dynamic Real-Time Algorithm for Multi-Intersection Route selection in Urban Traffic Networks [J]," *J. Softw.*, vol. 27, no. 9, pp. 2199–2217, 2016.

[30] A. Agafonov and V. Myasnikov, "Efficiency comparison of the routing algorithms used in centralized traffic management systems," *Procedia Eng.*, vol. 201, pp. 265–270, 2017.

[31] Z. Cao, H. Guo, and J. Zhang, "A Multiagent-Based Approach for Vehicle Routing by Considering Both Arriving on Time and Total Travel Time," *ACM reliable shortest path in road networks," J. Adv. Transp.*, vol. 50, no. 7, pp. 1413–1431, 2016.

[8] I. Kaparias, M. G. H. Bell, K. Bogenberger, and Y. Chen, "Approach to time dependence and reliability in dynamic route guidance," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2039, no. 1, pp. 32–41, 2007.

[9] U. Demiryurek, F. Banaei-Kashani, C. Shahabi, and A. Ranganathan, "Online computation of fastest path in time-dependent spatial networks," in *International Symposium on Spatial and Temporal Databases*, 2011, pp. 92–111.

[10] B. Y. Chen, W. H. K. Lam, A. Sumalee, Q. Li, H. Shao, and Z. Fang, "Finding reliable shortest paths in road networks under uncertainty," *Networks Spat. Econ.*, vol. 13, no. 2, pp. 123–148, 2013.

[11] E. Rashedi, H. Nezamabadi-Pour, and S. Saryazdi, "GSA: a gravitational search algorithm," *Inf. Sci. (Ny).*, vol. 179, no. 13, pp. 2232–2248, 2009.

[12] U. Atila, I. R. Karas, C. Gologlu, B. Yaman, and I. M. Orak, "Design of a route guidance system with shortest driving time based on genetic algorithm," in *Proceedings of the 10th WSEAS international conference on Applied computer and applied computational science*, 2011, pp. 61–66.

[13] Y.-J. Gong, J. Zhang, O. Liu, R.-Z. Huang, H. S.-H. Chung, and Y.-H. Shi, "Optimizing the vehicle routing problem with time windows: a discrete particle swarm optimization approach," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part C (Applications Rev.*, vol. 42, no. 2, pp. 254–267, 2011.

[14] I.-C. Lin and S.-Y. Chou, "Developing adaptive driving route guidance systems based on fuzzy neural network," 2008.

[15] R. Balakrishna, M. Ben-Akiva, J. Bottom, and S. Gao, "Information impacts on traveler behavior and network performance: State of knowledge and future directions," *Adv. Dyn. Netw. Model. complex Transp. Syst.*, pp. 193–224, 2013.

[16] Z. Zhao, W. Chen, X. Wu, P. C. Y. Chen, and J. Liu, "LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast," *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 11, no. 2, pp. 68–75, 2017.

[17] E. I. Vlahogianni, M. G. Karlaftis, and J. C. Golias, "Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 43, pp. 3–19, 2014.

[18] Z. Hou and X. Li, "Repeatability and similarity of freeway traffic flow and long-term prediction under big data," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 17, no. 6, pp. 1786–1796, 2016.

[19] I. L. Aurrecoechea, "Design and validation of novel methods for long-term road traffic forecasting." Universidad del País Vasco-Euskal Herriko

www.SID.ir

Archive of SID



[35] H. E. Ciritoglu, T. Saber, T. S. Buda, J. Murphy, and C. Thorpe, "Towards a better replica management for hadoop distributed file system," in *2018 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, 2018, pp. 104–111.

[36] M. Bendechache, N. Sudhanshu Limaye, and R. Brennan, "Towards an automatic data value analysis method for relational databases," 2020.

[37] Z. Ullah, F. Al-Turjman, L. Mostarda, and R. Gagliardi, "Applications of artificial intelligence and machine learning in smart cities," *Comput. Commun.*, vol. 154, pp. 313–323, 2020.

[38] Z. Cao, H. Guo, J. Zhang, and U. Fastenrath, "Multiagent-Based Route Guidance for Increasing the Chance of Arrival on Time.," in *AAAI*, 2016, pp. 3814–3820.

*Trans. Intell. Syst. Technol.*, vol. 9, no. 3, p. 25, 2018.

[32] J. Liu and A. Khattak, "Informed decision-making by integrating historical on-road driving performance data in high-resolution maps for connected and automated vehicles," *J. Intell. Transp. Syst.*, vol. 24, no. 1, pp. 11–23, 2020.

[33] L. Li, X. Qu, J. Zhang, Y. Wang, and B. Ran, "Traffic speed prediction for intelligent transportation system based on a deep feature fusion model," *J. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, no. 6, pp. 605–616, 2019.

[34] J. Handscombe and H. Q. Yu, "Low-cost and data anonymised city traffic flow data collection to support intelligent traffic system," *Sensors*, vol. 19, no. 2, p. 347, 2019.

www.SID.ir