

تلفیق معیارهای کیفی و کمی با استفاده از مدل‌های مکان مبنا به منظور مسیریابی بهینه‌ی خودروهای اورژانس در محیط‌های شهری

مصطفی خیراللهی^۱

سعید نادی^۲

نجمه نیسانی سامانی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۱/۳۰

چکیده

خودروهای اورژانس شهری با توجه به حساسیت مأموریت خود، همواره برای رسیدن به مقصد به دنبال کمترین زمان ممکن هستند. با توجه به پیچیدگی و گستردگی حمل و نقل و ترافیک در شهرهای بزرگ، عوامل و پارامترهای متعددی علاوه بر مسافت، در زمان رسیدن یک خودروی اورژانس به مقصد تأثیرگذار هستند که این پارامترها می‌توانند کیفی یا کمی و پویا یا ایستا باشند. در این مقاله روشی نوین بر مبنای ترکیب مدل‌های تلفیق، روش کمی‌سازی گاما، استفاده از روابط پیش‌بینی زمان سفر و الگوریتم‌های فراابتکاری به منظور دستیابی به بهینه‌ترین مسیر ارائه شده است. در این مقاله ابتدا کلیه فاکتورهای تأثیرگذار کمی و کیفی قابل محاسبه و دسترسی از دید مسیریابی اورژانس شناسایی شده، سپس با تبدیل پارامترهای کیفی به کمی، هر پارامتر با روش محاسبه‌ی حداکثر نرمال شده و بر اساس ارجحیت و میزان تأثیر هر پارامتر در یافتن مسیر بهینه تلفیق می‌گردند. روش تست گاما به عنوان یک روش برگرفته از داده برای محاسبه‌ی میزان ارجحیت و تأثیرگذاری فاکتورها استفاده شد. روند مذکور با استفاده از داده‌ی شبکه معابر و حجم ترافیک دو منطقه از شهر تهران پیاده‌سازی شد. وزن در نظر گرفته شده برای هر زیرمعیار تشکیل دهنده‌ی درجه سختی مسیر یعنی «کیفیت مسیر»، «عرض»، «شیب»، «نوع مسیر» و «میزان مستقیم بودن مسیر» بر اساس این روش به ترتیب ۰/۳۳۱، ۰/۲۸۶، ۰/۱۸۸، ۰/۱۷۲ و ۰/۰۲۰ بدست آمدند. در نهایت از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک برای انتخاب مسیر بهینه وسایل نقلیه اورژانس استفاده شد و نتایج آن با الگوریتم معمول مسیریابی دیکسترا مقایسه شد. بر مبنای مقایسه‌ی انجام شده روش ارائه شده در این مقاله نسبت به روش‌های ساده‌ی فعلی برتری قابل ملاحظه‌ای داشت.

واژه‌های کلیدی: خودروهای اورژانس شهری، بهینه‌سازی، پارامترهای مؤثر، الگوریتم ژنتیک، مسیریابی.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول). M.kheyrollahi@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان. Snadi@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران. Nneysani@ut.ac.ir

۱- مقدمه

اعم از پلیس و آتش نشانی و قرار دهد، می تواند بسیار مؤثر و مفید واقع گردد.

داده های کمی و کیفی متعددی برای کاربردهای مختلف در حوزه مسیریابی و ناوبری اعم از ایجاد نقشه های مسیر یا به اشتراک گذاری اطلاعات حاصل از سامانه های GPS^۲ مورد نیاز می باشد.

از این رو اطلاعات کیفی درباره ی مسیرها نیز می تواند در کنار داده های کمی حائز اهمیت باشد (Westphal, et al., 2011). در حالی که بسیاری از استنتاج های مکانی، کیفی می باشند، و محاسبات در GIS عمدتاً بر مبنای داده های کمی صورت می گیرند، با استفاده از روش ها و ابزارهای بصری سازی و روابط مضاعف کاربر^۳، می توان داده های کیفی را به داده های کمی تبدیل کرد (Donlon & Kenneth, 2000). بر این اساس به نظر می رسد نیاز است کلیه ی داده های مورد نیاز و قابل دسترس اعم از کمی و کیفی که اطلاعاتی در مورد وضعیت یک مسیر را به سامانه ی مسیریابی انتقال می دهند، جمع آوری شده و توسط یک سازوکار مناسب تلفیق شوند.

مقاله حاضر سعی بر آن دارد کلیه ی پارامترهای کمی و کیفی تأثیرگذار بر یافتن مسیر بهینه ی یک خودروی امداد شهری را معرفی کند. از نکات مهم و مؤثر شناخته شده در این زمینه پویایی و یا ایستایی یک پارامتر است که در مورد پارامترهای پویا نحوه ی تغییر و چگونگی آن در الگوریتم ارائه شده، اعمال شده است. در این زمینه از معرفی برخی از معیارها که در حوزه های مسیریابی اعم از توریست و ... استفاده می شوند، اجتناب شده و پرداختن به پارامترهای زمانمند در رأس اهداف قرار گرفته است. تلفیق این پارامترها، نرمال سازی آنها و ایجاد خروجی کمی از آنها بر مبنای روش های نوین صورت گرفته است و سعی شده تا همپوشانی میان پارامترها از بین رفته و هر مورد به صورت کاملاً مستقل بیان شود. علاوه بر این توجه به چگونگی تلفیق پارامترها با یکدیگر و در نظر گرفتن میزان تأثیر هر یک بر مسیر منتخب و بهره گیری از روابط استاندارد مورد

در سال های اخیر، صنعت سلامت به یکی از بزرگترین شاخه های اقتصاد کشورهای پیشرفته تبدیل شده است. به دلیل افزایش میانگین سنی جوامع و نیاز به توسعه ی روزافزون مراقبت های پزشکی، این روند در حال گسترش می باشد. در حالی که، هر روز فشارها برای ایجاد سرویس های مرتبط با سلامت با حداقل هزینه افزایش می یابد، هنوز توسعه ی مدل های برنامه ریزی وابسته به ریاضیات در سلامت و به طور خاص کاربرد آن در جهان واقعی، به طور قابل توجهی رشد نکرده است (Sharda & Vob, 2008).

نتایج بسیاری از پژوهش های صورت گرفته نشان می دهد که رسیدن سریع خودروهای اورژانس (EVs^۱) به محل حادثه و انجام کمک های اولیه ی مورد نیاز در صحنه ی حادثه سهم بسیار زیادی در کاهش مرگ و میر و ناتوانی های جدی یا بیماری های بعدی دارد (Blackwell & Kaufman, 2002) (Lee, et al., 2014) و (Comolli, et al., 2014). برای بیمارانی که دچار حمله ی قلبی شده اند، نرخ زنده ماندن به طور تقریبی پس از کمک های در چهار دقیقه اول و پس از کمک های پیشرفته تا هشت دقیقه، ۴۳ درصد می باشد. نرخ زنده ماندن به ازای هر دقیقه کاهش در زمان رسیدگی ۰/۷۷٪ افزایش پیدا خواهد کرد (Eisenberg, et al., 1979).

بسیاری از سیستم های مسیریابی خودروهای امداد موجود تنها زمان و فاصله را لحاظ می کنند (Deng, et al., 2012) و (Chen, et al., 2014). بدیهی است سیستمی که بتواند تمامی فاکتورها اعم از کمی و کیفی، پویا و ایستا، کم اهمیت و پراهمیت و معمول و غیرمعمول را در امر مسیریابی لحاظ کند، می تواند منجر به کاهش قابل ملاحظه در زمان رسیدگی به مصدومان شود. سازوکاری که بتواند فاکتورهای مختلف را به درستی تلفیق کند و تأثیر هر یک را بر کل فرآیند تشخیص دهد و در انتها بتواند کوتاه ترین مسیر از منظر زمان را به سرعت در اختیار یک راننده ی خودروی اورژانس یا هرگونه خودروی امداد شهری با سازوکار مشابه

2- Global Positioning System

3- Visualization tools and extensive user interactions

1- Emergency Vehicles

کردن آنها و محاسبه‌ی میزان جذابیت هر نقطه‌ی برجسته بر اساس معیارهای مذکور روی آوردند. آنها تأکید فراوانی بر میزان دقت نتایج خود داشته و معتقدند میزان کمی سازی در شرایط مختلف اعم از ساعت شبانه روز متفاوت است. Pahlavani و همکاران (۲۰۱۳) در مسیریابی، معیارهایی چون زمان، مسافت و درجه‌ی سختی مسیر را به عنوان فاکتورهای مؤثر بر مسیریابی مورد توجه قرار دادند. روش نرمال سازی SWGR^۲ (استفاده از حداقل و حداکثر معیارها) و همچنین تعیین میزان اهمیت هر پارامتر با استفاده از نظر تنها یک کاربر، از جمله محدودیت‌های آن می‌باشند. نادى (۱۳۹۱) در رساله‌ی دکتری خود به مسیریابی آنی و زمانمند در شهرهای انسخده^۳ و هنگلو^۴ از کشور هلند و نیز شهر اصفهان پرداخت. در این پژوهش پارامترهای کیفی کیفیت و نوع جاده در فرآیند مسیریابی اعمال شد. برای نرمال سازی معیارها، وی از روش تقسیم بر حداکثر استفاده کرد و از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP^۵) نیز برای بیان ارجحیت هر معیار استفاده نموده است.

در زمینه مسیریابی خودروهای امداد شهری، Goldberg و Listowsky (۱۹۹۴) به بررسی مهمترین فاکتورهای مؤثر بر مسیریابی خودروهای امداد پرداختند. در این تحقیق که از نتایج مصاحبه با متخصصین و رانندگان خودروهای امداد شهری حاصل شد، فاکتورهایی از قبیل زمان، مسافت، کیفیت راه و نوع راه تعیین شدند. در این تحقیق از مصاحبه با پرسنل خودروهای امداد شهری اعم از پلیس، آتش نشانی و اورژانس بهره گرفته شده و با ۷۰٪ استقبال از این سیستم مواجه شده‌اند. Neysani Samani و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود به مسیریابی خودروهای اورژانس پس از وقوع بحران بر اساس نقاط برجسته‌ی شهری پرداختند. در این راهیابی شاخص مبنای فاکتورهای مؤثر بر برجسته شدن نقاط بررسی شد و میزان برجستگی نقاط با تحلیل‌های

استفاده در حوزه‌ی مهندسی حمل و نقل برای محاسبه‌ی زمان عبور از هر قطعه مسیر از دیگر موارد مهم در این مقاله می‌باشد. در نهایت از یک راه حل نوآورانه‌ی چندهدفه برای انتخاب مسیر بهینه استفاده می‌شود.

به منظور نرمال‌سازی پارامترها، از روش مقدار حداکثر استفاده شده است. روش آزمون گاما برای محاسبه‌ی میزان ارجحیت و تأثیر هر معیار استفاده شد که پیاده سازی آن با استفاده از نرم افزار WinGamma صورت پذیرفت. همچنین الگوریتم فراابتکاری ژنتیک که از زمره‌ی الگوریتم‌های تکاملی است برای انتخاب مسیر بهینه مورد استفاده قرار گرفت که با استفاده از نرم افزار Matlab R2015a پیاده سازی و تست شد. مناطق ۳ و ۶ شهر تهران به عنوان دو منطقه‌ی پر رفت و آمد و پرجمعیت برای پیاده‌سازی روش مذکور مورد نظر قرار گرفت و از نرم افزار ArcMap 10.2 برای ارائه گراف مسیر در این محدوده‌ها استفاده شد.

در ادامه، به بیان پژوهش‌های انجام شده و مرتبط با مسیریابی خودروهای امداد پرداخته شده است. در بخش دوم، مفاهیم و مبانی نظری و متدولوژی تحقیق بیان خواهد شد. پیاده‌سازی روش ارائه شده در این مقاله برای مسیریابی خودروهای امداد و بحث پیرامون آن در بخش سوم و چهارم ارائه شده است و در نهایت در بخش پنجم جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات تحقیقات آتی تشریح می‌شود.

پژوهش‌های انجام شده در زمینه مسیریابی خودروهای اورژانس را می‌توان در دو حوزه کمی‌سازی معیارهای کیفی در یافتن مسیر بهینه و مسیریابی بهینه خودروهای امداد شهری دسته‌بندی نمود. در زمینه کمی‌سازی پارامترهای کیفی، Winter و Raubal (۲۰۰۳) با استفاده از نقاط برجسته^۱ شهری به ارائه یک مدل برای مسیریابی کیفی پرداختند.

آنها برای یافتن میزان جذابیت هر نقطه‌ی برجسته‌ی شهری پارامترهای کیفی و کمی مختلفی از جمله شکل، رنگ و اهمیت تاریخی را پیشنهاد کردند، سپس به کمی

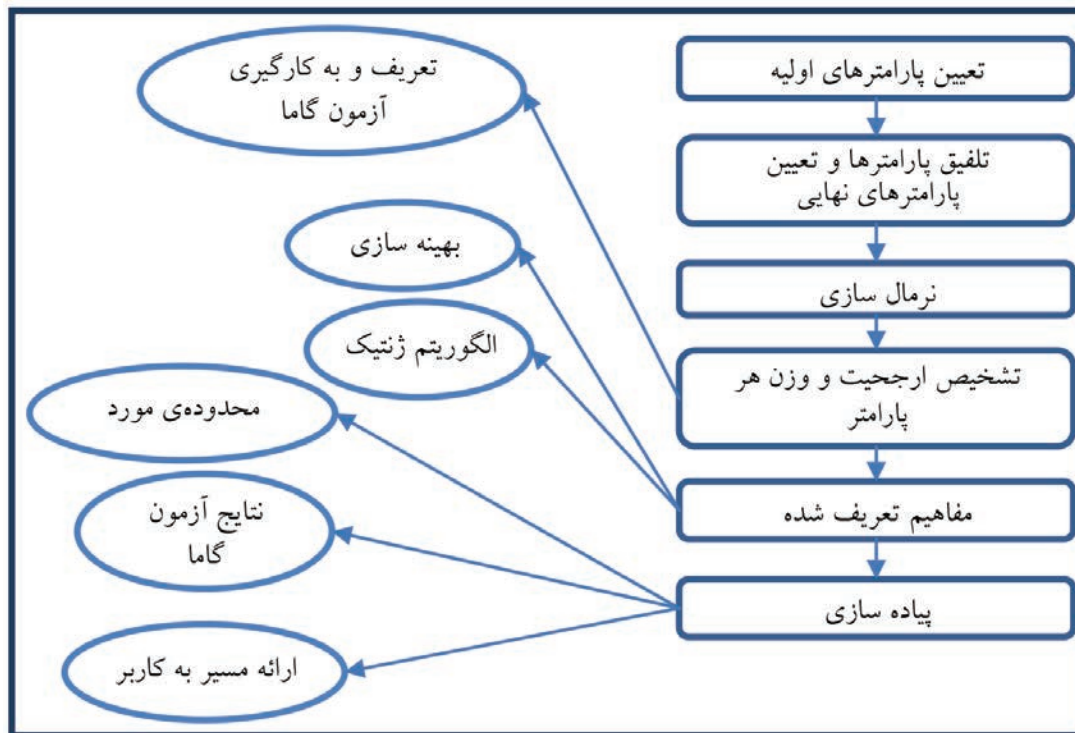
2- Sum of Weighted Global Ratios approach

3- Enschede

4- Hengelo

5- Analytical Hierarchy Process

1- Landmark



نگاره ۱: مراحل مختلف انجام تحقیق

زمانی در سیستم اطلاعات مکانی بافت آگاه^۱ با استفاده از جبر بازه‌ای آلن^۲ می‌پردازند. در این تحقیق استنتاج کیفی با استفاده از منطق فازی و همچنین غیرفازی انجام می‌شود. خروجی این تحقیق انجام عمل راهیابی و هدایت خودرو در شهر تهران است.

در تحقیق مذکور کلیه‌ی عملیات مسیریابی به صورت کیفی و در حالات مختلف و بر مبنای موقعیت خودرو و مراکز مورد نظر کاربر صورت می‌گیرد.

نوآوری این تحقیق نسبت به تحقیقات پیشین در بهکارگیری معیارهای کمی و کیفی، ایستا و پویا در مسیریابی بطور همزمان می‌باشد که مسئله مسیریابی را از یک بهینه‌سازی تک هدفه به یک مسئله بهینه‌سازی چند هدفه تبدیل می‌کند. همچنین استفاده از آزمون گاما در جهت وزن دهی به معیارها، روشی است که کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. آزمون گاما ابزاری آماری برای تعیین ترکیب بهینه ورودی‌ها و تعداد

آماري از جمله آزمون‌های توزیع نرمال و اشتباهات بررسی شد. Musolino و همکاران (۲۰۱۲) نیز این نوع مسیریابی را برای خودروهای اورژانس و امداد در مواقع بحران در ایتالیا انجام دادند. در این تحقیق با در اختیار داشتن داده‌های ثابت و پویای ترافیکی، بهترین مسیر برای خودروی امداد طراحی شد. از مزایای پژوهش انجام شده می‌توان تهیه‌ی چهارچوبی را برای محاسبه‌ی تغییرات زمان سفر در شرایط مختلف جاده و ساعات مختلف شبانه روز، نام برد. Jotshi و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود مسیریابی خودروهای امداد شهری را در مواقع پس از وقوع بحران (زلزله، سیل و...) از هنگام اعزام تا پایان ارائه خدمت، در شهر لس‌آنجلس بررسی نمودند. در این تحقیق فاکتورهای به ظاهر کم اهمیت ولی به واقع تأثیرگذاری چون میزان تعویق در رسیدن به محل حادثه و بیمارستان محاسبه شد. Neysani و Samani و همکاران (۲۰۱۳) به مدل‌سازی روابط مکانی-

1- Context-Aware

2- Allen Interval Algebra

و در مسیریابی اورژانس بی اثر باشد. معیارهایی که در این تحقیق در الگوریتم پیشنهادی اعمال می‌شوند، از دید نحوه‌ی تغییرات به دو دسته پویا و ایستا و از دید مقیاس اندازه‌گیری به دو دسته کمی و کیفی تقسیم می‌شوند. در ادامه به بررسی معیارهای مؤثر در مسیریابی اورژانس پرداخته می‌شود.

عرض مسیر: میزان عرض یک راه که برای خودروهای امداد قابل استفاده باشد (Goldberg & Listowsky, 1994).

نوع مسیر: تقسیم بندی راه‌های شهری بر اساس استانداردهای شهرسازی که به ۵ دسته بزرگراهی، شریانی درجه ۱، شریانی درجه ۲، جمع و پخش کننده و دسترسی محلی (کوچه) تقسیم می‌شود (نادی، ۱۳۹۱). لازم بذکر است که نوع مسیر همواره متناسب با عرض آن نیست و فاکتورهای مؤثر فراوانی علاوه بر عرض راه بر درجه بندی هر مسیر تأثیرگذارند. ممکن است مسیری دارای عرض بیشتر اما درجه‌ی کمتری نسبت به مسیری دیگر باشد (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱)، (Auckland Transport, 2013). (Highway Design Manual, 2015).

میزان مستقیم بودن مسیر: مشخص کننده میزان مستقیم بودن یا پیچ خوردگی راه است (Mortensen, 2009).
شیب: متوسط شیب در امتداد مسیر می‌باشد.
کیفیت مسیر: به تعداد سرعت‌شکن‌های ایمنی در یک مسیر گفته می‌شود.

ساعت‌های پیک ترافیک: نشان دهنده ساعت‌هایی از شبانه روز است که ازدحام و ترافیک به حداکثر مقدار خود در سایت مورد مطالعه می‌رسد.
زمان سفر: مقدار زمان طی شده برای گذر از یک قطعه مسیر می‌باشد (نادی، ۱۳۹۱).

طول مسیر: مسافت طی شده برای گذر از یک قطعه مسیر می‌باشد (Goldberg & Listowsky, 1994).

تقاطع: به محل اتصال سه راه، چهارراه یا یک میدان با ۳، ۴، ۵ یا ۶ راه متصل به آن گفته می‌شود.

سطح سرویس (LOS): در کلیه کشورها، آیین‌نامه محاسبه

داده‌های مناسب برای رسیدن به کمترین میانگین خطا در هر گونه مدل‌سازی غیر خطی پیوسته می‌باشد. استفاده از دانش موجود در مجموعه داده‌ها بر پایه مدل‌های ریاضی و آماری از نقاط قدرت این روش می‌باشد که آن را از دیگر روش‌های تعیین ترکیب و ارجحیت پارامترها متمایز می‌کند.

علاوه بر این به کارگیری یک الگوریتم فراابتکاری چون الگوریتم ژنتیک برای رسیدن به بهینه‌ی سراسری در مسیریابی خودروهای اورژانس از دیگر جنبه‌های نوآورانه این تحقیق می‌باشد زیرا الگوریتم‌های معمول مسیریابی نمی‌توانند بهینه‌سازی چند هدفه را انجام دهند.

۲- متدولوژی

در این تحقیق ابتدا کلیه پارامترهای تأثیرگذار بر مسیریابی شناسایی شده‌اند. پس از تلفیق فاکتورهای دارای همپوشانی و شناخت فاکتورهای نهایی، نرمال‌سازی آنها با استفاده از روش تقسیم بر حداکثر انجام شده و در قدم بعدی اولویت و میزان تأثیر با استفاده از آزمون گاما به دست می‌آید. در این زمینه محاسبه‌ی زمان گذر از یک یال و از یک رأس به طور مجزا و مستقل در نظر گرفته شده است. نگاره ۱ شمایی کلی از روش تحقیق به کار گرفته شده را نشان می‌دهد.

۲-۱- معیارهای مؤثر در مسیریابی اورژانس

برای شناخت معیارهای مؤثر بر مسیریابی خودروهای اورژانس، ابتدا کلیه معیارهای دارای تأثیر مستقیم و غیرمستقیم شناخته شده و سپس به تلفیق آنها و ارائه معیارهای نهایی بدون همپوشانی پرداخته می‌شود.

۲-۱-۱- معیارهای اولیه

به طور قطع فاکتورها و معیارهای فراوانی در انتخاب مسیر بهینه دخیل‌اند. برخی از فاکتورها در تمامی رویکردهای مسیریابی و برخی در یک رویکرد خاص دخالت دارند. ممکن است یک معیار در هدایت توریست فاکتور اصلی

تعیین خواهد شد که در بخش (۲-۱-۶) مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

عرض مسیر (WoP)^۲: عریض‌ترین راه در محدوده‌ی مورد مطالعه به عنوان عرض حداکثر محاسبه خواهد شد و به عنوان عامل حداکثر در معادله‌ی شماره یک قرار می‌گیرد.

شیب مسیر (SoP)^۳: با توجه به اینکه ممکن است، شیب‌های متعدد و مختلفی در یک محدوده مشاهده شود، معیار شیب نیز همانند معیار عرض مسیر نرمال می‌شود.

میزان مستقیم بودن مسیر (PD)^۴: میزان مستقیم بودن یک مسیر بسته به میزان پیچ خوردگی آن مسیر دارد. این پارامتر مختص مسیریابی خودروهای اورژانس است و دلیل افزوده شدن آن، این است که مسیرهای دارای پیچ و خم زیاد می‌توانند در سلامتی بیمار اثر منفی بگذارند. از نسبت میزان فاصله‌ی اقلیدسی دو رأس به فاصله‌ای که خودرو می‌پیماید، این پارامتر محاسبه می‌شود (Steiner, 2004) و (Mortensen, 2009).

کیفیت مسیر (PQ)^۵: شاخص کیفیت مسیر با تعداد سرعت شکن‌های ایمنی یک راه در واحد کیلومتر مشخص می‌شود. در محدوده‌ی مورد مطالعه حداکثر تعداد موجود به عنوان حداکثر مشخص می‌شود.

نوع مسیر (PC)^۶: با توجه به اینکه معیار نوع مسیر یک معیار کاملاً کیفی و دارای رتبه بندی در بازه‌ی صفر تا یک است، نیازی به استفاده از روش حداکثر ندارد. در این تحقیق به مسیر بزرگراه‌ی عدد صفر، به شریانی درجه ۱ عدد ۰/۲۵، شریانی درجه ۲ عدد ۰/۵، جمع و پخش کننده عدد ۰/۷۵ و کوچه عدد یک تعلق می‌گیرد.

زمان گذر از یک یال (APT)^۷ و تقاطع (ITD)^۸: زمانی که طول می‌کشد که خودروی امداد یک یال (قطعه مسیر) و رأسی را که آن یال به آن منتهی می‌شود، طی کند که با تلفیق چند پارامتر از قبیل ساعت پیک، طول مسیر، سطح سرویس

ظرفیت راه‌ها برای ارزیابی کفایت شرایط فیزیکی راه در مقایسه با جریان ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آیین‌نامه ۶ سطح سرویس از A تا F را معرفی می‌کند (طرح مطالعات جامع حمل و نقل کشور، اسفند ۱۳۸۶).

سرعت: میزان سرعت متوسط خودرو در گذر از یک قطعه مسیر می‌باشد.

چراغ‌های راهنمایی: به مدت زمانی که یک چراغ راهنمایی در یک تقاطع می‌تواند در حرکت خودرو تأخیر ایجاد کند، گفته می‌شود.

در میان ۱۲ پارامتر گفته شده، ۵ مورد از آنها یعنی ساعت‌های پیک، زمان، سرعت، چراغ‌ها و سطح سرویس معیارهایی پویا و بقیه ایستا هستند. معیارهای پویا ممکن است تحت شرایط گوناگون تغییر کنند اما معیارهای ایستا همواره ثابت هستند و دچار تغییر نخواهند شد.

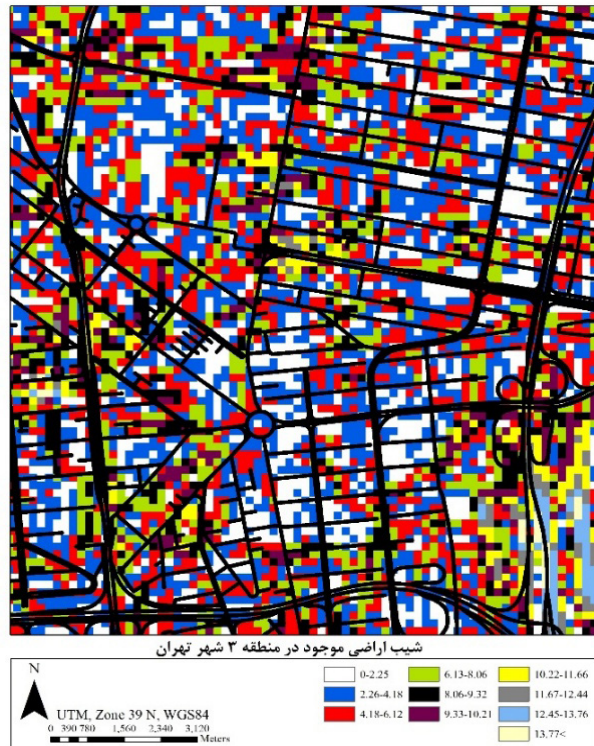
۲-۱-۲- معیارهای نهایی

با توجه به اینکه تعدادی از معیارهای گفته شده در بخش قبل با یکدیگر همپوشانی داشته و بر یکدیگر تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم دارند و همچنین توجه به این مورد که معیارهای وارد شده در الگوریتم نیاز به مستقل بودن از یکدیگر دارند، در این بخش سعی می‌شود تا معیارهای ذکر شده با یکدیگر تلفیق و معیارهای نهایی معرفی شوند. ممکن است یک فاکتور در بیش از یک معیار دخیل باشد که این نشان دهنده‌ی هم پوشانی بین معیارهای نهایی نیست، در واقع این تأثیر به صورت مستقل و کنترل شده است. فاکتورهای نهایی در الگوریتم پس از تلفیق معیارها و رفع همپوشانی‌ها عبارتند از:

درجه سختی^۱ یال (DoD): با تلفیق پنج مورد از فاکتورهای گفته شده یعنی عرض مسیر، نوع مسیر، میزان مستقیم بودن یک مسیر، شیب و کیفیت مسیر می‌توان به یک معیار مناسب با نام درجه سختی سفر رسید. میزان ارجحیت یا وزن هر یک از این پنج زیرمعیار با استفاده از آزمون گاما

2- Width of Path
3- Slope of Path
4- Path Directness
5- Path Quality
6- Path Category
7- Arc Pass Time
8- Intersection Time Delay

1- Degree Of Difficulty



نگاره ۲: نقشه معیارهای شیب (سمت راست) و عرض راه‌ها (سمت چپ)

کند. در این تحقیق از انعطاف پذیرترین فرم این تابع یعنی تابع حجم - تأخیر مخروطی (CVD) استفاده شده است. دلیل ترجیح این فرم از تابع بر دیگر انواع آن، جوابدهی آن در بیشتر شرایط و حالات ترافیکی است. زمان گذر از یک یال با استفاده از تابع CVD به وسیله رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود (Davis & Xiong, 2007):

$$TT = FFT(2 + \sqrt{a^2(1 - \frac{v}{c})^2 + \beta^2} - a(1 - \frac{v}{c}) - \beta) \quad (1)$$

جایی که TT بیانگر زمان سفر میانگین پیش بینی شده، FFT زمان سفر در حالت بدون ترافیک، v حجم ترافیک، c ظرفیت جاده، α ضریب بزرگتر از یک است که معمولاً برای خیابان‌های دارای باند مجزا ۴، و برای خیابان‌های بدون باند مجزا ۵ در نظر گرفته می‌شود. β نیز از رابطه‌ی ۲ محاسبه می‌شود:

$$\beta = \frac{2a - 1}{2a - 2} \quad (2)$$

با توجه به اینکه حجم ترافیک با استفاده از روابط ۱ و

و سرعت به دست می‌آید. دو زیرمعیار زمان گذر از یال و زمان گذر از تقاطع تشکیل دهنده‌ی این معیار اصلی می‌باشند. با وجود اینکه محاسبه‌ی این دو زیرمعیار متفاوت از یکدیگر است، اما به دلیل آنکه هر دو از جنس زمان هستند، معیار نهایی از جمع جبری این دو حاصل می‌شوند.

نگاره ۲ نمونه‌ای از نقشه‌های معیار مربوط به شیب و عرض راه‌ها را نشان می‌دهد. در ادامه شیوه تعیین و محاسبه پارامترها و دیگر موارد مورد نیاز مانند چگونگی محاسبه‌ی زمان گذر از یال و زمان گذر از تقاطع، نرمال سازی، وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها، آزمون گاما و بهینه‌سازی و مباحث مربوط به آن پرداخته می‌شود.

۲-۱-۳- محاسبه زمان گذر از یال و تقاطع

یکی از ابزارهای محاسبه زمان گذر از یک یال (زمان سفر)، تابع حجم - تأخیر است. این تابع که دارای پنج فرم متفاوت است، می‌تواند به خوبی زمان گذر از یال را محاسبه

استفاده از روش تقسیم بر حداکثر می‌باشد. در صورتی که معیار مورد بررسی معیار سود باشد به منظور تبدیل آن به معیار هزینه جهت ورود به مسئله کمینه‌سازی در مسیریابی می‌بایست با استفاده از رابطه ۵، مکمل نرمال شده‌ی آن را محاسبه نمود و در صورتیکه معیار ذاتاً از نوع هزینه باشد از رابطه ۴ استفاده می‌گردد (Malczewski, 1999).

$$x'_i = \frac{x_i}{x_{max}} \quad (4)$$

$$x'_i = 1 - \frac{x_i}{x_{max}} \quad (5)$$

جایی که x'_i معرف مقدار نرمال شده پارامتر مورد نظر و x_i و x_{max} به ترتیب مقدار اولیه و بیشینه‌ی آن می‌باشند.

۳-۱-۵- وزندهی به زیرمعیارهای تشکیل‌دهندهی درجه‌ی سختی مسیر

به طور قطع اثر هریک از زیرمعیارها بر فاکتور اصلی یکسان نیست. برای محاسبه‌ی میزان درجه‌ی سختی یک مسیر، ابتدا لازم است میزان تأثیر هر زیرمعیار و به عبارتی دیگر وزن هر زیرمعیار تعیین گردد. در مطالعات مختلف روش‌های مختلفی برای تعیین وزن استفاده شده است. در برخی از پژوهش‌های صورت گرفته از نظرات کارشناسان استفاده می‌شود و در گونه‌های دیگر مطالعات صورت گرفته از نظر کاربران سود جسته می‌شود (پهلوانی، ۱۳۹۱). در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از آزمون گاما که یک روش برگرفته از داده‌ها^۲ است، اولویت و اهمیت هر زیرمعیار تشکیل‌دهنده‌ی درجه سختی مسیر نسبت به دیگر زیرمعیارها تعیین و رتبه‌بندی شود، سپس وزن نهایی هر یک تعیین گردد. در صورتی که عمل وزندهی به پارامترها با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و مواردی از این دست انجام شود، نظر کارشناسان و کاربران خودروهای اورژانس برای مقایسه آنها ضروری به نظر می‌رسد که ممکن است باعث بروز اختلاف نظر و یا خطا گردد. آزمون گاما روشی است که وضعیت واقعی منطقه‌ی مورد مطالعه را در وزندهی لحاظ کرده و در صورتی که نمونه‌های ورودی به

تبدیل به زمان گذر از یال می‌شود عملاً دیگر نیازی به استفاده از حجم ترافیک بعنوان یک پارامتر مستقل نخواهد بود.

برای محاسبه زمان گذر از یک تقاطع از زمان تلف شده توسط یک تقاطع دارای چراغ قرمز زماندار استفاده می‌شود. این مقدار از رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شود (Akgungor & Bullen, 1999).

$$d = \frac{(1-\lambda)}{2(1-\lambda x)} \left(c(1-\lambda) + \frac{\exp\left[\frac{(-1.22)\sqrt{2}(1-x)}{x}\right]}{q(1-x)} \right) \quad (3)$$

جایی که C میزان طول چرخه به ثانیه، λ نسبت سبز بودن چراغ، x درجه اشباع، q میزان نرخ جریان براساس تعداد وسیله عبوری در ساعت، g زمان سبز مؤثر به ثانیه، s جریان در زمان اشباع بر اساس تعداد خودرو بر ساعت و بالاخره d میزان تأخیر یک خودرو در تقاطع به ثانیه است.

در مورد رابطه‌ی (۳) می‌توان گفت که از مواردی از قبیل انواع گردش بر سر یک تقاطع (راست، چپ و گردش U)، کانالیزه بودن یا نبودن آنها و همچنین زمان اضافه شده به- دلیل عبور خارج از قاعده‌ی عابران پیاده صرف نظر می‌شود و نتیجه‌ی به‌دست آمده متوسط زمان تأخیر ایجاد شده برای خودرو خواهد بود.

۲-۱-۴- نرمال سازی معیارها و زیرمعیارها

در مواردی که هر پارامتر دارای دامنه‌ی تغییرات متفاوتی است، نرمال‌سازی اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. همچنین بدون عمل نرمال‌سازی قراردادن میزان پارامترها در آزمون گاما نیز ممکن نخواهد بود. از آنجائی که مقادیر مربوط به پارامترهای مختلف گزینه‌ها با مقیاس‌ها و واحدهای مختلف اندازه‌گیری می‌شوند، به منظور قابل مقایسه کردن گزینه‌ها از طریق تلفیق کردن پارامترهای مختلف آنها، مقادیر مربوط به هر پارامتر می‌بایست در ابتدا نرمال‌سازی شوند، بدین معنا که همه مقادیر مربوط به یک پارامتر به فاصله بین صفر و یک تصویر شوند و مقیاس آنها حذف گردد. یکی از پرکاربردترین روش‌های نرمال‌سازی در مسائل تلفیق،

معیاری که در غیاب آن مقادیر آماری گاما و V_{Ratio} به حداکثر برسد، مهمترین معیار در محاسبه‌ی درجه‌ی سختی خواهد بود. گفتنی است که هرچه پارامتر SE به عدد صفر نزدیکتر باشد، با اطمینان بیشتری می‌توان گفت مقدار گاما نشان دهنده‌ی اغتشاش موجود در داده‌هاست. V_{Ratio} پارامتری بدون بعد و دارای مقدار بین صفر و یک است. هر چه این مقدار به صفر نزدیکتر باشد، نمایانگر دقت بالای مدل برای یافتن خروجی‌های مطلوب از ورودی‌هاست. پس از محاسبه‌ی مقادیر آماری گاما، می‌توان وزن هر زیرمعیار تشکیل دهنده‌ی درجه سختی مسیر را با توجه به میزان این آماره محاسبه کرد. با توجه به اختلاف میان هر یک مقادیر، می‌توان وزن‌های مربوط به هر یک از معیارها را بین صفر و یک نرمال نمود به طوری که مجموع تمامی آنها طبق رابطه ۷ برابر با یک باشد.

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (7)$$

جایی که نماد m بیانگر تعداد معیارها و w نشان‌دهنده‌ی وزن هر کدام است. پس از محاسبه‌ی میزان درجه‌ی سختی یک یال، لازم است کل درجه سختی یال‌های تشکیل دهنده‌ی یک مسیر به گونه‌ای به دست آید که تأثیر درجه‌ی سختی هر لبه بر کل درجه‌ی سختی مسیر براساس میزان نسبت طول لبه بر طول کل مسیر باشد. بر این اساس درجه‌ی سختی مسیر با استفاده از رابطه‌ی (۸) به دست می‌آید (پهلوانی، ۱۳۹۱):

$$Dod_{path} = \sum_{i=1}^n Dod_i \frac{d_i}{D} \quad (8)$$

جایی که Dod_{path} بیانگر درجه‌ی سختی یک مسیر، Dod_i میزان درجه سختی یک یال از آن مسیر، d_i طول آن یال، D طول کل مسیر و n تعداد یال‌های تشکیل دهنده‌ی مسیر مورد نظر است.

۷-۱-۲- وزندهی به دو معیار نهایی مؤثر بر مسیریابی
با توجه به این که دو معیار نهایی ارائه شده دارای ماهیت یکسانی نیستند یعنی یکی کاملاً ایستا و دیگری

نرم‌افزار به صورت فراگیر و ناهمگن باشند، میزان خطای این روش به حداقل می‌رسد.

۲-۱-۶- آزمون گاما

آزمون گاما (γ) در اصل به عنوان ابزاری برای ایجاد مدل‌های برگرفته از داده‌ی سیستم توسعه داده شده است، و به طور مستقیم از رفتار سیستم ناشی می‌شود (Kemp, et al., 2010). این آزمون یک ابزار مدل سازی غیرخطی است که به کمک آن می‌توان ترکیب مناسب از پارامترهای ورودی برای مدل سازی داده‌های خروجی و ایجاد یک مدل هموار را قبل از ایجاد مدل بررسی نمود. اگر N پارامتر ورودی بر وقوع پدیده‌ای مؤثر باشند، تعداد $2^N - 1$ ترکیب معنی‌دار از پارامترهای ورودی به وجود می‌آید که برای مدل‌سازی بررسی همه‌ی ترکیبات ایجاد شده برای یافتن بهترین ترکیب کاری وقت‌گیر است. بنابراین با استفاده از این تکنیک می‌توان ترتیب اهمیت پارامترهای ورودی و بهترین ترکیب از میان تمام ترکیب‌های ممکن را به دست آورد. منظور از بهترین ترکیب، وزن در نظر گرفته شده برای تمامی معیارهای مورد استفاده در فرآیند تصمیم‌گیری است به طوری که بر اساس شرایط حاکم بر محدوده‌ی مورد مطالعه می‌توان تصمیم گرفت که کدام معیار دارای وزن و تأثیر بیشتری در تصمیم‌کاربر خواهد بود. در این روش با تعیین مقدار نزدیکترین همسایگی p ، مقادیر $\gamma_M(k)$ و $\delta_M(k)$ از روی داده‌های خروجی و ورودی محاسبه می‌شود. سپس با ایجاد رابطه‌ی رگرسیون خطی بین P مجموعه‌ی $\gamma_M(k)$ و $\delta_M(k)$ ، معادله‌ی آن از رابطه‌ی (۶) به دست می‌آید (Jones, et al., 2002):

$$\gamma = A\delta + \Gamma \quad (6)$$

جایی که عرض از مبدأ خط رگرسیون فوق برابر مقدار آزمون گاما و شیب بیشتر آن بیانگر پیچیدگی بیشتر مدل می‌باشد. پس از اعمال آزمون گاما چهار پارامتر آماری گاما، گرادیان، SE (خطای استاندارد) و V_{Ratio} در غیاب هر یک از پنج معیار درجه‌ی سختی مسیر محاسبه می‌شوند.

1- Gamma Test

2- Standard Error

ترکیب دو کروموزوم فعلی است، درحالیکه عملگر جهش برای ایجاد کروموزوم‌های جدید در جمعیت موجود در جهت اضافه نمودن صفات جدید به کروموزوم‌های جمعیت است. احتمال وقوع ترکیب ضربی بر اساس نرخ ترکیب است. در سازوکار ترکیب ضربی، با استفاده از سه روش مبادله، فرزندان تولید می‌شوند که عبارتند از: ترکیب تک نقطه‌ای، ترکیب دو نقطه‌ای و ترکیب یک شکل. نرخ ترکیب معمولاً عدد بزرگی در بازه‌ی بین اعداد صفر و یک است تا بتوان از تولید کروموزوم جدید اطمینان حاصل نمود، درحالیکه نرخ جهش^۱، معمولاً مقدار کمتری در بازه‌ی صفر و یک می‌پذیرد تا بتوان اطمینان حاصل نمود که از راه‌حل‌های درست انحراف بیش از حد به وجود نیامده است (Kho, et al., 2012). در بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مهمترین مسئله‌ی پیش رو ایجاد تابع برازندگی می‌باشد. پس از آنکه تمامی پارامترهای اصلی آماده ورود به الگوریتم شد، می‌توان میزان برازندگی مسیر k را با استفاده از رابطه‌ی (۸) به دست آورد:

$$fitness_k = \sum_{i=1}^n w_i x_k \quad (8)$$

جایی که در این رابطه n تعداد پارامترهاست و x هزینه‌ی مسیر بر اساس پارامتر مربوطه خواهد بود.

۳- پیاده‌سازی و نتایج عملی تحقیق

در این بخش نتایج مسیریابی انجام شده برای خودروی اورژانس با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه می‌شود. پس از بررسی منطقه‌ی مورد مطالعه، سعی می‌شود نتایج راه اندازی کلیه‌ی روش‌های معرفی شده به تفصیل بیان گردد. پس از آن به بحث پیرامون نتایج عملی تحقیق پرداخته می‌شود.

۳-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌ی مربوطه

در این تحقیق مسیریابی خودروی اورژانس در دو منطقه‌ی پرتراфик و پرجمعیت شهر تهران یعنی مناطق ۳ و ۶ انجام شده است. گراف شبکه‌ی معابر این دو منطقه در

کاملاً پویاست. همچنین معیار اول مربوط به ویژگی‌های فیزیکی جاده و مورد دوم مربوط به وضعیت آمد و شد خودروهاست، نمی‌توان با استفاده از آزمون گاما به مقایسه و وزن دهی این دو معیار پرداخت. به همین دلیل، برای تعیین وزن هر یک از دو معیار، از نظر مستقیم کاربران خودروهای امداد شهری استفاده شد. در مصاحبه‌های صورت گرفته از این کاربران به طور میانگین وزنی معادل ۰/۳ برای درجه‌ی سختی مسیر و ۰/۷ برای دیگر معیار در نظر گرفته شد.

۲-۱-۸- بهینه‌سازی

در این بخش سعی می‌شود تا مروری اجمالی بر الگوریتم ژنتیک به عنوان ابزار مورد استفاده در بهینه‌سازی مسیر خودرو، انجام شود. دلیل استفاده از این الگوریتم فراابتکاری^۱ می‌تواند جستجوی آن به صورت سراسری و عدم گرفتاری آن در بهینه‌های محلی باشد (Dreo, et al., 2006).

الگوریتم ژنتیک، به عنوان یک تکنیک بهینه‌سازی و جستجوی اتفاقی پرکاربرد، بر پایه‌ی سازوکار انتخاب و ژنتیک طبیعی، روشی است که می‌تواند راه‌حل‌های تقریباً بهینه‌ای برای روش‌های بهینه‌سازی ترکیبی ایجاد کند. این الگوریتم در سال‌های اخیر برای طیف وسیعی از مسائل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است (Holland, 1975). الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم جستجو بر پایه‌ی جمعیت است که برای نخستین بار توسط فراسر^۲ در سال ۱۹۵۷ ابداع شد. ژنتیک یک الگوریتم فراابتکاری معروف برای مسئله‌ی مسیریابی است (Snyder & Daskin, 2006). در ژنتیک، کاراکترهای جمعیت با استفاده از جواب‌های گذشته^۳ مشخص می‌شوند، که معرف یک کروموزوم می‌باشند، و عملگرهای اصلی الگوریتم، عملگر انتخاب^۴ و ترکیب ضربی^۵ هستند.

هدف از ترکیب ضربی ایجاد کروموزوم‌های جدید از

1- Meta-heuristic

2- Fraser

3- Genotype

4- Selection

5- Crossover

6- Mutation

جدول ۱: نمونه‌های انتخاب شد برای آزمون گاما و مقادیر پارامتر

نام یال	عرض (متر)	شیب (درصد)	نوع	کیفیت	مستقیم بودن
1 شریعتی از مجتبیایی تا پاسداران	14	2.07	0.25	0.0007	0.96
2 سیمای شمالی	22	3.2	0.75	0.008	0.96
3 دیدار (شهیدی)	10.5	4.8	0.75	0.005	0.99
4 قبا	8	2.6	1	0.009	0.99
5 مطهری	20	2.24	0.25	0.005	1
6 سپهد قرنی	20	3.3	0.25	0.001	1
7 مفتح	20	2.2	0.25	0.0017	0.92
8 طالقانی از حافظ تا مفتح	18	2.8	0.25	0.0015	1
9 فاطمی	9	3.1	0.5	0.003	1
10 آفریقا از حقانی تا میرداماد	7	2.8	0	0	0.8
11 آفریقا از حقانی تا راه آهن	17	5.1	0	0	0.99
12 نصیری	8	2.47	1	0.002	0.98
13 آزادگان	7.5	6.67	0.5	0.04	0.99
14 نیایش از کردستان تا سنول	15	3.45	0	0	0.77
15 قیصریه	10	5.41	1	0.05	0.92
16 احمد قصیر	9	3.8	0.5	0.004	1
17 میرزای شیرازی	6	3.99	0.5	0.0014	0.77
18 شیرازی جنوبی	5	5.59	0.5	0.002	1
19 میدان تا چهارراه ولیعصر	16	4.8	0.75	0	1
20 کلاهدوز	14	3.4	0.5	0.0013	0.94

جدول ۲: نتایج آزمون گاما

ترکیبات مختلف معیارهای ورودی						پارامتر
بدون «مستقیم بودن»	بدون «کیفیت»	بدون «نوع مسیر»	بدون «شیب»	بدون «عرض»	تمامی معیارها	
-0.095	-0.021	-0.058	-0.054	-0.03	-0.101	گاما
0.17	0.13	0.15	0.15	0.14	0.14	گرادیان
0.053	0.063	0.097	0.061	0.07	0.07	SE
-0.38	-0.08	-0.23	-0.21	-0.12	-0.40	V _{Ratio}

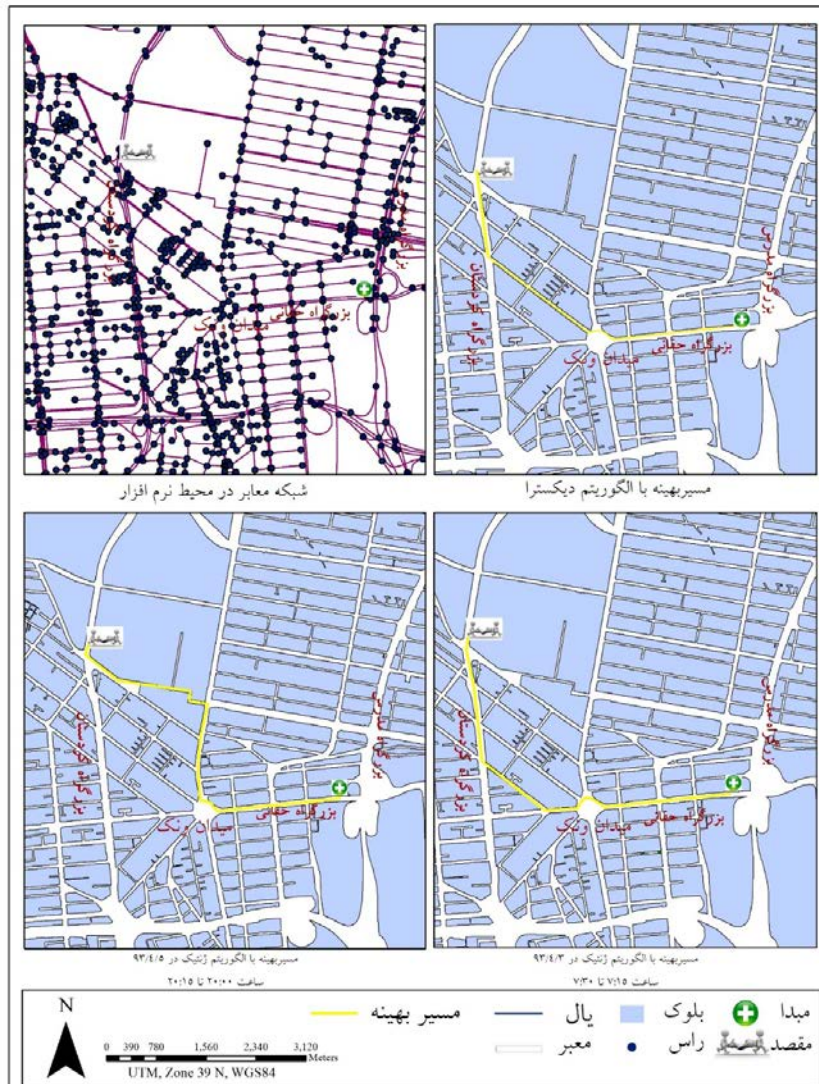
سرعت‌شکن‌های راه‌های مورد مطالعه نیز به صورت میدانی توسط محقق برداشت شد.

۲-۳- نتایج آزمون گاما و وزندهی به معیارها

برای انجام آزمون گاما و رسیدن به ارجحیت هر یک پارامترهای تشکیل دهنده درجه‌ی سختی مسیر، از ۲۰ نمونه مسیر در منطقه‌ی مورد مطالعه بهره برده شد. در انتخاب این نمونه‌ها سعی شده است توازن انتخاب رعایت شود و مسیرهایی انتخاب شوند که کاملاً یک شکل نباشند،

نرم افزار ArcMap 10.2 مورد استفاده قرار گرفت. زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در روزهای مختلف از سال به تفکیک روزهای تعطیل و غیر تعطیل و ساعت‌های مختلف روز و نیز حجم ترافیک موجود در خیابان‌های شهر در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای برای روزهای مذکور از مرکز کنترل ترافیک شهرداری تهران دریافت شد و مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از DEM^۱ با مقیاس ۱:۲۰۰۰ شهر تهران نیز به منظور برآورد شیب مسیرها استفاده شد. اطلاعات مربوط به

1- Digital Elevation Model



نگاره ۳: نتایج مسیریابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و دیکسترا

«شیب»، «نوع مسیر» و «میزان مستقیم بودن مسیر» نیز در رده‌های بعدی قرار خواهند گرفت. همچنین وزن در نظر گرفته شده برای هر معیار به ترتیب $0/331$ ، $0/286$ ، $0/188$ ، $0/172$ و $0/20$ خواهند بود.

۳-۳- نتایج مسیریابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

برای پیاده سازی روش انتخاب شده، تمامی فاکتورهای تعیین شده برای تمامی رأس‌ها و یال‌های موجود در شبکه‌ی معابر مناطق مورد نظر از شهر تهران محاسبه می‌شود و پس از تدوین ماتریس همسایگی مربوط به هر پارامتر، با استفاده از الگوریتم ژنتیک مسیر بهینه به کاربر نمایش داده می‌شود.

به طوری که هر پارامتر به صورت کم، متوسط و زیاد در نمونه‌ها یافت شود. در جدول شماره (۱) ۲۰ نمونه‌ی انتخاب شده و مقادیر هر پارامتر در آن قابل مشاهده است. پس از انتخاب نمونه‌ها، مقادیر مربوطه پس از نرمال شدن به روش گفته شده در روابط (۵و۴) به عنوان ورودی و میانگین هر پنج معیار به عنوان خروجی به نرم‌افزار WinGamma وارد شد. نتایج به دست آمده از انجام آزمون گاما با استفاده از این نرم افزار در جدول (۲) آمده است. بر طبق نتایج به دست آمده می‌توان گفت که پارامتر «کیفیت مسیر» به عنوان مهمترین معیار در محاسبه‌ی درجه سختی مسیر محاسبه خواهد شد. پارامترهای «عرض»،

که با وجود آنکه مسیر تعیین شده توسط الگوریتم دیکسترا کمترین طول را داراست اما نتایج الگوریتم ژنتیک با توجه به وضعیت ترافیک موجود در مسیرهای منتهی به مقصد متفاوت است و زمان بهینه‌تری را برای رسیدن به مقصد برآورد می‌کند. حتی در دو زمان مختلف از یک هفته نیز نتایج متفاوتی به دست آمد و نتایج الگوریتم دیکسترا با نتایج الگوریتم ژنتیک تنها در برخی ساعات از شبانه روز مانند اوقات نیمه شب همخوانی دارد.

الگوریتم دیکسترا معروف ترین الگوریتم در مسیریابی می‌باشد و بسیاری از نرم افزارها و سیستم‌های رایج مسیریابی از آن استفاده می‌کنند. مقایسه با این الگوریتم درک دقیق‌تری نسبت به کارایی عملی سیستم پیشنهادی در مسائل عملی را ایجاد می‌کند. نتایج این مقایسه نشان دهنده کارایی و مزیت روش پیشنهادی در صورت جایگزینی الگوریتم دیکسترا با آن و استفاده از آن در سیستم‌های ناوبری جاری در خودروهای اورژانس می‌باشد.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله پارامترهای تأثیرگذار بر مسیریابی خودروهای امداد شهری اعم از پارامترهای کمی و کیفی و ایستا و پویا بررسی شدند. پس از نرمال کردن با روش تقسیم بر حداکثر و تعیین تأثیر هر پارامتر با استفاده از آزمون گاما، مسیریابی با استفاده از الگوریتمی فراابتکاری با نام الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود. با توجه به آنکه زمان در بهینه‌سازی مسیر یک خودروی اورژانس امری مهم به حساب می‌آید از دو رابطه‌ی مرسوم در حوزه‌ی حمل و نقل و ترافیک شهری برای محاسبه‌ی میزان زمان صرف شده برای گذر از یک لبه و یک تقاطع، استفاده شد. همانطور که از خروجی نهایی پژوهش آشکار است الگوریتم‌های تک متغیره‌ای مانند دیکسترا در همه حال نمی‌توانند مسیر بهینه را به کاربر ارائه دهند و تنها از یک بعد به مسئله می‌نگرند. این درحالی است که پارامترهای زیادی ممکن است در این زمینه سهیم باشند. حتی در روزهای مختلف سال و ساعات مختلف روز

نقطه‌ی پایانی تحقیق صورت گرفته نمونه‌ای از مسیریابی صورت گرفته در مناطق یاد شده در شهر تهران است. مبدأ مسیر، واحد آتش نشانی واقع در بزرگراه حقانی و جنب بزرگراه مدرس است و محل آسیب دیده نیز در نقطه‌ای در شمال بزرگراه کردستان در نظر گرفته شده است. با توجه به داده‌ی موجود مسیریابی برای دو تاریخ مختلف و در فاصله‌ی دو روز انجام گرفت به طوری که روزهای مختلف هفته در حد توان تحت پوشش قرار گیرند؛ همچنین دو زمان مختلف از روز که هر دو زمان پیک ترافیک هستند برای مسیریابی با الگوریتم ژنتیک انتخاب شد. مسیر انتخاب شده در تاریخ ۹۳/۴/۳ دارای طول ۲۲۷۰ متر و زمان گذر تقریبی ۷ دقیقه و دیگری در تاریخ ۹۳/۴/۵ دارای طول ۲۴۶۰ متر و زمان گذر تقریبی ۸ دقیقه است. به منظور نشان دادن کارایی این الگوریتم در مقایسه با سیستم‌های موجود در خودروهای اورژانس، مسیریابی دیگری از مبدأ تا مقصد یکسان با استفاده از الگوریتم دیکسترا که ابزار معمول و رایج برای مسیریابی در بسیاری از سیستم‌ها و نرم افزارهای مسیریابی است، انجام شد که مسیری با طول ۲۱۴۲ متر و زمان گذر تقریبی ۹ الی ۱۰ دقیقه ارائه شد. نگاره ۳ نتایج مسیریابی انجام شده در شهر تهران را نشان می‌دهند.

۴- بحث

در این پژوهش برای تعیین میزان وزن زیرپارامترهای تشکیل دهنده‌ی درجه‌ی سختی مسیر از روش مبتنی بر داده یعنی آزمون گاما استفاده شد. با استفاده از این آزمون، میزان وزن هر پارامتر پس از نرمال سازی بر اساس واقعیت‌های موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه به دست آمد. همانگونه که در بخش‌های گذشته بیان شد، برای مقایسه و وزن دهی به معیارهای اصلی نمی‌توان از آزمون گاما استفاده نمود زیرا طبیعت و نوع فاکتورها متفاوت هستند، معیار درجه‌ی سختی مسیر کاملاً ایستا و معیار دوم کاملاً پویا هستند. پس از پیاده سازی نهایی مسیریابی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم ژنتیک، این نتیجه قابل تشخیص است

مکانی. استاد راهنما: دلاور، م. پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران.

4- Akgungor, A. P. & Bullen, G. R., 1999. Analytical Delay Models for Signalized Intersections. Institute of Transportation Engineers. ITE, vol 69, p. 12.

5- Blackwell, H. T. & Kaufman, J. S., 2002. Response time effectiveness: Comparison of response time and survival in an urban emergency medical services system. Acad. Emerg. Med, 9, pp. 288-295.

6- Chen, Y. Z., Shen, S. f., Chen, T. & Yang, R., 2014. Path Optimization Study for Vehicles Evacuation Based on Dijkstra algorithm. Procedia Engineering, Vol 71, pp. 159-165.

7- Comolli, M. A., Finley, E., Ive, H. P. & Kingman, D., 2014. Emergency Vehicles: Improving Response Time and Efficiency. ME 302 Paper.

8- Davis, G. A. & Xiong, H., 2007. Travel Time Estimation on Arterials. Access to Destinations, p. 83.

9- Deng, Y., Chen, Y., Zhang, Y. & Mahadevan, S., 2012. Fuzzy Dijkstra algorithm for shortest path problem under uncertain environment. Applied Soft Computing, vol 12, pp. 1231-1237.

10- Donlon, J. J. & Kenneth, D. F., 2000. Using a Geographic Information System for Qualitative Spatial Reasoning about Trafficability, Qualitative Reasoning group. Northwestern University.

11- Dreio, J., Petrowski, A., Siarry, P. & Taillard, E., 2006. Metaheuristics for Hard Optimization. New York: Springer.

12- Eisenberg, M. S., Bergner, L. & Hallstrom, A., 1979. Cardiac resuscitation in the community. Importance of rapid provision and implications for program planning. JAMA, p. 241.

13- Goldberg, R. & Listowsky, P., 1994. Critical factors for emergency vehicle routing Expert systems. Expert systems with applications, Vol. 7, No. 4, pp. 589-602.

14- Holland, J., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems: University of Michigan Press, Ann Arbor.

15- Jones, A. J., Evans, D., Margetts, S. & Durrant, P. J., 2002. The Gamma Test. Heuristic and Optimization for Knowledge Discovery: Cardiff University.

نیز می تواند مسیر بهینه از مبدأ به مقصد یکسان، متفاوت باشد. ممکن است یک مسیر از نظر مسافت چندمین مسیر بهینه باشد اما در عمل سریع ترین مسیر ممکن خواهد بود. همچنین در مورد مسیریابی خودروهای امداد شهری و به ویژه آمبولانس ها نیاز است تا به سلامت بیمار نیز توجه و کیفیت مسیر نیز امری مورد توجه باشد.

علاوه بر روش های به کار گرفته شده در این تحقیق، می توان روش های دیگری را مورد آزمایش قرار داد.

به طور مثال روش تصمیم گیری چندمعیاره و یا دیگر روش های مبتنی بر داده برای تعیین وزن زیرمعیارهای مؤثر در مسیریابی استفاده نمود و نتایج را با نتایج حاصل از آزمون گاما مقایسه کرد. همچنین با توجه به اینکه مدل ها و روش های ارائه شده در این تحقیق برای شرایط آب و هوایی عادی می باشند، پیشنهاد می شود تأثیر شرایط خاص آب و هوایی از جمله هوای بارانی و ... نیز در میزان فاکتورها و به طور کلی در فرآیند مسیریابی اعمال شوند.

می توان از الگوریتم های فراابتکاری دیگر به جای الگوریتم ژنتیک بهره برد و روند انجام کار و نتایج آن را با نتایج حاضر مقایسه نمود.

۶- منابع و مآخذ

۱- پهلوانی، پ، ۱۳۹۱. مسیریابی بهینه چند معیاره برای راننده در محیط شهری با استفاده از الگوریتم های ژنتیک و تهاجم گیاهان هرز تلفیق شده با فازی و شبکه عصبی مصنوعی، رساله دکتری مهندسی نقشه برداری، گرایش سیستم های اطلاعات مکانی. استاد راهنما: دلاور، م. لوکس، ک. پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران.

۲- طرح مطالعات جامع حمل و نقل کشور، اسفند ۱۳۸۶. گزارش فاز ۳، پیش بینی تقاضا، جلد پنجم، مدلسازی ترافیک، وزارت راه و ترابری.

۳- نادى، س، اردیبهشت ۱۳۹۱. مسیریابی کاربرپسند با استفاده داده های ترافیک زمانمند، تصادفی و آنی. رساله دکتری مهندسی نقشه برداری، گرایش سیستم های اطلاعات

- problem. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 18, p. 313-328.
- 27- Raubal, M. & Winter, S., 2003. Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks. *Geographic information science, Lecture notes in computer science*, Vol 2478, pp. 243-259.
- 28- Sharda, R. & Vob, S., 2008. *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and new challenges*. Springer Science+Business Media, LLC.
- 29- Snyder, L. V. & Daskin, M. S., 2006. A random-key genetic algorithm for the generalized traveling salesman problem. *European Journal of Operational Research*, Vol 174, pp. 38-53.
- 30- Spiess, H., 1990. Conical Volume-Delay Function. *Transportation Science*, Vol 24, pp. 153-158.
- 31- Steiner, R. L., 2004. *Future Directions For Multimodal Areawide Level of Service Handbook Research and Development*, The Florida Department of Transportation.
- 32- Westphal, M., Wolff, S., Nebel, B. & Renz, J., 2011. On Qualitative Route Descriptions: Representation and Computational Complexity, *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- 16- Jotshi, A., Gong, Q. & Batta, R., 2006. Dispatching and Routing of Emergency Vehicles in Disaster Mitigation using Data Fusion. *Air Force Office of Scientific Research (AFOSR)*.
- 17- Kemp, S. E., Wilson, I. D. & Ware, J. A., 2010. A Tutorial On the Gamma Test. *I. J. of Simulation* Vol 6, pp. 1-2.
- 18- Kho, R. J., Zulvia, F. E. & Suryadi, K., 2012. Hybrid particle swarm optimization with genetic algorithm for solving capacitated vehicle routing problem with fuzzy demand—A case study on garbage collection system. *Applied Mathematics and Computation*, Vol 219, pp. 2574-2588.
- 19- Lee, C., Huang, C., Hsiao, T. & Wu, C., 2014. Impact of Vehicular Networks on Emergency Medical Services in Urban Areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol 11, pp. 11348-11370.
- 20- Malczewski, J., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: Wiley.
- 21- Moghaddamnia, A., 2009. Comparison of LLR, MLP, Elman, NNARX and ANFIS Models—with a case study in solar radiation estimation. *Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol 71, pp. 975-982.
- 22- Mortensen, A., 2009. *Street and Non-Motorized Connectivity*, Kirkland: Transpo Group.
- 23- Musolino, G., Antonio, P., Rindone, C. & Vitetta, A., 2002. Travel time forecasting and dynamic routes design for emergency vehicles., *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 87, pp. 193-202.
- 24- Neysani Samani, N., Delavar, M. R., Chrisman, N. & Malek, M. R., 2013. Spatial Relevancy Algorithm for Context-Aware Systems (SRACS) In Urban Traffic Networks Using Dynamic Range Neighbor Query And Directed Interval Algebra. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, Vol 5, pp. 605-619.
- 25- Neysani Samani, N., Delavar, M. R. & Malek, M. R., 2006. Effective wayfinding based on LBS using landmarks in urban environment. *Proc. ICA workshop on geospatial analysis and modeling*, p. 12.
- 26- Pahlavani, P., Delavar, M. R. & Frank, A. U., 2012. Using a modified invasive weed optimization algorithm for a personalized urban multi-criteria path optimization

