



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۴، دوره ۸، شماره ۲، صص ۴۹۷-۴۸۰

بررسی توانایی الگوریتم ژنتیک در تحلیل و مسیریابی رفت و آمد درون شهری (مورد

مطالعه: شهر زابل)

نسرین خواجه محمودی^{۱*}، غلامعلی خمر^۲، ابوذر نکوئی^۳، حسین بیکی^۴، فاطمه پیروزرام^۵

۱- کارشناس ارشد رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه زابل، ایران. nasrin_4090@yahoo.com

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی ایران، واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

۴- کارشناسی ارشد مدیریت، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی ایران، واحد زاهدان. زاهدان، ایران.

۵- کارشناس ارشد رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه زابل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱

چکیده

با رشد و توسعه فیزیکی شهرها، سفرهای درون شهری افزایش یافته و همه روزه مقدار زیادی از وقت افراد در ترافیک تلف می‌شود. لذا امروزه از روش‌ها و الگوریتم‌های به روز و جدید برای مسیریابی در شبکه راه‌های درون شهری و مسیریابی استفاده می‌شود. در این راستا هدف پژوهش حاضر بررسی توانایی الگوریتم ژنتیک در تحلیل و مسیریابی رفت و آمد درون شهری (مورد مطالعه: شهر زابل)، می‌باشد. پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و به لحاظ روش، توصیفی-تحلیلی است که با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای - اسنادی و میدانی به انجام رسیده است. داده‌های پژوهش شامل داده‌های اولیه (فرم پرسشنامه) از گروه نخبگان و متخصصان گردآوری گردید. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از الگوریتم ژنتیک و روش سلسله مراتبی انتزاعی مسیریابی استفاده شد. در این پژوهش ۴ نقطه شهری و ۸ عامل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد از نظر زمان اجرا، الگوریتم ژنتیک بسیار سریعتر از تحلیل سلسله مراتبی برای مسئله مسیریابی را در این شبکه حل می‌کند. سایر نتایج نشان داد در بیشتر مسیرها طول مسیر پیشنهاد روش ژنتیک کوتاه تر و بهتر از روش تحلیل سلسله مراتبی بوده است. به طور کلی، روش تحلیل سلسله مراتبی برای کاربردهای GIS مناسب است که در آن مسیریابی خارج از شبکه باید با منابع محاسباتی کوچک و در مدت زمان محدود انجام شود، یا زمانی که مسیرها باید به طور مکرر در یک منطقه خاص محاسبه شوند. **واژگان کلیدی:** رفت آمد درون شهری، مسیریابی، الگوریتم ژنتیک، شهر زابل.

مقدمه

پویایی و سرزندگی هر شهری، رابطه مستقیمی با نحوه حرکت و دسترسی آن شهر دارد؛ جا به جایی و دسترسی، پایه و اساس فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی هر شهر می‌باشد (Grazi & Bergh, 2008: 634). ساختار و فرم شهری، سطح شهرنشینی و ویژگی‌های محیطی از جمله عوامل مؤثر بر رفتار سفر شهروندان است (Souche, 2010: 129). حرکت و ارتباط میان محل زندگی انسان‌ها و مکان فعالیت‌ها، مستلزم وجود یک سیستم کارآمد حمل و نقل شهری، به عنوان یکی از جنبه‌های اصلی حیات شهری می‌باشد. سیستم حمل و نقل، ساختار فضایی شهر را تحت تأثیر قرار داده و زمینه رشد شهر را در مقیاس و الگوهای متفاوت فراهم می‌سازد (Rodrigue et al., 2009: 102). امروزه بیشتر فضاهای عمومی شهری و خیابان‌ها به دلیل افزایش بی‌رویه وسایل نقلیه و وابستگی الگوی زندگی شهری به آنها به شدت زیر سلطه ماشین درآمده و همین امر موجب بروز مشکلات فراوانی در مسائل شهری شده است؛ از جمله افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش سلامت عمومی، افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و... (غلامی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱). بحث سفرهای درون شهری در سرتاسر جهان همواره با مسئله ترافیک و به تبع زمان تلف شده سر و کار دارد، به بیان دیگر، آنچه سفرهای شهری را بیش از پیش مسئله‌وار می‌سازد تراکم‌های زمانی تقریباً مشخصی است که موجب شکل‌گیری ترافیک‌های سنگین در نقاط پرتردد و مرکزی شهر می‌شود (غضنفرپور و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۰۸).

ترافیک به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های شهری است که گریبانگیر شهرها به خصوص شهرهای کشورهای در حال توسعه شده است. مشکل ترافیک ناشی از رشد روز افزون شهرنشینی و توسعه فیزیکی و کالبدی شهرها در ابعاد عمودی و افقی و ازدیاد وسایل نقلیه و سیستم شبکه معابر نامناسب و نابسامانی سیستم حمل و نقل عمومی شهر و از طرفی مکانیابی نامناسب کاربری اراضی در سطح شهر به خصوص تجمع کاربری‌های سفرزا در بخش مرکزی شهرها به عنوان نقطه ثقل و جاذب سفر در طول روز می‌گردد (نظریان و گودرزی، ۱۳۹۲: ۲۷). آنچه امروز در کلان‌شهرهای جهان مشاهده می‌شود، ورود روزافزون وسایل نقلیه شخصی و عمومی، با توجه به افزایش تمایل و تقاضای شهروندان نسبت به خرید اتومبیل‌های شخصی و نیز افزایش سفرهای درون شهری شهروندان برای پاسخ به نیازهای متنوع و نوساخته جامعه است. در کشور ما نیز به علت رشد ناگهانی و سریع جمعیت شهری و گسترش پدیده شهرنشینی تاکنون برنامه‌ریزی‌های جامع و مناسبی در این حوزه صورت نگرفته و استفاده از اراضی شهری به صورت معقولانه در جهت تسهیلات حمل و نقل درون شهری تخصیص نیافته است. رشد سریع ناگهانی جمعیت شهری در کشور به ویژه در کلان‌شهرها باعث افزایش فعالیت‌های درون شهری شده است. بنابراین در حال حاضر برنامه‌ریزی حمل و نقل درون شهری، مطالعات جامع در زمینه حمل و نقل شهری، سرمایه‌گذاری‌های مناسب و ایجاد تسهیلات لازم در زمینه حمل و نقل، ایجاد شبکه ارتباطی صحیح، نحوه استفاده از اراضی شهری در جهت بهبود حمل و نقل شهرها نه تنها با هم همگام نبوده، بلکه در هیچ معیاری نمی‌گنجد (درویشی و وثوقی، ۱۳۹۴: ۱). در این میان شهر زابل در سیستم شبکه شهری ایران در رتبه-اندازه شهرهای متوسط (میانی) قرار می‌گیرد و با توجه به شکل و طرح شهر، شکل متمرکز و هسته‌ای دارد و مشکل ترافیک اینگونه طرح شهری در بخش مرکزی شهر به وجود می‌آید. این شهر با وجود رشد و توسعه فیزیکی در طول چند دهه گذشته و بی‌توجهی به بخش مرکزی

مکانیابی نامناسب کاربری‌های مهم از جمله: تجاری، آموزشی، اداری، خدماتی، بهداشتی - درمانی و ... در هسته مرکزی متراکم شده‌اند و در کنار آن گسترش بی برنامه شهرنشینی، استفاده روزافزون از اتومبیل شخصی و محدودیت توسعه شبکه‌های ارتباطی بر مشکل ازدحام ترافیکی در شهر زابل افزوده است؛ از تبعات چنین وضعیتی، حوادث زیاد رانندگی و خسارت‌های ناشی از آن می‌باشد. لذا با توجه به گسترش روز افزون استفاده از سیستم‌های حمل و نقل شهری و ازدیاد تقاضای سفرها و حجم بالای تردهای صورت پذیرفته و نیاز به تامین امکانات اولیه و زیر بنایی این سیستم حمل و نقل و نیاز مبرم به ارائه یک مدیریت توانمند جهت عدم مواجهه یا کاهش معضلات حمل و نقلی استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت تلفیق اطلاعات لازم در حوزه حمل و نقل و GIS بیش از پیش ضروری می‌نماید. در این راستا در این پژوهش به بررسی توانایی الگوریتم ژنتیک در تحلیل و مسیریابی رفت و آمد درون شهری در زابل، پرداخته شده است.

مبانی نظری

جوامع به میزان قابل توجهی به سیستم‌های حمل و نقل وابسته اند، به طوری که سلامت اقتصادی و اجتماعی یک محیط شهری بستگی بسیار زیادی به کیفیت عملکرد سیستم حمل و نقل آن محیط دارد. ریشه این مسأله را می‌توان ارتباط پیچیده بین سیستم حمل و نقل با سیستم فعالیت‌های شهری یافت؛ بدین معنا که یک سیستم حمل و نقل علاوه بر اینکه در یک سیستم شهری، فراهم آوردنده بستر حرکت و جابجایی افراد و کالاها در سطح شهر است، در عین حال در طی زمان‌های طولانی، الگوهای رشد شهری و سطح فعالیت‌های اقتصادی را به واسطه فراهم آوردن دسترسی‌های متعدد به فضاهای مختلف شهری به نوبه خود بر شیوه عملکرد سیستم حمل و نقل موثر می‌افتد (زیاری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۸). رشد شهری باعث افزایش تقاضای اهداف سفر بر روی تسهیلات ناکافی موجود حمل و نقل شهری شده است که به دنبال آن شهرهای بزرگ دست به گریبان مشکلات زیادی در زمینه‌های تراکم ترافیکی، آلودگی هوا، اتلاف وقت‌های طولانی در مسیرهای سفر روزانه افراد، افزایش مصرف سوخت و استهلاک وسایل نقلیه و غیره هستند (رضایی و اصغرزاده، ۱۳۸۷: ۱۴). محدوده مرکزی شهرها، همواره به دلیل تمرکز و تعداد فعالیت‌ها، سهم بالایی از تولید و جذب سفرهای روزانه را به خود اختصاص داده‌اند و به دلیل ثابت ماندن ظرفیت شبکه‌های ارتباطی درون شهری و عدم توانایی سیستم (مدیریت)، حمل و نقل (بخصوص عمومی) شهرها، نواحی مرکزی شهرها همواره با مشکلاتی که اهم آنها را مقوله‌های ازدحام، آلودگی و ترافیک تشکیل می‌دهند، روبه رو بوده و هستند که دستیابی به توسعه‌ی شهری پایدار را تحت تأثیر خود قرار داده است (بهبهانی و صحاف، ۱۳۸۹: ۶). در دو دهه اخیر، توجه برنامه‌ریزان شهری به سوی آن دسته از الگوهای توسعه شهری جلب شده است که قادرند با نزدیک ساختن کانون‌های فعالیت به یکدیگر از حجم تقاضا برای اهداف سفر بکاهند. در واقع، از آنجا که تقاضای سفر از پراکنش کاربری‌های عمده از جمله محل کار، مراکز آموزشی، مراکز تفریحی و یا مراکز خدماتی مشتق می‌شود، بخشی از کاهش حجم تقاضا از مجرای اعمال سیاست‌های کاربری زمین قابل حصول است می‌شود (غضنفرپور و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۱۱).

در رابطه با موضوع پژوهش در داخل و خارج از کشور تحقیقات صورت گرفته است که در زیر به آنها اشاره می‌شود: درستکار ناوانی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی به بررسی وضعیت مدیریت و برنامه ریزی ترافیک تالش و ارائه

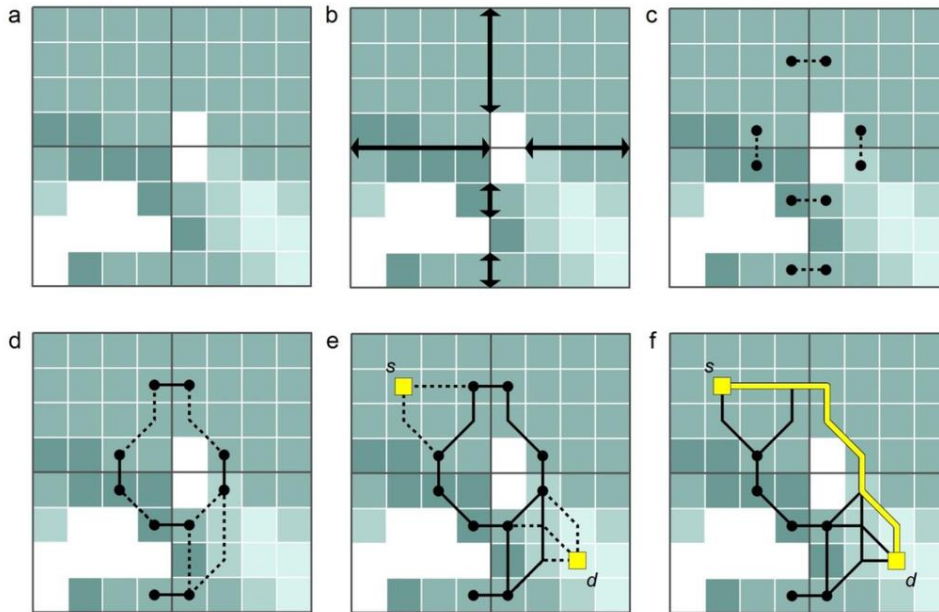
راهکارهای جهت روان سازی ترافیک، پرداخته‌اند. نتایج پژوهش حاضر با استفاده از مدل AHP اثرگذارترین متغیر بر روان سازی و مدیریت و برنامه ریزی ترافیک در شهر تالش بر اساس روش AHP توسعه استفاده از حمل و نقل در مدیریت عرضه ترافیک می‌باشد. شیرمحمدی و حدادی (۱۳۹۸)، در پژوهشی به بررسی مشکلات ترافیک شهری و ارائه راهکارهای مبتنی بر طراحی خط ویژه اتوبوس در ارومیه پرداخته‌اند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش مطالعه ای و ارزیابی، آمارگیری‌های ویژگی‌های سفر و بررسی وضع موجود جهت شناسایی مشکلات سیستم حمل و نقلی و ترافیکی این شهر آغاز شد و سپس ارائه راهکارهای رفع و یا کاهش مشکلات صورت گرفته است. سپس موضوع این تحقیق به بررسی تبعات خط ویژه در مسیر خیابان کاشانی-امینی و لزوم اجرای این طرح می‌باشد. طراحی این خط ویژه اتوبوس‌های تندرو سبب کاهش ۲۷ درصدی طول مسیر حرکت اتوبوس‌ها نسبت به مسیر قبلی می‌گردد. کاهش ۲۷ درصدی در مسافت سفر اتوبوس‌ها سبب کاهش آلودگی، کاهش هزینه تعمیر و نگهداری اتوبوس‌ها و از همه مهمتر کاهش زمان سفر اتوبوس‌ها نیز می‌گردد که آن نیز، سبب افزایش استفاده از اتوبوس و سیستم حمل و نقل عمومی از سوی مردم در این خط می‌شود و رضایتمندی شهروندان را از طراحی این خط در این شهر برخوردار می‌کند. نظریان و گودرزی (۱۳۹۲)، در پژوهش به بررسی ساختار فیزیکی - کالبدی شهرها و نقش آن در ترافیک شهری در بروجرد، پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه‌های ارتباطی و سیستم حمل و نقل شهری رابطه‌ای متقابل با کالبد فیزیکی و الگوی فضای شهری دارد همچنین ساختار کالبدی شهر و شبکه‌ی معابر Land use و نابسامانی سیستم‌های حمل و نقل عمومی از عوامل اصلی به وجود آمدن ترافیک شهر بروجرد به خصوص در بخش مرکزی شده است. غلامی و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهشی به بررسی اثرات پراکنش کاربری‌های ورزشی - تفریحی در ترافیک درون‌شهری زنجان، پرداخته‌اند. نتایج نشانگر آن است که عدم استقرار مناسب کاربری‌های ورزشی و تفریحی در سطح شهر، روزانه ۱۰۰۶.۴ سفر اضافی در سطح محله، ۱۰۱۷.۳ سفر اضافی در رده ناحیه و ۷۴۷.۸ سفر اضافی در رده منطقه بر سیستم حمل و نقل شهری زنجان تحمیل می‌گردد. لازم به ذکر است که این مقاله با دیدگاه سیستمی و با استفاده از روش تحلیلی و میدانی انجام گرفته است. عظیمی و فاروقی (۱۳۸۷)، در مقاله‌ای با عنوان الگوهای فضایی حوادث ترافیک درون شهری در رشت، در بخشی از پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که مسیر کمربندی و خیابان‌های اصلی منشعب از مرکز شهر در مقایسه با خیابان‌های کوتاه تر واقع در محدوده بین مرکز پیرامون شهر مقادیر حوادث رانندگی بیشتری دارند. در عین حال فرم و موقعیت تقاطع با میزان حوادث ترافیکی آنها در رابطه هستند و تقاطع‌های به شکل فلکه نسبت به تقاطع‌های چهار و سه راه در قسمت‌های دیگر شهر حوادث ترافیکی بیشتری دارند. این در حالی است که تمرکز فعالیت‌های تجاری خدماتی و اداری مهم در محدوده مرکزی شهر با مقادیر بالای حوادث ترافیکی در خیابان‌های مهم و از مرکز مرتبط است. لویلا و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی به بررسی عوامل موثر بر حمایت از حمل و نقل انعطاف‌پذیر در مناطق شهری و روستایی استرالیا، پرداخته‌اند. از سال ۱۹۹۰، تغییرات تدریجی در اجرای طرح‌های خدمات حمل و نقل انعطاف‌پذیر در استرالیا مشاهده شده است. تعداد فزاینده‌ای از شواهد نشان می‌دهد که حمل و نقل انعطاف‌پذیر برای گروه‌های خاص، مانند افراد دارای معلولیت و آسیب‌دیدگان اجتماعی، وجود داشته است. نتایج نشان می‌دهد که ویژگی‌های کاربران از حمل و نقل انعطاف‌پذیر در مناطق شهری و روستایی متفاوت است. و اینکه این روش نشان دهنده یک ابزار موثر دارای مزایای اقتصادی و اجتماعی برای کاربران در استفاده از حمل و نقل انعطاف‌پذیر وجود

دارد. شارما و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی به بررسی حمل و نقل شهری تحت سناریوهای سیاست کاهش انتشار کربن مختلف منطقه شهری بمبئی، پرداخته‌اند. این مقاله چندین سناریو کاهش انتشار کربن را برای افق ۲۰۵۰ پیشنهاد می‌کند، از جمله بهبود زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی، افزایش هزینه‌های عملیاتی خودرو، گنجاندن وسایل نقلیه الکتریکی و.... صیادی و آواستی (۲۰۱۸) در مقاله‌ای خط‌مشی‌های حمل و نقل پایدار شهری را بررسی و مدل‌سازی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد سیاست‌های به اشتراک‌گذاری سفر در مقایسه با سایر سیاست‌ها برای دستیابی به پایداری در یک سیستم حمل و نقل بهتر عمل می‌کند. سلیمان و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان «پایداری حمل و نقل درزمینه شهری: یک بررسی جامع»، ضمن اشاره به تأثیرات حمل و نقل بر ناپایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی شهرها، راهبردهای دستیابی به حمل و نقل پایدار شهری را در چهارچوب دو پارادایم بررسی می‌کنند: ۱. تکنولوژی حمل و نقل پایدار که الگوهای رایج و شیوه‌های سفر را با مصرف کمتر منابع و تولید پسماند کمتر بهبود می‌بخشد؛ ۲. رفتار سفر پایدار و محیط ساخته‌شده که هدف آن، انتخاب شیوه‌های پایدارتر سفر و بدین معناست که تغییرات در محیط ساخته‌شده، مانع انتخاب شیوه‌های پایدار سفر می‌شود. اندرس (۲۰۰۹)، با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات مکانی به انتخاب سایت مسیر امکانات حمل و نقل شهری پرداخت. او نشان داد که چگونه GIS با رویکرد ارزش‌محور MCDM می‌تواند از تصمیم‌گیرندگان در طراحی، ارزیابی و اجرای فرایندهای تصمیم‌گیری فضایی پشتیبانی کند و با استفاده از یک مدل سلسله‌مراتبی چند معیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی، بهترین مسیر و سایت حمل و نقل مترو - راه آهن را پیشنهاد داد. جیولیانو (۲۰۰۸) در مقاله‌ای بیان می‌کند شهرهای مدرن موفق باید از دسترسی‌پذیری و کیفیت مطلوب زندگی برخوردار باشند. وی سیاست‌های ابتکاری حمل و نقل شهری لندن را با عنوان «سیاست چماق، هویج و تأمین زیرساخت‌ها» و سیاست‌های شهر گوتنبرگ را در سه گروه حمل و نقل پاک، معرفی مدیریت جابه‌جایی در شرکت‌ها و توسعه دوباره منطقه اولستردن تبیین می‌کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و به لحاظ روش، توصیفی-تحلیلی است که با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای - اسنادی و میدانی به انجام رسیده است. داده‌های پژوهش شامل داده‌های اولیه (فرم پرسشنامه) از گروه نخبگان و متخصصان گردآوری گردید. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از الگوریتم ژنتیک و روش سلسله‌مراتبی انتزاعی مسیریابی استفاده شد.

سلسله‌مراتبی انتزاعی مسیریابی توسط بوتیا و همکاران و توسط جانسن ارتقاء یافته است. یک روش مسیریابی است که شامل دو استراتژی اکتشافی (آگوریتم A و استراتژی انتزاعی) برای بهبود عملکرد محاسباتی مسیریابی مبتنی بر شطرنجی است. ایده اساسی این روش ایجاد یک انتزاع مبتنی بر تقسیم یک رستر به مجموعه‌ای از بلوک‌ها با اندازه مساوی است. لی و همکاران پیشنهاد می‌کنند به بلوک‌های با اندازه نامنظم بر اساس درخت تصمیم‌گیری تقسیم شود. شکل زیر روش کلی مسیریابی تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد. اجرای آزمایشی روش HPA با استفاده از زبان برنامه‌نویسی C# و اجزای Arc Objects نرم‌افزار ArcGIS برای این مطالعه انجام می‌شود.



شکل (۱): طرح روش HPA*: (الف) تقسیم هزینه به بلوک ها، (ب) شناسایی ورودی ها در امتداد مرزهای بلوک، (ج) تعیین یک انتقال (بین لبه) برای نشان دادن هر ورودی، (د) اتصال گره های انتقال در هر بلوک (داخل یال ها)، (ه) اتصال s (شروع) و d (مقصد) به طور موقت به نمودار، و (ف) یافتن مسیری بین s و d.

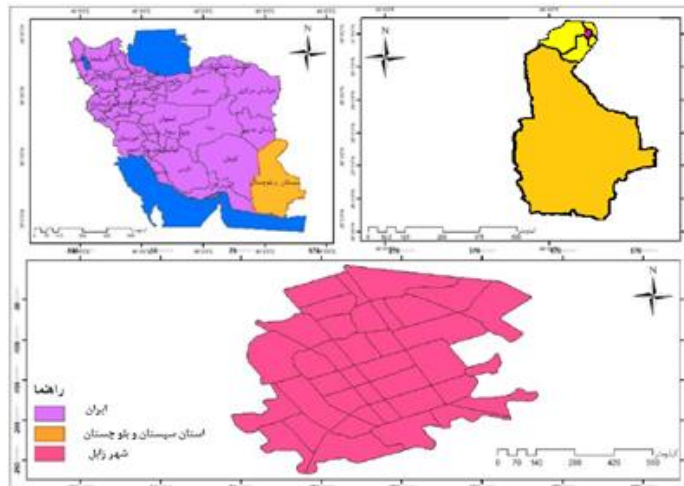
در مدل سازی الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می کند. مسئله ای که باید حل شود دارای ورودی هایی می باشد که طی یک فرایند الگوبرداری شده از تکامل ژنتیکی به راه حل ها تبدیل می شود سپس راه حل ها به عنوان کاندیداها توسط تابع برازش یا تابع برازندگی مورد ارزیابی قرار می گیرند و چنانچه شرط خروج مسئله فراهم شده باشد الگوریتم خاتمه می یابد (خسروحسینی و جاذب، ۱۴۰۰). در این تحقیق برای مسیریابی بهترین مسیرهای درون شهری زابل براساس حجم ترافیک و سایر عوامل اقدام شده است. در جدول زیر عوامل مورد استفاده در این تحقیق بیان شده است.

جدول (۱): عوامل و شاخص های مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	عوامل
۱	حجم ترافیک در سری زمانی یک سال شهر زابل
۲	تراکم ساختمانی
۳	عرض جاده های درون شهری
۴	طول جاده های درون شهری
۵	کیفیت جاده های درون شهری
۶	تعداد چراغ قرمزهای درون شهری
۷	تعداد تقاطع های درون شهری
۸	میزان سرعت ماشین ها

محدوده مورد مطالعه

شهر زابل در شمال استان سیستان و بلوچستان در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی واقع گردیده است. این شهر در جلگه‌ای وسیع و هموار واقع شده که اطراف آن را نیز اراضی مسطحی فرا گرفته است. شهر زابل مرکز شهرستان بوده و به عنوان مرکز درجه یک خدماتی شهرستان نیز شناخته می‌شود. به لحاظ موقعیت طبیعی نیز اراضی دشتی زابل مابین ارتفاعات منفرد و پراکنده تفتان در جنوب، کوه خواجه در غرب و رشته کوه‌های هندوکش افغانستان در شرق استقرار یافته است (طرح جامع شهر زابل، ۱۴۰۰).



شکل (۲): موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان، (ماخذ: ترسیم توسط نگارندگان، ۱۴۰۲).

یافته‌ها

بررسی عوامل اولیه شهر زابل

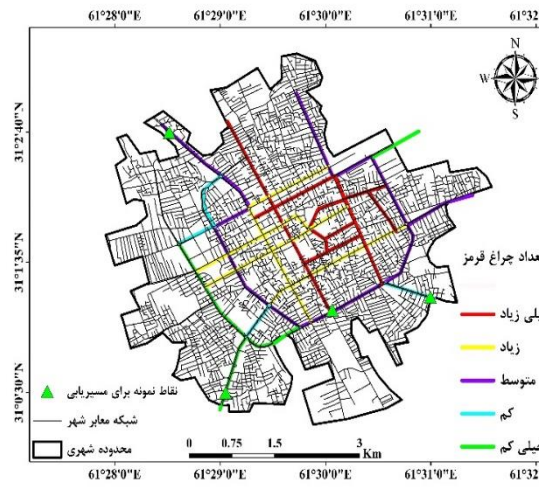
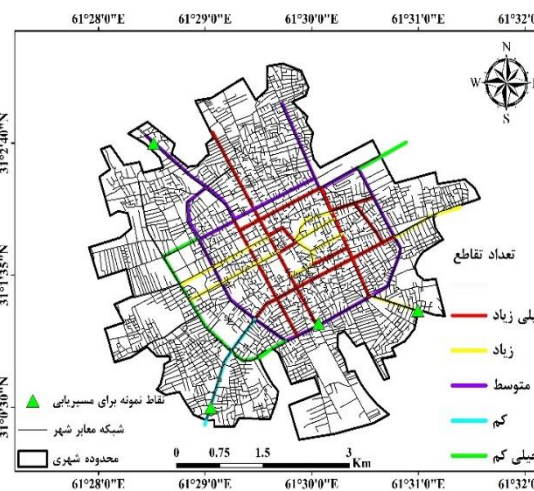
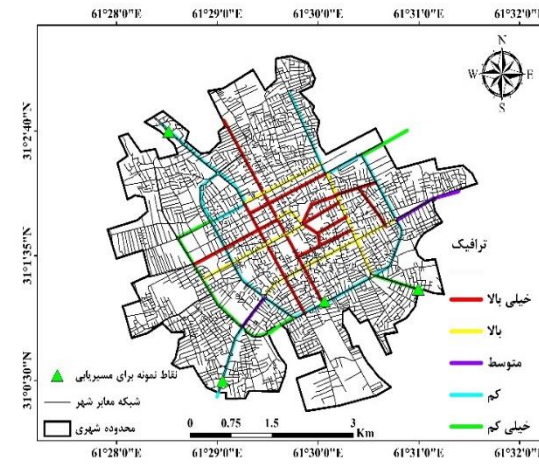
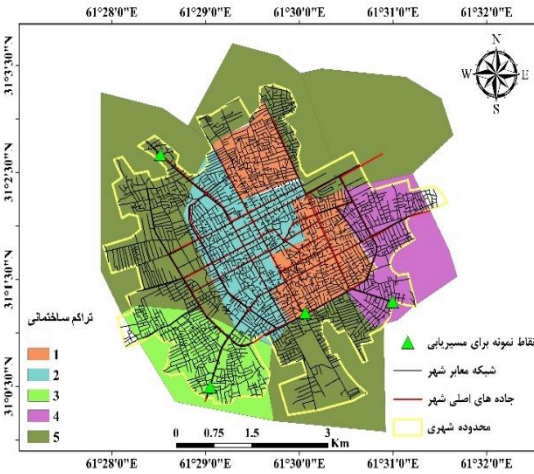
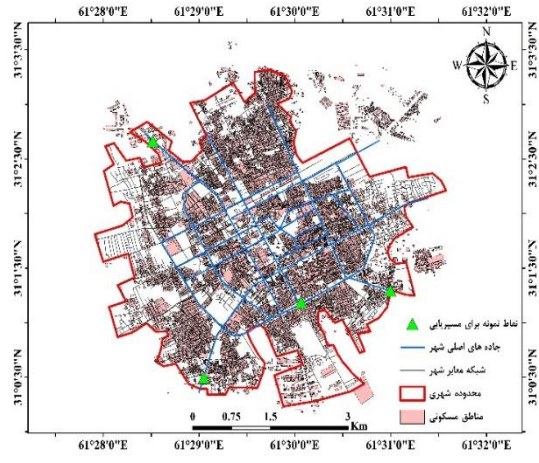
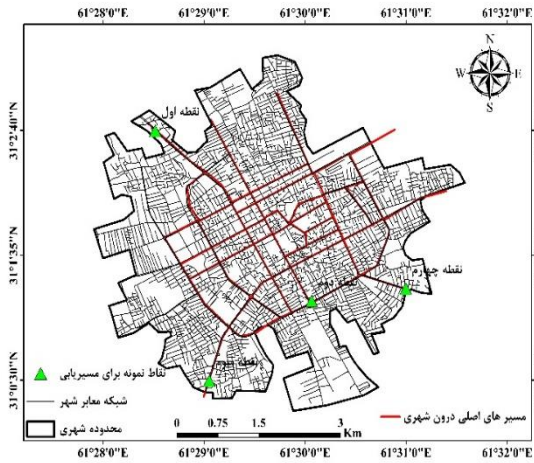
در این قسمت به بررسی لایه‌های مختلف شهر زابل که برای مسیریابی به کار رفته است بحث می‌شود. در شکل (۳)، جاده اصلی و تعداد چهار نقطه که برای مسیریابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تحلیل سلسله‌مراتبی به کار می‌رود. در لایه تراکم مسکونی همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین تراکم در مرکز شهر زابل وجود دارد. دلیل تراکم زیاد این قسمت وجود ساختمان‌های زیاد در این منطقه است. کمترین میزان تراکم نیز در اطراف شهر زابل وجود دارد. در شکل بعد همانطور که مشاهده می‌شود بحث ترافیک و مساله اصلی برای مسیریابی است. در شکل ترافیک همانطور دیده می‌شود ترافیک خیلی زیاد در معابر اصلی مرکز شهر وجود دارد، همچنین کمترین میزان ترافیک در خیابان‌های منتهی به بیرون شهر می‌باشد.

لایه مورد بررسی بعدی لایه تعداد تقاطع و تعداد چراغ قرمزهای سطح شهر زابل می‌باشد. در لایه تعداد تقاطع‌ها بیشترین تقاطع‌ها در مرکز شهر به دلیل بوک بندی‌های زیاد و تعداد ساختمان‌های این منطقه می‌باشد. کمترین تقاطع و چراغ قرمز هم در اتوبان و خیابان‌های منتهی به خارج شهر می‌باشد. همانند تعداد تقاطع بیشترین چراغ قرمز نیز در مناطق مرکزی با تراکم زیاد مناطق مسکونی وجود دارد. یکی دیگر از لایه‌های که می‌تواند تاثیر خوبی بر مسیریابی در سطح شهر بگذار سرعت اتومبیل‌ها در سطح جاده‌های درون شهری است. در این لایه همانطور که مشاهده

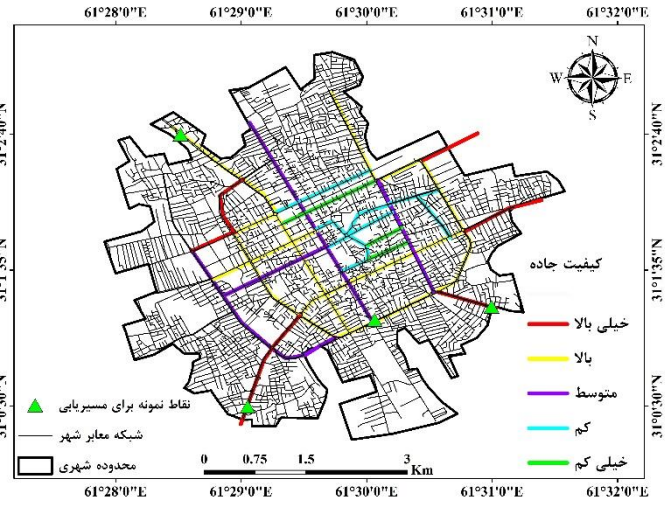
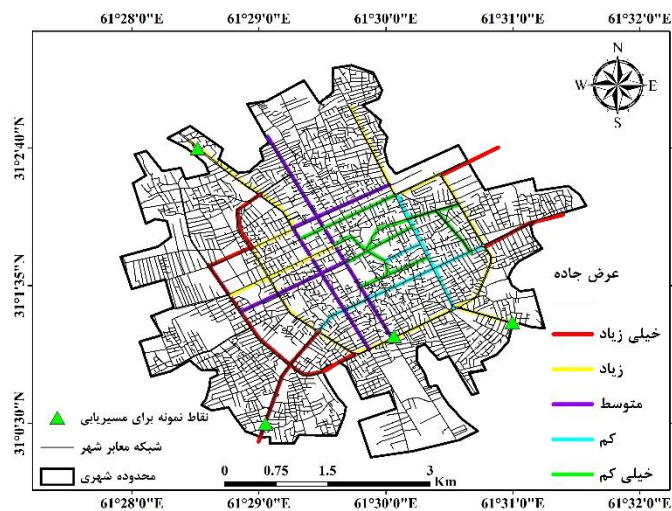
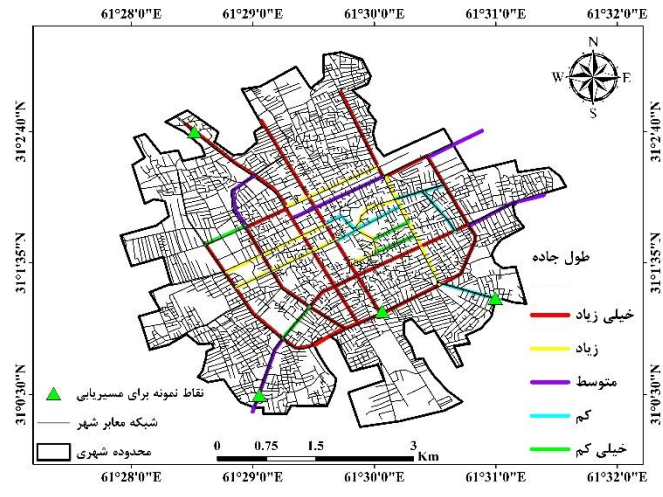
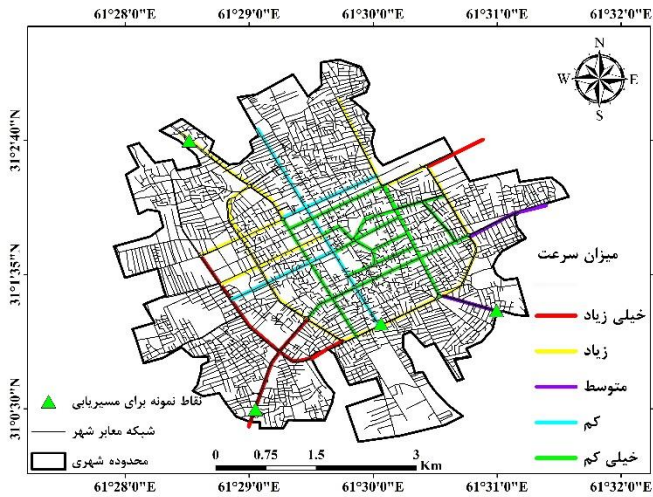
می‌شود بیشترین میزان سرعت در جاده‌های اطراف شهر زابل و کمترین میزان آن هم به دلیل تراکم، تقاطع و غیره در مرکز شهر زابل می‌باشد.

دو تا از عوامل دیگر که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته عرض و طول جاده‌های درون شهری زابل می‌باشد. طبق نتایج همانطور که در شکل (۴)، هم مشخص است در بحث طول جاده بیشترین طول در خیابان‌های اطراف شهر و کمترین طول جاده هم در جاده‌های مرکز شهر مشاهده می‌شود. در بحث عرض جاده در شهر زابل دقیقاً همانند طول جاده می‌باشد، به این دلیل که بیشترین عرض در جاده‌های خارج از تراکم و مرکز شهر زابل و کمترین عرض هم در مرکز شهر زابل می‌باشد.

یکی دیگر از عوامل اساسی که می‌تواند تاثیر بسزایی در مسیریابی بگذار کیفیت جاده‌های درون شهری می‌باشد. طبق این نتایج همانطور که مشاهده می‌شود کمترین میزان کیفیت جاده دقیقاً در مرکز شهر و بهترین کیفیت جاده‌ها در خیابان‌های منتهی به خارج شهر مشاهده می‌شود. در بررسی کل این لایه‌ها همانطور که مشاهده می‌شود مرکز شهر دارای مشکلات زیاد می‌باشد. به طور مثال مرکز شهر اگر در زمان بروز عواملی همانند آتش، سیل یا غیره می‌تواند به دلیل بسیاری از عوامل با مشکلات زیادی روبه‌رو شود.



شکل (۳): عوامل اولیه برای استفاده در مسیریابی شهر زابل با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تحلیل سلسله مراتبی



شکل (۴): عوامل اولیه برای استفاده در مسیریابی شهر زابل با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تحلیل سلسله‌مراتبی

مقایسه مسیریابی الگوریتم ژنتیک و تحلیل سلسله‌مراتبی

در این مرحله کارایی الگوریتم پیشنهادی بر روی شبکه‌ی موجود در محدوده‌ی مطالعاتی بررسی می‌شود. شبکه مذکور یک شبکه‌ی واقعی جهت‌دار با ۹۵۰ نود و ۲۰۰۰ یال می‌باشد. نقاط شروع و پایان مسیر به ترتیب نقاط ۱۵۰ و ۸۰۰ می‌باشد. هدف از مسیریابی در این شبکه، یافتن مسیری است که از لحاظ معیار فاصله کمترین وزن را داشته باشد. الگوریتم پیشنهادی بر روی شبکه مورد نظر چندین بار تکرار شد و نتایج حاصل از این تکرارها به همراه مقادیری که برای پارامترهای الگوریتم تنظیم شد در جدول (۲)، ارائه شده است. بهترین جواب به دست آمده از الگوریتم ژنتیک با تعداد جمعیت ۸۰ کروموزوم و تعداد ۳۰۰ ژن برای هر کروموزوم با درصد ترکیب ۸۲ درصد، جهش ۳۵ درصد، نرخ جهش ۵ درصد در الگوریتم ژنتیک بوده است. وزن مسیر نهایی حاصل از بهترین جواب الگوریتم پیشنهادی برابر با ۷۲۳۱ متر به دست آمد. از نظر زمان اجرا، الگوریتم ژنتیک بسیار سریع‌تر از تحلیل سلسله‌مراتبی برای مسئله‌ی مسیریابی را در این شبکه حل می‌کند.

جدول (۲): نتایج حاصل از اجرای الگوریتم

نوع الگوریتم	الگوریتم ژنتیک		تحلیل سلسله‌مراتبی	
	۲/۱۵۷		۱۴/۱۳۳	
مدت زمان اجرا الگوریتم ثانیه	۱۰۰		۱۰۰	
	۵۰		۸۰	
	۱۲۳	۱۲	۱۴۵	
	۱۲۰	۲۵۴	۱۱۰	
	۱۰	۱۲۵	۵۵	۱۴۴
	۱۷	۴۵۵	۳۳	۳۵۵
	۲۵	۱۷۵	۱۲۰	۲۲۵
	۵۵	۵۵۰	۴۵	۶۱۰
	۱۷۵	۴۸۵	۱۹۵	۴۵۵
	۹۰	۴۰۰	۹۲	۳۷۵
	۸۵	۳۸۷	۹۰	۴۲۰
	۹۹	۶۵۵	۱۱۰	۶۸۰
	۱۵۰	۴۲۰	۱۶۵	۴۵۰
	۴۷	۴۳۳	۴۰	۴۰۰
	۸۱	۵۰۰	۱۰۰	۶۱۰
	۱۴۵	۷۲۵	۱۶۵	۷۴۵
	۵۵		۷۵	
۸۸		۸۰		
۱۴۰		۱۵۲		
وزن مسیر	۷۲۳۱		۷۴۲۱	
تعداد جمعیت در الگوریتم	۸۰		۸۰	
درصد ترکیب	۸۲		۸۰	
درصد جهش	۳۵		۳۸	
نرخ جهش	۰/۰۵		۰/۰۶	

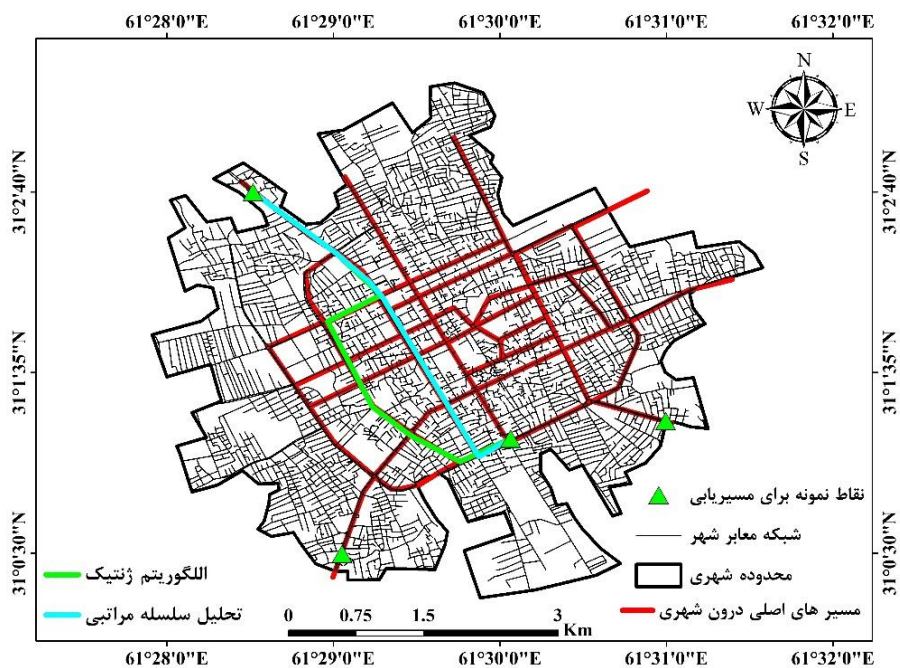
ماخذ: نتایج تحقیق، ۱۴۰۲

در این بخش با فرض چهار نقطه پراکنده در سطح شهر با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تحلیل سلسله‌مراتبی، نسبت به مسیریابی اقدام شده است. هر یک از دو روش با توجه به ساختار خود، مسیری را از مبدا به محل تعیین شده نمایش می‌دهند. همان طور که مشاهده می‌شود الگوریتم ژنتیک با مشخص کردن میزان نزدیکی جواب‌ها به جواب بهینه، با استفاده از فاکتور برازش، مسیر بهینه را محاسبه و ارزیابی می‌کند. هر چقدر این مقدار برای یک کروموزوم بیشتر باشد آن مسیر از هزینه کمتری برخوردار بوده و برای انتخاب، مناسب‌تر است. با توجه به اینکه این الگوریتم برای شهرهای بزرگ با گستردگی معابر وسیع، مناسب است، مسیر پیشنهادی نرم افزار، به لحاظ صرف هزینه انجام شده برای رسیدن به مقصد مناسب است زیرا نسبت به تحلیل سلسله‌مراتبی در بعضی جواب‌ها مسیر کوتاه‌تری را پیشنهاد کرده است. در جدول (۳)، طول مسیرهای پیشنهادی هر دور روش مشاهده می‌شود.

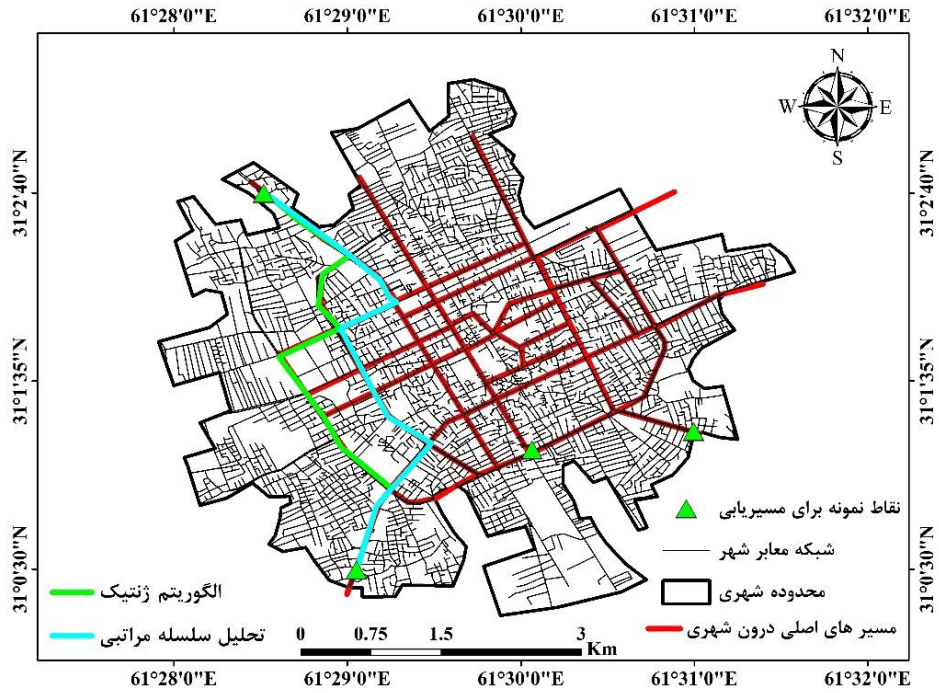
جدول (۳): نتایج طول مسیرهای بدست آمده با استفاده از الگوریتم‌ها

الگوریتم ژنتیک	تحلیل سلسله مراتبی	مسیرها
۴۸۸۵	۴۰۵۸	مسیر اول به دوم به متر
۵۲۴۱	۵۳۱۷	مسیر اول به سوم به متر
۵۶۵۵	۵۷۱۹	مسیر اول به چهارم به متر
۲۴۴۲	۲۹۳۰	مسیر سوم به دوم به متر
۴۰۶۰	۴۶۲۵	مسیر سوم به چهارم به متر
۱۶۲۱	۲۹۲۳	مسیر دوم به چهارم به متر

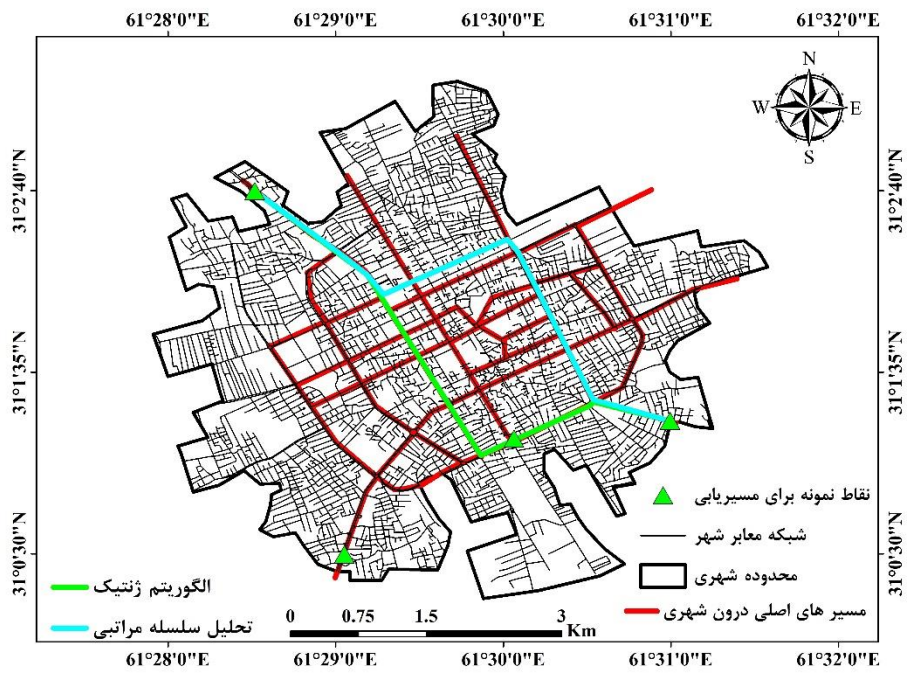
ماخذ: نتایج تحقیق، ۱۴۰۲



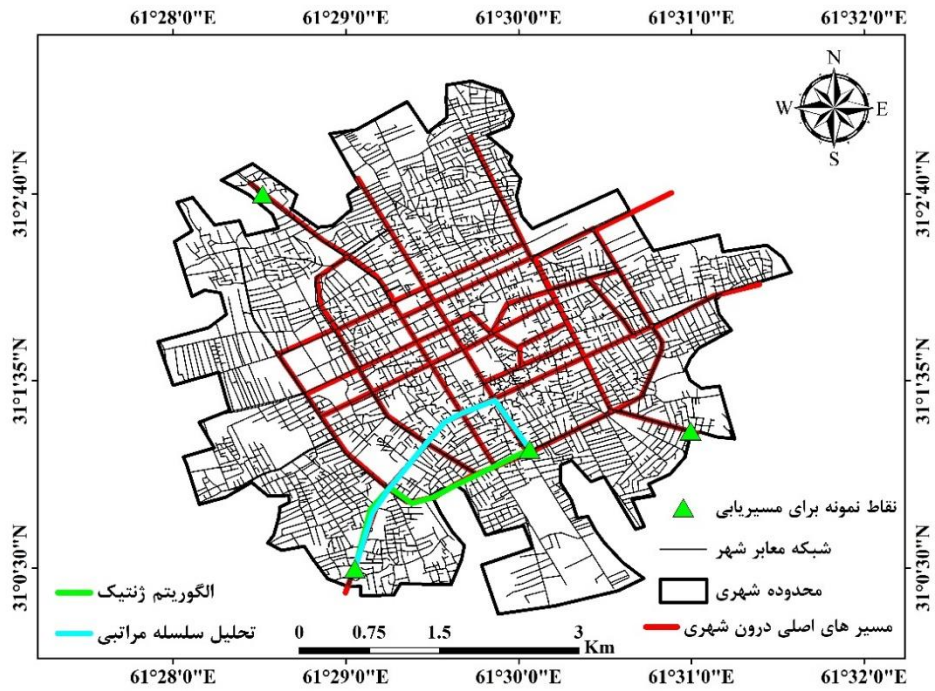
شکل (۵): مسیریابی نقطه اول به دوم



شکل (۶): مسیریابی نقطه اول به سوم



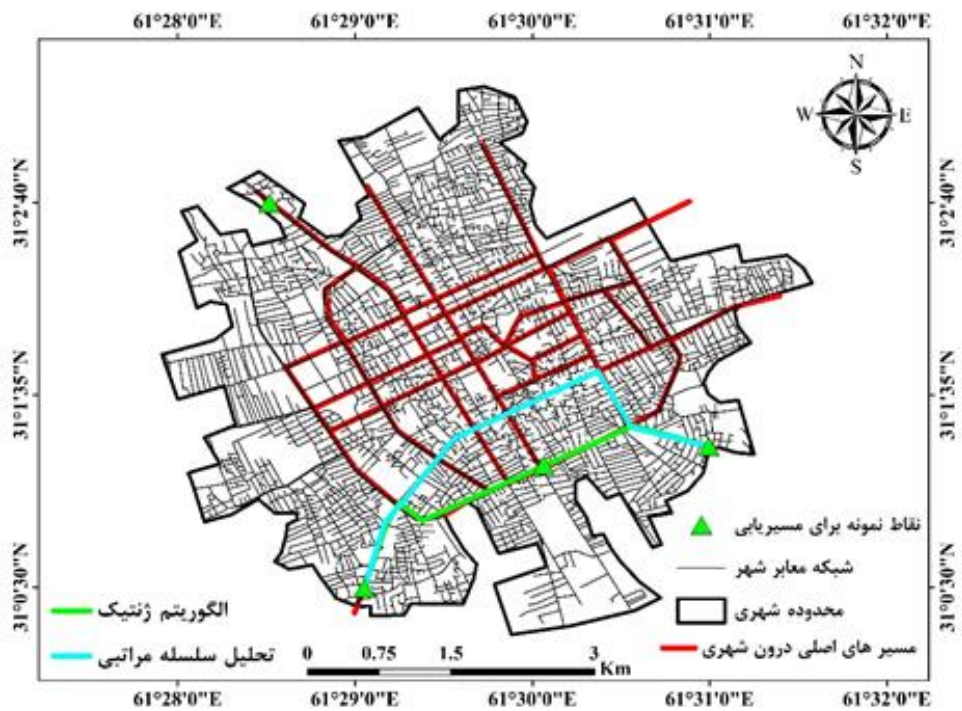
شکل (۷): مسیریابی نقطه اول به چهارم



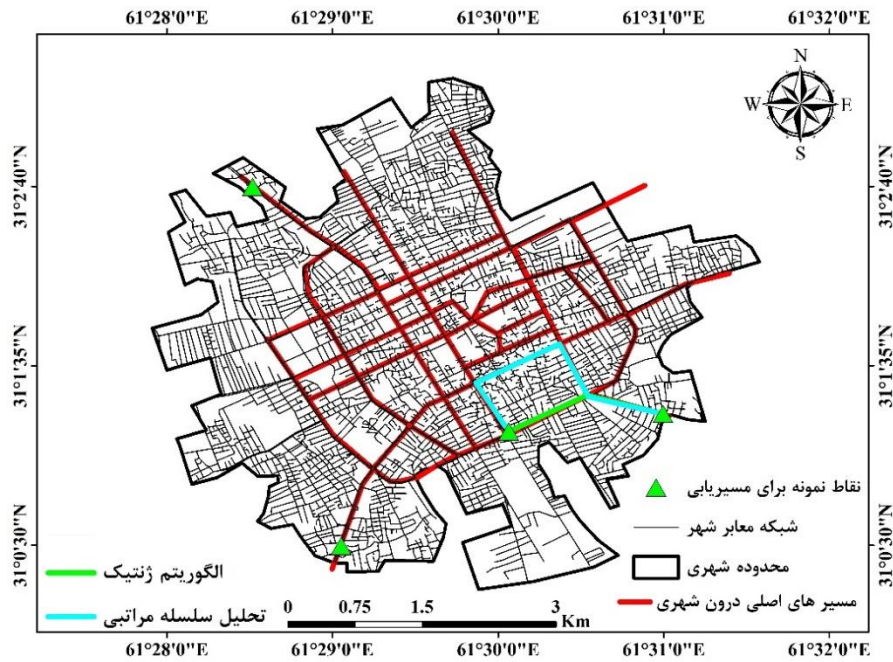
(A):

شکل

مسیریابی نقطه سوم به دوم



شکل (۹): مسیریابی نقطه سوم به چهارم



شکل (۱۰): مسیریابی نقطه دوم به چهارم

همان طور که در بالا گفته شد، برای حل مسائل بهینه‌سازی به تعریف تابع برازندگی نیاز داریم. در این تحقیق، تابع برازندگی با استفاده از پارامترهای QoS محاسبه می‌شود. جدول (۴)، مقدار تابع برازندگی برای جواب‌های به دست آمده از شبیه سازی به‌ازای هر کدام از الگوریتم‌ها را نشان می‌دهد. طبق این جدول مقدار تابع برازندگی برای بهترین مقدار به دست آمده توسط الگوریتم ژنتیک $-۰/۴۵۰$ و برای تحلیل سلسله مراتبی برابر با $-۰/۴۷۵$ است. از آنجایی که هدف این تحقیق کمینه کردن تابع برازندگی است، با توجه به مقدار تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک برای پیدا کردن مقدار بهینه عملکرد بهتری نسبت به تحلیل سلسله مراتبی از خود نشان داده است.

جدول (۴): نتایج تابع هزینه الگوریتم‌ها

الگوریتم	الگوریتم ژنتیک	تحلیل سلسله مراتبی
برازندگی	$-۰/۴۵۰$	$-۰/۴۷۵$

ماخذ: نتایج تحقیق، ۱۴۰۲

نتیجه گیری

امروزه یکی از مسائل بسیار مهم شهرهای بزرگ، حمل و نقل و ترافیک شهری است. همچنین، کمبود و نارسایی در سیستم حمل و نقل زمینی، به‌خصوص حمل و نقل شهری، به عنوان یکی از موانع رشد و توسعه هر کشوری به شمار می‌رود. یکی از مؤثرترین راه‌حل‌های این مشکل، توسعه و تقویت سیستم‌های حمل و نقل عمومی شهری است. با توجه به مشکلاتی که امروزه در اثر افزایش تعداد وسایل نقلیه در شهرهای بزرگ و متوسط ایران به وجود آمده است، سیاست تقویت استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی از تدابیر ارزنده به شمار می‌رود.

در این پژوهش در شهر زابل و با استفاده از دو الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم ژنتیک به مسیریابی پرداخته شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی می‌تواند یک مزیت محاسباتی قابل توجه برای مسیریابی در شطرنجی‌های با هزینه بالا ارائه دهد، همچنین دارای معایب خاصی است که باید در نظر گرفته شود. انتقاد اصلی روش، انحراف مسیرها از بهینه واقعی است که نتیجه اجتناب ناپذیر انتزاع است. حتی زمانی که این خطا خیلی زیاد نباشد، به خطای ذاتی موجود در مسیرهای مبتنی بر شطرنجی اضافه می‌کند. خطا را می‌توان با اجازه دادن به انتقال بیشتر در هر ورودی کاهش داد و در نتیجه نمایش دقیقتری از گزینه‌های حرکت به دست آورد. باز هم، این به قیمت افزایش هزینه محاسباتی در مرحله مسیریابی است، که ممکن است در برنامه‌هایی که نیاز به پاسخ فوری دارند، بازدارنده باشد. در کل نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم ژنتیک نسبت به روش تحلیل سلسله مراتبی تا حد زیادی می‌تواند کاربردی تر و بهتر عمل کند. در نتایج همانطور که مشاهده شد در بیشتر مسیرها طول مسیر پیشنهاد روش ژنتیک کوتاه تر و بهتر از روش تحلیل سلسله مراتبی بوده است. به طور کلی، روش تحلیل سلسله مراتبی برای کاربردهای GIS مناسب است که در آن مسیریابی خارج از شبکه باید با منابع محاسباتی کوچک و در مدت زمان محدود انجام شود، یا زمانی که مسیرها باید به طور مکرر در یک منطقه خاص محاسبه شوند.

در همین خصوص پیشنهاد ذیل ارائه می‌گردد:

با توجه به نتایج این پژوهش بیشتر مسیرها از مناطق خارج از مرکز شهر عبور کرده است و دلیل آن هزینه و سایر عوامل می‌باشد در این زمینه باید برنامه ریزی ممکن انجام شود تا در صورت حادثه کمترین لطمه وارد گردد. با توجه به نتایج این تحقیق احداث پایگاه‌های اسکان موقت و تجهیز این مراکز به خدمات درمانی اورژانسی و لزوم توجه به دسترسی‌های مناسب به این مراکز. بهبود وضعیت جاده‌های درون شهری. استفاده از چندین الگوریتم و وارد کردن شاخص‌های متعدد در سری زمانی طولانی تر برای بالا بردن دقت کار.

منابع

۱. بهبهانی، حمید، صحاف، علی، (۱۳۸۹)، بررسی اثرات ایجاد محدوده طرح ترافیک در مرکز شهرها مطالعه موردی: شهر مشهد، دومین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران.
۲. خسروحسینی، افسانه، جاذب، محمد، (۱۴۰۰)، بررسی الگوریتم ژنتیک در علوم کامپیوتر، سیزدهمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بابل.
۳. درستکار ناوانی، بهزاد، اصغری، حسین، پورشیخیان، علیرضا، حسنی مهر، سیده صدیقه، امیرانتخابی، شهرام، (۱۳۹۹)، بررسی وضعیت مدیریت و برنامه‌ریزی ترافیک تالش و ارائه راهکارهای جهت روان‌سازی ترافیک. فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۰(۴۰)، ۸۳-۱۰۶.
۴. درویشی، یوسف، وثوقی، سعیده، (۱۳۹۴)، بررسی و ارزیابی تراکم ترافیک حمل و نقل درون شهری اردبیل، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و زیرساخت‌های شهری، تبریز

۵. رضایی، علی، اصغرزاده، محمد، (۱۳۸۷)، ارزیابی گزینه‌های پیشنهادی برای حمل و نقل همگانی شهر مشهد، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.
۶. زیاری، کرامت‌اله، کریمی قطب آبادی، فضل‌اله، قاسمی، فروغ، (۱۳۹۲)، الگوی فضایی حوادث ترافیک درون شهری در شهر شیراز. برنامه ریزی فضایی، ۳(۴)، ۱۱۷-۱۳۲.
۷. شیرمحمدی، حمید، حدادی، فرهاد، (۱۳۹۸)، بررسی مشکلات ترافیک شهری و ارائه راهکارهای مبتنی بر طراحی خط ویژه اتوبوس (مطالعه موردی: خیابان‌های کاشانی - امینی شهرستان ارومیه). نشریه جاده، ۲۷(۹۸)، ۱۰۵-۱۲۰.
۸. طرح جامع شهر زابل، (۱۴۰۰)، شهرداری شهر زابل.
۹. عظیمی، نورالدین، فاروقی، محمدرضا، (۱۳۸۷)، الگوی فضایی حوادث ترافیک درون شهری در رشت، مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دانشگاه تهران، ۶۵، ۵۱-۳۳.
۱۰. غضنفرپور، حسین، قاسمی، مسلم، رحیمی، محمد، (۱۳۹۷)، برنامه‌ریزی راهبردی سفرهای درون شهری ایمن و روان با تأکید بر اهداف سفر مطالعه موردی: محدوده مرکزی شهر کرمان. برنامه ریزی فضایی، ۸(۳)، ۱۰۷-۱۳۰.
۱۱. غلامی، محمد، رستگار، موسی، مقدم، معصومه، (۱۳۹۰). اثرات پراکنش کاربری‌های ورزشی - تفریحی در ترافیک درون شهری (نمونه موردی: شهر زنجان). فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۲(۳)، ۹۲-۸۳.
۱۲. غلامی، یونس، شاطریان، محسن، بسحاق، محمدرضا، جهانی، معصومه، (۱۳۹۸)، امکان‌سنجی اجرای طرح پیاده‌مداری با تأکید بر شاخص حمل و نقل شهری؛ نمونه موردی: خیابان امام خمینی شهر دزفول. برنامه ریزی فضایی، ۹(۲)، ۲۲-۱.
۱۳. نظریان، اصغر، گودرزی، داود، (۱۳۹۲)، ساختار فیزیکی - کالبدی شهرها و نقش آن در ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر بروجرد). آمایش محیط، ۶(۲۳)، ۵۰-۲۷.
14. Andras, F. (2009), Route/Site Selection of Urban Transportation Facilities: An Integrated GIS/MCDM Approach, Enterprise and Benchmarking, International Conference on Management, Budapest, Hungary: BH Team: 169-184.
15. Giuliano, M., (2008). Cities and innovative urban transport policies, Innovation: Management, Policy & Practice, Vol 10 (2-3): 269-281.
16. Grazi, F., Jeroen C.J.M. (2008). Spatial organization, Transport, and climate change: Comparing in Souche, S. (2010). Measuring the structural determinants of urban travel demand, Journal of Transport Policy. 17(3): 127-134.
17. Loyola, M., Nelson, J.D., Clifton, G., Ho, C.Q. (2023), Factors influencing the patronage of flexible transport in urban and rural areas. A case study in NSW, Australia, Research in Transportation Economics, Volume 99, June 2023, Article number 101295.
18. Rodrigue J.-P. Comtois C. Slack B. (2009). The Geography of Transport Systems Imprint. Routledge.
19. Sayyadi, R., Awasthi, A., (2018). An integrated approach based on system dynamics and ANP for evaluating sustainable transportation policies, International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, 4(5): 295-309.

20. Selima, S., Deborah, S., Michael, K., (2017). Transportation sustainability in the urban context: a comprehensive review, *Urban Geography*, 5(38): 1-31.
21. Sharma, I., Padmanabhi, R., Dikshit, A.K., Chandel, M.K. (2023), Urban transport emissions under current and alternative mitigation policy scenarios for the Mumbai Metropolitan region, *Case Studies on Transport Policy*, Volume 12, June 2023, Article number 101001.
22. Soltani A. and Esmaeili Ivaki Y, (2011), the influence of urban physical form on trip generation, evidence from metropolitan Shiraz, Iran. *Indian Journal of Science and Technology*, 4(9): 1168-1174.