J. RS. GEOINF. RES. 1(1): 53-62, Winter & Spring 2023

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Assessing the Use of Public Transportation System in Qazvin City Using a Simulator Model

M. Kazemi, F. Hosseinali*

Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: 28 January 2023
Reviewed: 17 March 2023
Revised: 07 May 2023
Accepted: 15 June 2023

KEYWORDS:
Geo-spatial Information System
Public Transport Network
Qazvin
Simulation

* Corresponding author
f.hosseinali@sru.ac.ir
(+9821) 22970021

ABSTRACT

Background and Objectives: Geospatial Information Systems has developed their applications in varioua area of science. The reason for this development is that Geospatial Information Systems are based on spatial data while nowadays spatila data is a major porion of information. One of the areas of wide use of Geospatila Information Systenms is Transportation and Traffic. It is obvious that Transportation and Traffic is dependent on Geospatial Information. In this paper the public multi-modal transportation in the city is studied. In cities, people may use private vehicles (such as automobile or motorbike) or public vehicles (such as bus, subway, etc). The city managers always aim to engage people to use public transportation system because extensive use of private vehicles can lead to various problems such as air pollution, noise, increasing fule consumption etc. Public transport only runs on a certain route and so many travels within the city needs use of more than one public vehicle. Thus, a traveler in a city may be obliged to use several and probably dissimailar public vehicles. He/she may also traverse a short path on his/her feet. In this situation we are facing a multi-modal transportation problem on a spation framework which can be solve by multiple methods considering various criteria. Such a problem has a good research background. However, in Iran, specially in Qavin city (the case of this study) such a system does not exist.

Methods: In this study the agen-based modeling is applied to simulate the travels of people in the city by public transportation system. The environment is the map of street network of Qazvin city which the routes of public transportation system have layed on it. The public transportation system in Qazvin city includes taxies and buses plus telephon taxi agencies. In this mode, the agents play the role of the travellers who travel from a specific point to another specific point in the city and have various options of using transportation system. The agent is able to use all of the options of travel and calculate the duration and the cost of each one to determine the mos desirable option.

Findings: The results revealed that public transportation system of Qazvin city have various desirability in its various routes. Thus, it is etter to estimate the desirailty of each route separately. However, generally speaking, we can argue that in the short travels, taxi is a good option, in mean travels the bus is affordable and for long travels using telephone taxies may be convinving. Nowadays, internet taxies are widely used. Internet taxies may be considered similar to telephone taxies. The difference between internet taxies and telephone taxis is that internet taxies are usually more abundant and also chepaer than telephone taxies.

Conclusion: Deployment of agent-based model as a simulator model creates a lot of power to analyze the problems of transportation system and traffic. This study proved this claim. The results of this study provide a general view of the cost and speed of public transportation system of Qazvin city while any traveller may have his/her specific idea. For instance, some people may choose the bus for their travel because of their own economical or security reasons. Nevertheless, the model developed in this study is able to evaluate the desirability of each travel based on not only cost and time but based on the other citeria if the data is available. Therefore, the power of the model is revealed when it is implemented on a public online or mobile application.

NUMBER OF REFERENCES
30

NUMBER OF FIGURES
6

NUMBER OF TABLES
1

مقاله پژوهشی

ارزیابی استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی شهر قزوین با استفاده از مدل شبیه‌ساز

مبشر کاظمی، فرهاد حسینعلی*

گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: سامانه‌های اطلاعات مکانی، کاربردهای خود را در شاخه‌های مختلف علمی و اجرایی گسترش داده‌اند. دلیل مبرهن این گسترش، استوار بودن این سامانه‌ها بر اطلاعات مکانی است، چراکه این اطلاعات بخش گسترده‌ای از اطلاعات تولید شده و مبادله شده در دنیای امروز را به خود اختصاص می‌دهد. یکی از حوزه‌هایی که سامانه‌های اطلاعات مکانی کاربرد وسیعی در آن یافته است، حوزه حمل‌و نقل و ترافیک می‌باشد و پر واضح است که این حوزه، وابسته به اطلاعات مکانی است. در این تحقیق، حمل‌و نقل چند منظوره شهری با استفاده از وسایل حمل‌و نقل عمومی، مد نظر می‌باشد. مسافرت درون‌شهری، می‌تواند با استفاده از وسایل حمل‌و نقل عمومی، نظیر اتوبوس، مترو، تاکسی و نظایر آن، یا با استفاده از وسایل شخصی مانند اتومبیل و موتور سیکلت، انجام گردید. مدیران شهری، همواره می‌کوشند که مردم را به استفاده از حمل‌و نقل عمومی ترغیب و تشویق نمایند، چون استفاده از وسایل شخصی پیامدهای ناخوشایند زیادی نظیر افزایش مصرف سوخت، سنگینی ترافیک و به تبع آن آلودگی هوا، آلودگی صوتی، اتلاف وقت و غیره را، به همراه دارد. وسایل حمل‌و نقل عمومی در خطوط مشخصی حرکت می‌کنند و به همین دلیل بسیاری از سفرهای شهری با استفاده از تنها یک وسیله حمل‌و نقل عمومی، به سرانجام نمی‌رسد. از این رو، مسافر برای طی طریق از مبدأ به مقصد، مجبور می‌شود که از چند خط حمل‌و نقل عمومی که ممکن است شامل وسایل غیر یکسانی باشند، استفاده نماید و حتی مسیری را نیز، به صورت پیاده بپیماید. در این‌جا، با یک مسأله حمل‌و نقل چند حالته روبرو هستیم که در یک بستر مکانی با استفاده از ابزارهای مختلف و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف، قابل بررسی است. این مسأله، سابقه پژوهش‌های زیادی در دنیا دارد ولی در ایران و مشخصاً در شهر قزوین که مورد مطالعه این پژوهش است، چنین سیستمی تاکنون به ثمر ننشسته است.

روش‌ها: در این پژوهش، از مدل عامل- مبنا برای شبیه‌سازی استفاده مسافران از وسایل حمل‌و نقل عمومی در داخل شهر، استفاده می‌شود. محیط کار، نقشه شبکه خیابان‌های شهر قزوین است که مسیرهای حمل‌و نقل عمومی روی آن، پیاده شده است. وسایل حمل‌و نقل عمومی در شهر قزوین، اتوبوس و تاکسی است که استفاده از آژانس نیز به آن، افزوده شده است. در این مدل، عامل‌ها در نقش مسافرانی هستند که از یک مبدأ مشخص، قصد عزیمت به مقصدی مشخص را دارند و با گزینه‌های مختلفی برای سفر خود، مواجه می‌باشند. عامل، می‌تواند همه این گزینه‌ها را در محیط نقشه، تجربه نماید و زمان و هزینه استفاده از هر یک از آن‌ها را بهدست آورد تا در نهایت، مشخص شود که کدام گزینه می‌تواند برای مسافر، مطلوب‌تر باشد.

یافته‌ها: نتایج، نشان داد که وسایل حمل‌و نقل عمومی شهر قزوین در مسیرهای مختلف می‌توانند مطلوبیت‌های متفاوتی داشته باشند و بهتر است هر مسیر، به صورت جداگانه سنجیده شود. با این حال، به صورت کلی می‌توان گفت در مسیرهای کوتاه، تاکسی گزینه مطلوبی است، در مسیرهای متوسط، اتوبوس می‌تواند از نظر هزینه، مقرون به صرفه باشد و در مسیرهای طولانی، استفاده از آژانس، توجیه‌پذیر خواهد بود. امروزه، استفاده از تاکسی‌های اینترنتی، گسترش بسیاری یافته است. این تاکسی‌ها را نیز، می‌توان به صورت آژانس در نظر گرفت. تنها تفاوت آن‌ها در این است که معمولاً هزینه کمتری نسبت به آژانس‌های تلفنی دارند و از فراوانی بسیار بیشتری نیز، برخوردار هستند.

نتیجه‌گیری: بهکارگیری مدل عامل‌مبنا به عنوان یک مدل شبیه‌ساز، قدرت زیادی در تحلیل مسائل حمل‌و نقل و ترافیک ایجاد می‌کند و این تحقیق، گواه این امر است. نتایج این تحقیق، یک دید کلی از میزان مطلوبیت گزینه‌های مختلف حمل‌و نقل عمومی در شهر قزوین ایجاد می‌کند، حال آن‌که هر مسافری، ممکن است دیدگاه اختصاصی خود را داشته

تاریخ دریافت: ۰۸ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ داوری: ۲۶ اسفند ۱۴۰۱
تاریخ اصلاح: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۵ خرداد ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
سامانه اطلاعات مکانی
شبکه حمل و نقل عمومی
شبیه‌سازی
قزوین

* نویسنده مسئول
f.hosseinali@sru.ac.ir
۰۲۱-۲۲۹۷۰۰۲۱

باشد. برای مثال، ممکن است افرادی به دلیل اقتصادی یا امنیت، تنها از اتوبوس برای سفر درون‌شهری، استفاده نمایند. در هر صورت، مدل توسعه داده شده در این پژوهش، می‌تواند مطلوبیت هر سفر را از جنبه‌های مختلف حتی فراتر از زمان و هزینه، به شرط فراهم بودن اطلاعات آن، ارزیابی و در اختیار مسافر قرار دهد. از این رو، قدرت و قابلیت واقعی این مدل، زمانی به منصه ظهور خواهد رسید که در یک سامانه برخط با قابلیت استفاده در تلفن‌های همراه، در اختیار عموم قرار گیرد.

مقدّمه

یکی از دغدغه‌های مهم این روزهای مدیران شهری در بسیاری از مناطق جهان به ویژه کشورهای نفت‌خیز که در آن‌ها قیمت سوخت به نسبت، ارزان است؛ جذاب نمودن سیستم حمل‌ونقل عمومی می‌باشد. از این رو، مدیران شهر به دنبال راهکارهایی برای افزایش جذابیت حمل‌ونقل عمومی نسبت به استفاده از خودروی شخصی هستند، زیرا با افزایش جذابیت سیستم حمل و نقل عمومی، بسیاری از مشکلات در سطح شهر، کاهش می‌یابد. کاهش مشکلات می‌تواند به جلوگیری از ترافیک بیهوده در سطح شهر، کاهش شاخص آلودگی هوا، کاهش باران‌های اسیدی، کاهش تصادفات درون‌شهری، امنیت برای دوچرخه سواران و عابران پیاده و از همه مهم‌تر، کاهش هزینه‌های حاصل از عبور و مرور بسیار همچون هزینه تعمیر و نگهداری آسفالت، هزینه تولید سوخت و غیره بیانجامد. هدف اصلی در این پژوهش، ساخت یک سکوی نرم‌افزاری کارآمد برای مسافرت درون‌شهری با وسایل حمل و نقل عمومی چندمنظوره می‌باشد، به صورتی که مسافران بتوانند با در اختیار داشتن سه عامل هزینه، زمان و مطلوبیت (که سومی می‌تواند بر اساس دو عامل اول تعریف شود)، برای تمامی وسایل حمل و نقل عمومی چندمنظوره، به راحتی و در کمترین زمان، وسیله حمل و نقل عمومی خود را، انتخاب نمایند.

با توجه به هزینه ساخت ، ساز و تدارکات ایستگاه‌های مترو، معمولاً ایستگاه‌ها در نقاط حساس شهری از نظر فعالیت سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و یا تمرکز جمعیتی، احداث می‌شوند. گاهی، این ایستگاه‌ها باعث عدم رعایت عدالت فضایی در دسترسی به حمل و نقل عمومی می‌شود [۱, ۲]. برای برقراری این عدالت، می‌توان ایستگاه‌های اتوبوس را به این شبکه، متصل کرد. از این رو، شناخت تمامی مسیرهای موجود، چه تک منظوره و چه چند منظوره (پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، مترو، اتوبوس‌ها و تاکسی) برای تمامی کاربران، حیاتی می‌باشد.

شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی، برای بهره‌گیری مطلوب شهروندان از امکانات شهری، بسیار حیاتی هستند [۳-۷]. افراد، همواره هنگام سفر از مبدأ به مقصد با چالش انتخاب بهترین مسیر رو به رو می‌شوند. بهترین مسیر، همیشه شامل نزدیک‌ترین و یا کم‌زمان‌ترین مسیر نیست، بلکه گاهی عوامل دیگری مانند کم‌ترین هزینه، کم‌ترین جابه‌جایی و سردرگمی، مطلوبیت و راحتی سفر را نیز، شامل می‌شود. از جهت دیگر، ما باید تمرکز لازم را بر شبکه حمل و نقل عمومی چند منظوره و پیچیدگی‌های ذاتی و چالش‌های آن، داشته باشیم. ما به دنبال ارائه چند مسیر آزموده شده توسط عامل‌ها، هستیم [۸]. در شهرهای بزرگ، عقلانی‌ترین راه حل برای عدم تطابق بین عرضه و تقاضای حمل و نقل عمومی، ایجاد یک سلسله مراتب برای مسیرها، بهینه‌سازی ایستگاه‌ها با تغییر توزیع تراکم، ادغام مناسب حمل‌و نقل موتوری و غیر موتوری و ارائه یک چارچوب مناسب است [۹]. انسان‌ها در جوامع پیشرفته و در شهرها، با مشکل انتخاب مسیر مواجه هستند و این امر، زمانی تشدید می‌شود که شما به کلان‌شهری با پیچیدگی‌های زیاد، سفر کنید و یا حتی در آن، زندگی کنید و در آن صورت، مشکلات زیادی در طراحی مسیر مبدأ به مقصد خواهید داشت. این امر، وقتی شما می‌خواهید با وسایل حمل و نقل عمومی سفر کنید، بیشتر به چشم می‌خورد [۱۰]. آشنایی با خطوط حمل‌و نقل عمومی و هماهنگی بین آن‌ها در شهرها، معمولاً کار بسیار دشواری خواهد بود، چراکه شما به راحتی نمی‌توانید تصمیم بگیرید که چه میزان از سفر را با چه وسیله حمل‌و نقل عمومی طی کنید. مثلاً نمی‌دانید چه زمانی سوار مترو شوید، چه وقت پیاده شوید و از تاکسی استفاده کنید، آیا ایستگاه اتوبوسی وجود دارد؟ آیا تاکسی موجود است؟ و مسائلی نظیر این. انتقال و یا تبادل برای مسافرهای شهری در شبکه حمل‌و نقل عمومی چند منظوره، اجتناب ناپذیر است [۱۱]. در بسیاری از مواقع، به تجربیات افراد حاضر در محیط، اکتفا می‌کنید که اصولاً راحت‌ترین کار است ولی این، لزوماً بهترین راه نمی‌تواند باشد. شما برای رفتن از مبدأ به مقصد، گاهی لازم است مقداری پیاده‌روی داشته باشید، مقداری از سفر را از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده کنید و حتی وسیله حمل و نقل عمومی را چندین بار، عوض نمایید. این‌که چگونه این هماهنگی را ایجاد کنید، بسیار دشوار و گاهی مشکل‌ساز می‌نماید و این، همان چیزی است که تحقیق حاضر، به دنبال بررسی آن است.

بسیاری از محققان، به دنبال راهی مناسب برای بهینه سازی بهترین وسیله حمل و نقل عمومی در هر منطقه و وضعیت هستند و این مهم، مستلزم یافتن میزان مطلوبیت وسایل حمل و نقل عمومی، میباشد. مطلوبیت یک پارامتر، کیفی است و نمی‌توان آن را به‌درستی اندازه‌گیری نمود و فقط، با نمایش دادن درست پارامترهای مختلف می‌توان به کاربر، قدرت انتخاب بیشتری داد. لذا، در پژوهش پیش‌رو، به دنبال این خواهیم بود که با توسعه یک مدل عامل- مبنا، امکان پیشنهاد سفر چند منظوره را، فراهم نماییم و سپس، نتیجه عملکرد این مدل را، با پنداشت عمومی مقایسه کنیم. در راستای نیل به این منظور، از نقشه شهر استفاده می‌شود و در این‌جا، نقش سامانه‌های اطلاعات مکانی، خود را نشان می‌دهد. در واقع، اطلاعاتی که از آن استفاده می‌شود، بر بستر سامانه‌های اطلاعات مکانی، آماده می‌گردد و نتایج بصری حاصل نیز، بر همین بستر به بهترین شکل، قابل نمایش خواهد بود.

چن و همکاران(Chene et all) در نانجینگ چین مدل چند منظوره و چند مقیاسی را برای *GIS-T* طراحی کردند. آنان، پس از ادغام حالت‌های مختلف حمل و نقل شهری و با رویکرد شیءگرا، مدل را پیاده‌سازی کردند. مدل *GIS-T*، چندین امکان مدیریتی و ادغام، شامل ادغام شبکه حمل و نقل عمومی، خصوصی و چندین نمایندگی داده‌ها را، فراهم می‌سازد. همچنین، یک رابط انعطاف‌پذیر برای برنامه‌ریزی چندمسیری ارائه می‌دهد. این مدل، باعث شده که ارزیابی خدمات، کیفیت بالای خدمات جغرافیایی، تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان شهری و ظرفیت زیرساخت‌ها، بهبود یابد [۱۱].

ژانگ و همکاران(Zhang et all) در رتردام هلند، کل شبکه حمل و نقل را به دو دسته عمومی و خصوصی، طبقه‌بندی کردند. سپس، شبکه حمل و نقل چند منظوره را، برای شبکه عمومی شبیه‌سازی نمودند و نشان دادند که الگوریتم پایه مسیریابی در حالت ساده، جوابگو ولی در حالت چندساختی، بسیار کند و ناکارآمد، عمل می‌کند [۱۲].

دلمل و همکاران (Delmelle et all) در کالی کلمبیا، با بررسی‌هایشان پی بردند که ۸۷٪ مردم، حدود ۲۰ دقیقه، پیاده‌روی روزانه دارند و مردمف به ۸۰٪ ایستگاه‌های *BRT* با ۱۵ دقیقه پیاده‌روی، دسترسی پیدا می‌کنند. بررسی‌های آنان، نشان داد که اقشار متوسط، دسترسی بهتری نسبت به اقشار کم‌درآمد و پردرآمد دارند و بیشتر تمرکز ایستگاه‌ها، در مرکز شهر قرار دارد. همچنین، تأثیر کاربری‌هایی همچون بیمارستان‌ها، کتابخانه‌ها و مراکز تفریحی بر ایستگاه‌های *BRT* و حجم بار آن‌ها، بررسی شد و آنان، با طراحی یک سیستم برای *BRT*ها دریافتند که بیشترین دسترسی برای مراکز تفریحی و بیمارستان‌ها، در نظر گرفته شده است، ولی در این سیستم، زمان‌بندی فردی توانمندی افراد معلول و مسن، مورد بررسی قرار نگرفت [۱۳].

مونیزاگا و همکاران (Munizaga et all) در سانتیاگو شیلی، با استفاده از کارت‌های هوشمند دارای *GPS* که برای استفاده از خدمات حمل و نقل عمومی، در اختیار مردم قرار گرفته است، توانستند مسیر حرکت مبدأ به مقصد و میزان استفاده از خدمات حمل و نقل عمومی را بیابند. آن‌ها، با تشخیص حرکت صورت‌گرفته با کمک *GPS* داخل کارت‌ها و مسیر حرکت کاربرها، توانستند زمان و هزینه سفر را تخمین بزنند. برای این کار، آنان ابتدا صحت مسیرهای کاربر را بررسی نمودند و سپس جابه‌جایی در ایستگاه‌های مترو و اتوبوس را یافتند و توانستند زمان و هزینه سفر را، محاسبه کنند. اما گستره منطقه، محدود بوده و معمولاً نمی‌تواند به طور کامل توزیع غیرمستقیم سفرها را، نمایش دهد [۱۴].

ین و همکاران (Yen et all) در کوئینزلند استرالیا مدل‌های *logit* توزیع شده را با استفاده از خصوصیات جمعیت‌شناختی اجتماعی برای اندازه‌گیری رفتار انتقال، به کار گرفتند. آن‌ها، تبادل بین وسایل حمل و نقل عمومی را برای چهار قشر: کارمندها، دانشجویان، افراد ثروتمند و سالمندان، مورد بررسی قرار دادند. ۹۰٪ نتایج حاصل شده نشان می‌دهد، تبادل تحت‌تأثیر ویژگی‌های سفر و سطح خدمات حمل و نقل عمومی، قرار می‌گیرد و یافتن اثرات شبکه حمل و نقل عمومی، بیشتر برای کارمندان، با اهمیت‌تر است. همچنین، کارمندان اغلب در جستجوی مسیر بدون تبادل هستند و از این رو، اکثر آن‌ها از مسیر مستقیم و ترجیحاً اتوبوسی، استفاده می‌کنند [۱۵].

طهماسبی و حق‌شناس در تهران، دسترسی وسایل حمل و نقل عمومی به فعالیت‌های مختلف شهری اعم از اشتغال، تحصیل، مراقبت‌های بهداشتی، فروشگاه‌ها و نقاط تفریحی و گردشگری را، مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها، به کمک تحلیل مؤلفه‌های اصلی به یک شاخص منحصر به‌فرد، دست یافتند. ارزیابی با استفاده از این شاخص، نشان داد زمان سفر در شبکه حمل و نقل عمومی، منجر به ارزیابی خوش‌بینانه از عدالت فضایی می‌شود. به‌عبارت دیگر، زمانی که هیچ تمایزی بین میزان پیاده‌روی، زمان انتظار در ایستگاه و زمان سفر با وسیله نقلیه وجود ندارد؛ زمان سفر، سطح دسترسی به مناطق مختلف شهری را نشان می‌دهد و بر همین اساس، نتیجه گرفتند که مرکز شهر از دسترسی بهتری به وسایل نقلیه عمومی به نسبت حاشیه شهر، برخوردار است [۱۶].

مرور پیشینه تحقیق، نشان می‌دهد که موضوع حمل‌و نقل چندمنظوره با وجود اهمیت زیاد آن، مورد بررسی کافی قرار نگرفته است و گواه آن، عدم وجود سیستمی در شهرهای ایران است. این تحقیق، می‌کوشد گامی در راستای پر نمودن خلأ موجود بردارد و سیستمی که پیشنهاد می‌شود در صورت مقبولیت نزد مسئولان امر، می‌تواند به بهره‌برداری عملیاتی نیز برسد.

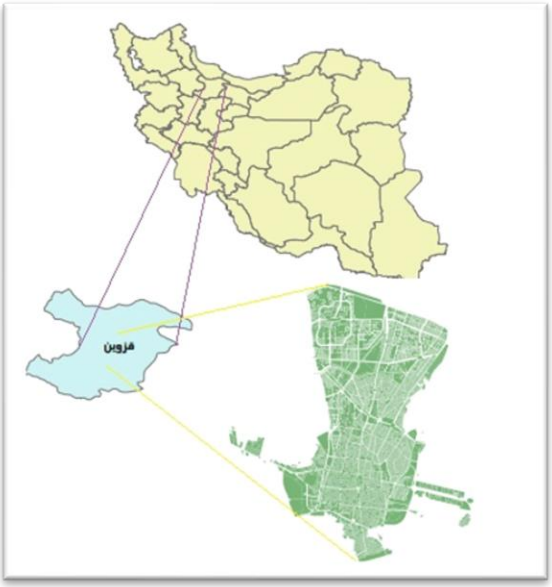
مواد و روش‌ها

در این تحقیق، شبیه‌سازی استفاده از وسایل حمل‌و نقل عمومی با استفاده از مدل عامل- مبنا، انجام می‌شود. مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار *NetLogo* که یک نرم‌افزار خاص مدل‌سازی عامل- مبنا است، صورت می‌پذیرد. در واقع، افراد در نقش عامل‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که قصد سفر از یک مبدأ مشخص به یک مقصد معلوم را دارند. بر این اساس، گزینه‌های موجود سفر با استفاده از مدل عامل- مبنا، شبیه‌سازی و مطلوبیت هریک از منظر هزینه و زمان، ارزیابی و مشخص می‌گردد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش، شهر قزوین است. شهر قزوین (شکل ۱)، بزرگ‌ترین شهر استان قزوین و مرکز آن، می‌باشد. استان قزوین با مساحت ۱۵۵۶۷ کیلومتر مربع (معادل ۹۶صدم درصد از کل مساحت کشور)، شاهراه ارتباطی ۱۳ استان کشور و ارتباط‌دهنده پایتخت با مناطق شمالی و غربی و در ادامه کشورهای قفقاز و اروپا است. جمعیت استان قزوین بر اساس سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵، یک میلیون و ۲۷۳ هزار و ۷۶۱ نفر می‌باشد که بیش از یک چهارم این افراد در شهر قزوین، ساکن هستند و تعداد زیادی نیز در شهرک‌های اقماری نزدیک به قزوین، سکونت دارند. حمل و نقل شهری در شهر قزوین اساساً بر سه وسیله اتوبوس، تاکسی و آژانس (تاکسی تلفنی یا اینترنتی) متکی است.

در این پژوهش، هر سه وسیله برای شبیه‌سازی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



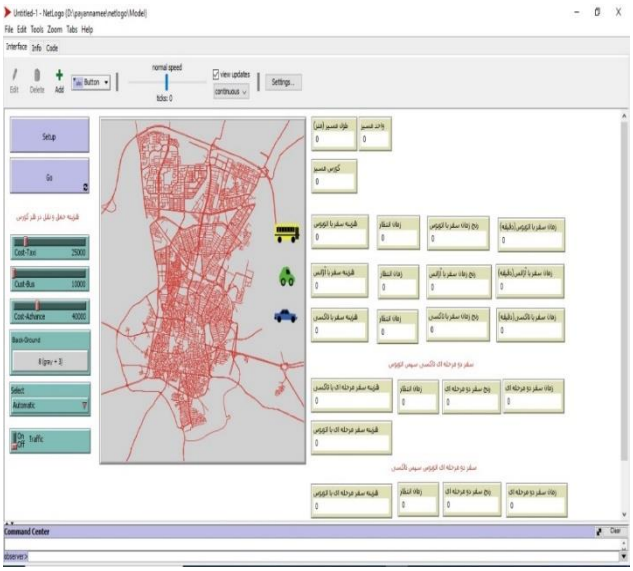
شکل ۱ : منطقه مورد مطالعه
Fig. 1: The study area

مدل عامل- مبنا

با وجود نداشتن تعریفی متفق‌القول برای مدل‌سازی عامل- مبنا، به طور کلی می‌توان گفت مدل عامل- مبنا یا عامل- بنیان، مدلی است که از عوامل در تعامل با هم ولی در عین مستقل، تشکیل شده است [۱, ۳]. به دلیل آن‌که در شبکه حمل‌ونقل، امکان بهره‌گیری از وسایل گوناگون برای سیر از مبدأ به مقصد وجود دارد، شبیه‌سازی با استفاده از مدل عامل- مبنا، راهکاری مناسب به شمار می‌رود.

عامل‌هایی که دارای قدرت تصمیم بر اساس اهداف تعیین‌شده خود باشند، عامل هوشمند نامیده می‌شوند [۱۷, ۱۸]. در مسأله این تحقیق، به دلیل قدرت تصمیم‌گیری در مورد نوع وسیله مورد استفاده، عامل‌های مورد استفاده، از نوع هوشمند خواهند بود. در واقع، مدل‌های عامل- مبنا به عنوان یک ابزار پیشرفته برای شبیه‌سازی دنیای واقعی و آزمون فرآیندهای مختلف، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۹-۲۲]. سوابق ارزنده‌ای از کاربرد مدل‌سازی عامل- مبنا در مسائل حمل و نقل و ترافیک وجود دارد [۲۳-۲۵] که به برخی از آن‌ها در بخش سوابق تحقیق، اشاره شد.

در این پژوهش، ساخت مدل عامل- مبنا با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار عامل- مبنای *NetLogo* صورت گرفته است. *NetLogo* یک نرم‌افزار رایگان و متن باز مخصوص مدل‌سازی مبتنی بر عامل است که در سال ۱۹۹۹ میلادی توسط یوری ویلنسکی طراحی و اجرا شده است و مفهوم ذاتی آن، تعریف سیستم‌ها از دیدگاه جزء به کل می‌باشد [۲۶-۲۹]. این نرم‌افزار با استفاده از زبان برنامه‌نویسی مختص به خود، توانایی ایجاد مدل‌های عامل- مبنا در زمینه‌های گوناگون را دارد. با وارد کردن هزینه سفر با تاکسی، آژانس، اتوبوس و یا ترکیب آن‌ها به مدل، هزینه سفر از مبدأ به مقصد از روش‌های مختلف ممکن، محاسبه و پس از ترکیب با سایر معیارها نظیر جذابیت سفر (بر اساس چشم انداز خیابان‌ها در صورت وجود)، در نهایت مطلوبیت هر یک از مسیرها اعلام می‌شود. شکل ۲، رابط کاربری توسعه داده شده توسط نرم‌افزار *NetLogo* را نشان می‌دهد.



شکل ۲ : نمایی از رابط کاربری نرم افزاری توسعه داده شده
Fig. 2: A view of developed software interface

نتایج و بحث

نتایج مدل عامل- مبنا

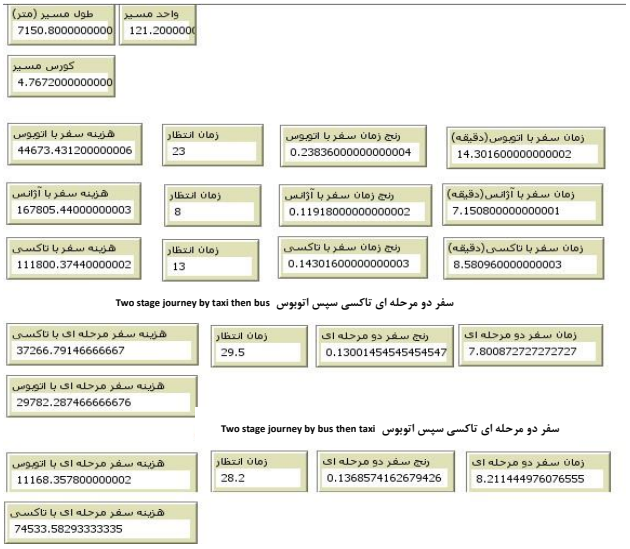
در این تحقیق، هزینه عبور با استفاده از هریک از گزینه‌های حمل و نقل، اساس مدل‌سازی را تشکیل می‌دهد. هزینه‌ها، به‌صورت متغیر در نظر گرفته شد تا امکان استفاده از آن در هر زمان، فراهم باشد. به عبارت دیگر، با تغییر نرخ‌ها در سال‌های مختلف می‌توان به راحتی آن‌ها را در مدل اعمال و نتایج جدید را، استحصال نمود. در این‌جا، جای آن دارد که به این نکته اشاره شود که مقاله مزبور، حاصل ادامه یک کار تحقیقاتی است که بخشی از آن توسط محققان همین مقاله، قبلاً به چاپ رسیده است [۳۰]. در این مقاله، با رفع برخی محدودیت‌ها و نیز اضافه نمودن یک شیوه ترکیبی حمل‌ونقل دیگر، مدل شبیه‌سازی، ارتقا یافته است.

طبق دستورالعمل واحد بین اتوبوسرانی و تاکسیرانی، هزینه‌های سفر بر اساس کورس مسافتی، تعیین می‌شوند و هر ۱۵۰۰ متر، یک کورس مسافرتی می‌باشد. هزینه سفر در سال ۱۴۰۰ برای اتوبوس، کورسی ۲۵۰ تومان، برای تاکسی ۸۰۰ تومان و برای آژانس اینترنتی و آژانس محلی، ۲۰۰۰ تومان می‌باشد. این مقادیر، به صورت متغیر در نرم‌افزار تعبیه شدند تا بتوان آن‌ها را برای سالیان سال، استفاده کرد. گفتنی است، به دلیل جمع‌آوری داده‌ها در سال ۱۴۰۰، نرخ‌ها مربوط به همان سال می‌باشند ولی با توجه به این‌که تغییر نرخ‌ها به یک نسبت انجام می‌شود این نتایج تا سال‌ها، معتبر خواهند بود. همچنین، به دلیل نداشتن ترافیک چندان به غیر از تعداد معدودی از روزها، لایه ترافیکی،

خاموش در نظر گرفته شد. در مجموع، پنج شیوه ترکیبی حمل‌ونقل که توسط عامل‌ها مورد آزمون قرار می‌گیرند، عبارت خواهند بود از:

- شیوه اول، تنها اتوبوس: اتوبوس‌ها با سرعت متوسط ۱۰۰۰ متر در دقیقه و با هزینه هر کورس ۳۰۰ تومان و با در نظرگرفتن توقف، در هر ایستگاه اتوبوس و توقف در چهارراه‌ها، در نظر گرفته شده‌اند.
- شیوه دوم، تنها تاکسی: تاکسی‌ها با سرعت متوسط ۲۰۰۰ متر در دقیقه و با هزینه هر کورس ۸۰۰ تومان و با در نظرگرفتن توقف برای ۴ مسافر و توقف در چهارراه‌ها، در نظر گرفته شده‌اند.
- شیوه سوم، آژانس: آژانس‌ها با سرعت متوسط ۳۰۰۰ متر در دقیقه و با هزینه هر کورس ۲۰۰۰ تومان و هزینه ثابت ابتدایی ۴۰۰۰ تومان و با در نظرگرفتن زمان رسیدن به مبدأ، توقف برای مسافر و توقف در چهارراه‌ها، در نظر گرفته شده‌اند.
- شیوه چهارم، ابتدا تاکسی و سپس اتوبوس برای مسافت‌های طولانی: این مسیرها، با سرعت متوسط ۱۵۰۰ متر دقیقه (با درنظرگرفتن میزان پیاده‌روی برای جابه‌جایی بین دو اتوبوس) و با هزینه هر کورس، ۳۰۰ تومان برای اتوبوس و هر کورس ۸۰۰ تومان برای تاکسی، با درنظرگرفتن توقف در هر ایستگاه، توقف در چهارراه‌ها و زمان متوسط بین جابه‌جایی بین تاکسی و اتوبوس، در نظر گرفته شده‌اند.
- شیوه پنجم، ابتدا اتوبوس و سپس تاکسی برای مسافت‌های طولانی: این مسیرها، با سرعت متوسط ۱۴۰۰ متر در دقیقه (با در نظرگرفتن میزان پیاده‌روی برای جابه‌جایی بین تاکسی و اتوبوس) و با هزینه هر کورس ۳۰۰ تومان برای اتوبوس و هر کورس ۸۰۰ تومان برای تاکسی، با در نظرگرفتن توقف در هر ایستگاه، توقف در چهارراه‌ها و زمان متوسط بین جابه‌جایی بین اتوبوس و تاکسی، در نظر گرفته شده‌اند. شکل ۳، تنظیم متغیرها را در نرم‌افزار *NetLogo* نشان می‌دهد.

گفتنی است، که در شیوه‌های حمل و نقل به غیر از آژانس، فاصله بین مبدأ و مقصد تا اولین ایستگاه اتوبوس یا مسیر تاکسی، به صورت پیاده طی می‌شود. روش کار، به این صورت است که پنج عامل، مسیر مبدأ تا مقصد را با استفاده از شیوه‌های حمل‌و نقلی یاد شده، می‌پیمایند و هزینه، زمان و هر عامل دیگر مد نظر (نظیر زیبایی مسیر) را، در طول مسیر ثبت می‌کنند و در انتها، شیوه‌های حمل و نقلی به کار گرفته شده توسط عامل‌ها، با یکدیگر مقایسه می‌گردد. این کار، با تولید ۱۰۰ جفت نمونه اتفاقی مبدأ و مقصد در سطح شهر و با طول مسیر مختلف، در شش طبقه‌بندی کورسی شروع شد و نتایج کار، جمع‌آوری و تحلیل شدند. این تعداد نمونه، برای شهری در ابعاد قزوین، مناسب است. هر کورس، در سه بازه ۵۰۰ متری بررسی می‌شود و نتایج، پس از چند بار اجرا، به صورت خلاصه و به صورت میانگین‌گیری شده، نمایش داده می‌شود. باید خاطرنشان ساخت که بیشترین مسافت‌های قابل انتخاب در شهر قزوین، حدود ۹۰۰۰ متر و کمترین آن ۱۰۰ متر، می‌باشد. شکل ۴، یک نمونه از یک مسیر طولانی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در سه دسته دو کورسه، قابل تحلیل است (جدول ۱).



شکل ۳: نمونه‌ای از تنظیم متغیرها در رابط کاربری
Fig. 3: A sample of variable setting in the interface

در دو کورس اول، با در نظرگرفتن هزینه و زمان، محبوبیت تاکسی بسیار بالا است، به‌طوری که اتوبوس، برای سفرهای یک کورس، تقریباً بی‌فایده و برای دو کورس نیز، غیر مقرون به صرفه است. به هر حال، در دو کورس دوم، نتایج تا حدودی دست خوش تغییر می‌شود. در کورس سوم و چهارم، با افزایش نسبی فاصله هزینه بین وسایل حمل و نقل عمومی و از طرفی کاهش یافتن فاصله زمان‌ها با یکدیگر، در اثر گذر از موانعی مانند چهارراه‌ها، محبوبیت‌ها جابه‌جا شده و در کورس سوم، به سمت اتوبوس میل می‌کند. در کورس چهارم، محبوبیت آژانس و تاکسی تقریباً به یک اندازه می‌شود.

در دو کورس سوم، با درنظر گرفتن زمان و هزینه (دو فاکتور اساسی برای سفر)، به این نتیجه می‌رسیم که به دلیل خسته‌کننده بودن اتوبوس، تاکسی با زمان و هزینه‌ای که دارد، بسیار جذاب است و در عین حال، آژانس با وجود هزینه بالا ولی به دلیل زمان مطلوب می‌تواند گزینه خوبی برای سفر باشد. شاید به همین دلیل است که سازمان اتوبوس‌رانی، خطوط خود را با مسافت خیلی طولانی، طراحی نمی‌کند. شیوه‌های چهارم و پنجم در نظر گرفته شده که تنها شیوه‌های ترکیبی ممکن می‌باشند، محبوبیتی بینابین خواهد داشت، ضمن این‌که تنها در مسیرهای طولانی، امکان‌پذیر می‌باشند. در این بین، گزینه ابتدا تاکسی و سپس اتوبوس، شیوه مطلوب‌تری می‌باشد چراکه با استفاده از تاکسی، می‌توان در بهترین ایستگاه اتوبوس، تغییر وسیله داد. واضح است که استفاده از آژانس، با دو وسیله دیگر قابل ترکیب نیست، چون افراد معمولاً در صورت استفاده از آژانس، مستقیماً تا مقصد از آن استفاده می‌نمایند. در ادامه، نظرات جمع‌آوری شده از دیدگاه مسافران نیز، بررسی می‌گردد.

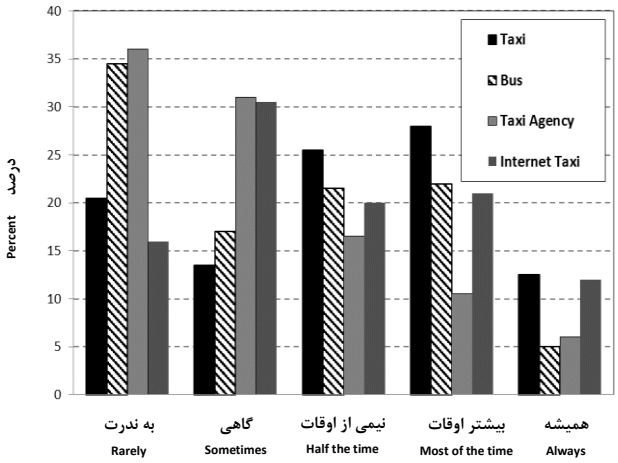
جدول ۱: شرایط هر یک از کورس‌های سفر با استفاده از وسیله مربوطه
Table1: The conditions of each of travel cources by various vehicles

	کورس اول Fisrt Course		کورس دوم Second Course		کورس سوم Third Course		کورس چهارم Fourth Course		کورس پنجم Fifth Course		کورس ششم Sixth course	
	هزینه (ریال) Cost (Rial)	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	هزینه (ریال) Cost (Rial)	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	هزینه (ریال) Cost (Rial)	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	هزینه (ریال) Cost (Rial)	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	هزینه (ریال) Cost (Rial)	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	هزینه (ریال) Cost (Rial)	زمان (دقیقه) Time (Minutes)
تاکسی Taxi	5000	14	16000	14	27000	16	38000	17	49000	19	6000	21
اتوبوس Bus	3000	21	9000	24	14000	27	20000	30	27000	33	35000	36
آژانس Telephone Taxi	48000	6	53000	7	68000	8	84000	9	99000	10	115000	12

شکل ۴: نمونه یک مسیر مورد بررسی
Fig. 4: A sample of an evaluated route

نظر مسافران

میزان استفاده افراد جامعه از وسایل حمل‌ونقل عمومی تابع موارد مختلفی است که می‌تواند جذابیت هر وسیله را برای افراد مختلف، متفاوت سازد. در این پژوهش با طراحی و توزیع پرسشنامه‌هایی، میزان استفاده شهروندان قزوینی از وسایل حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری محک زده شد. با توجه به توان کاری، حدود ۲۰۰ پرسشنامه جمع آوری شد که نتایج آن به صورت خلاصه در شکل ۵ نمایش داده شده است.

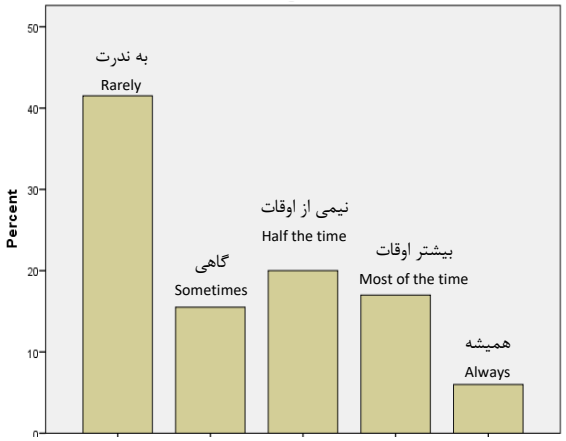


شکل ۵ : میزان استفاده افراد از وسایل حمل‌و نقل عمومی بر اساس نظرات جمع‌آوری شده
Fig. 5: The amount of people usage of public transportation based on opinions collected

در این‌جا، بین استفاده از تاکسی اینترنتی و تاکسی تلفنی یا همان آژانس، تمایز قائل شده است. استفاده از تاکسی‌های اینترنتی، واقعیتی انکارناپذیر در دنیای دیجیتال امروز است و رشد آن، چنان بوده که استفاده از تاکسی‌های تلفنی را، تقریباً به حاشیه رانده است. از همین رو، این روش حمل و نقل در پرسش‌نامه، قرار داده شده است. به هر حال، از نظر مدل عامل- مبنا، نمی‌توان تمایز خاصی بین دو تاکسی اینترنتی و تلفنی قائل شد، چون عملکرد هر دو، شبیه به هم می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، میزان استفاده افراد از چهار وسیله حمل و نقل عمومی در پنج رده، همیشه، بیشتر اوقات، نیمی از اوقات، گاهی و به‌ندرت، نشان‌داده شده است. به‌عنوان مثال، در خصوص آژانس‌ها، ۶٪ افراد اذعان داشته‌اند که همیشه از آژانس استفاده می‌کنند، درحالی‌که ۳۶٪ استفاده به‌ندرت از آژانس را، اظهار نموده‌اند.

در مورد تاکسی‌های اینترنتی هم، یافته‌ها حاکی از آن است که عموم افراد، گاهی از آن استفاده کرده‌اند اما ۱۳٪ افراد، همیشه با آن سفر می‌کنند. در خصوص استفاده از اتوبوس، ۵٪ افراد اذعان داشتند که همه سفرهای طولانی خود را با اتوبوس، طی می‌کنند در حالی‌که ۴۱٪ بیان کردند که گاهی اوقات از اتوبوس، برای سفرهای طولانی شهری، استفاده می‌کنند (شکل ۶). از طرفی، بنا بر داده‌های نظرسنجی صورت‌گرفته، استفاده از ترکیب اتوبوس و تاکسی بیشترین میزان در بین شیوه‌های مورد پرسش، بوده است.



شکل ۶ : میزان استفاده مسافران از اتوبوس برای سفرهای شهری طولانی طبق نظرسنجی

Fig. 6: The number of passengers using buses for long city trips according to the survey

انتخاب شیوه‌های مختلف حمل و نقل بر اساس معیارهای مختلف فردی، صورت می‌گیرد. هریک از افراد باتوجه به موقعیت، هزینه، هدف، راحتی، سرعت، زمان و موارد دیگر یک شیوه را برای سفر خود انتخاب می‌نمایند و این قابل تعمیم به افراد دیگر با شرایط غیر مشابه، نمی‌باشد. برای مثال، افرادی که عموماً دارای مشکلات اقتصادی هستند، تمایل دارند در سفرهای روزمره خود، از اتوبوس استفاده نمایند. از سوی دیگر، اتوبوس به دلیل امنیت بیشتر، گزینه‌ای ایده‌آل برای دانش‌آموزان به ویژه، دانش‌آموزان دختر است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از مدل‌سازی عامل- مبنا برای شبیه‌سازی سفر درون‌شهری افراد با استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی در شهر قزوین، استفاده شد. پنج شیوه استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی اتوبوس، تاکسی، آژانس و دو ترکیب از آن‌ها، در نظر گرفته شد و عامل‌ها با طی این مسیر در نقش مسافر، مطلوبیت سفر را از نظر زمان و هزینه، به دست آوردند. در نهایت، جمع‌بندی نتایج، به صورت زیر حاصل شد:

(الف) بهترین انتخاب برای مسافران در مسافت‌های کوتاه (مسیر با طول یک تا سه کیلومتر) تاکسی می‌باشد، زیرا تفاوت قیمت چشمگیری مابین تاکسی و اتوبوس نیست، بنابراین، پیشنهاد مدل به مسافران برای راحتی بیشتر، تاکسی خواهد بود.

(ب) بهترین انتخاب برای مسافران در مسافت‌های متوسط (مسیر با طول دو و نیم تا شش کیلومتر)، تاکسی یا اتوبوس، می‌باشد. مسافران تاکسی، با آرامش خاطر بهتری سفر می‌کنند، ولی مسافران اتوبوس، هزینه کمتری می‌پردازند. در قزوین، در زمان تهیه داده‌ها، بهای سفر با اتوبوس متناسب با مسافت طی شده توسط اتوبوس، تغییر می‌کند.

(پ) بهترین انتخاب برای مسافران برای مسافت طولانی (مسیر با طول شش کیلومتر به بالا)، متغیر است، ولی مطلوبیت آژانس نسبت به مسافت‌های کوتاه، رشد چشمگیری پیدا می‌کند و از سویی اتوبوس تا حدود زیادی کند و خسته‌کننده، خواهد بود.

نتایج حاصل از نظرسنجی مسافران هم، نشان داد:

(الف) حدود ۶۵ درصد مردم، زمان سفر برایشان بسیار اهمیت دارد و از طرفی، به علت در دسترس بودن بیشتر تاکسی اینترنتی، برای این قشر از جامعه آماری مناسب‌ترین وسیله حمل و نقل عمومی، تاکسی‌های اینترنتی خواهد بود، در اولویت دوم، آژانس‌های محلی و در اولویت آخر، به دلیل وجود پیاده‌روی زیاد، تاکسی می‌باشد.

(ب) حدود ۶۵ درصد مردم، هزینه سفر برایشان اهمیت ویژه‌ای دارد و این نیز، یک برداشت منطقی می‌باشد و چون فقط سه درصد از افراد جامعه آماری اعلام کرده‌اند که هزینه سفر برای آن‌ها از اهمیت ناچیزی برخوردار است، می‌توان به این نتیجه رسید که هزینه سفر، اولویت اول مسافران، خواهد بود.

با بررسی علاقه‌مندی مسافران، مشخص شد که محبوبیت تاکسی‌های اینترنتی، از رشد چشمگیری در میان مردم، برخوردار بوده است. این تحقیق، یک جلوه دیگر از کاربردهای موفق مدل‌سازی عامل- مبنا در شبیه‌سازی رفتارهای انسانی بود. برای ادامه تحقیقات در زمینه حمل‌و نقل عمومی، پیشنهاد می‌شود عوامل دیگری نظیر جذابیت منظر نیز در مدل‌سازی، دخیل شود که البته، نیاز به اطلاعات زیاد و قضاوت‌های انسانی نیز، خواهد داشت.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله، از سازمان اتوبوسرانی و سازمان تاکسیرانی شهر قزوین، به دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های لازم ، صمیمانه تشکر می‌کنیم.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان، بیان نشده است.

منابع و مآخذ

[1] Macal C, North M, editors. Tutorial on agent-based modeling and simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005: December 4-4; Orlando, FL, USA.

[2] Chen J, Ni J, Xi C, Li S, Wang J. Determining intra-urban spatial accessibility disparities in multimodal public transport networks. *Journal of Transport Geography*. 2017;65:123-133.

[3] Chow A, Han K, Achuthan K. An agent-based analysis of transport network vulnerability and resilience with provision of travel information. The Sixth International Symposium on Dynamic Traffic Assignment: 2016 June 28-30: Sydney, Australia.

[4] Guo Z, Xiao G, Wang Y, Li S, Du J, Dai B, et al. Dynamic model of respiratory infectious disease transmission in urban public transportation systems .*Heliyon*. 2023;9(3):e14500

[5] Skuzinski T, Weinreich D, Hernandez CV. Exploring the link between regional transportation governance and outcomes: A novel measure of polycentricity in metropolitan public transportation systems. *Transport Policy*. 2023;13(3): 168-175.

[6] Solecka K, Żak J. Integration of the Urban Public Transportation System with the Application of Traffic Simulation. *Transportation Research Procedia*. 2014;3:259-268 .

[7] Majumder S, De K, Kumar P, Rayudu R. A green public transportation system using E-buses: A technical and commercial feasibility study. *Sustainable Cities and Society*. 2019;51:101789 .

[8] Fletterman M. Designing multimodal public transport networks using metaheuristics: University of Pretoria; 2008.

[9] Seaborn C, Attanucci J, Wilson N. Analyzing Multimodal Public Transport Journeys in London with Smart Card Fare Payment Data. *Transportation Research Record.* 2009;2121(1):55-62.

[10] Niger M. Rationalizing Public Transport System of Dhaka City: Proposal of Creating a Multimodal Hierarchical Transport Network to Reduce Traffic Congestion. *Nakhara : Journal of Environmental Design and Planning.* 2019;16(2019):1-14.

[11] Chen S, Tan J, Claramunt C, Ray C. Multi-scale and multi-modal GIS-T data model. *Journal of Transport Geography.* 2011;19(1):147-161.

[12] Zhang J, Liao F, Arentze T, Timmermans H. A multimodal transport network model for advanced traveler information systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences.* 2011;20:313-322.

[13] Delmelle EC, Casas I. Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*. 2012;20:36-46.

[14] Munizaga MA, Palma C. Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin–Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies.* 2012;24:9-18.

[15] Yen BTH, Mulley C, Tseng W-C, Chiou Y-C. Assessing interchange effects in public transport: A case study of South East Queensland, Australia. *Transportation Research Procedia*. 2018;6(3):364-375.

[16] Tahmasbi B, Haghshenas H. Public transport accessibility measure based on weighted door to door travel time. *Computers, Environment and Urban Systems.* 2019;76:163-177.

[17] Bandini S, Manzoni S, Vizzari G, Agent based modeling and simulation: an informatics perspective. 2009;12(4): 1-14.

[18] Wu J-J, Khan HA, Chien S-H, Wen C-H. Effect of customization, core self-evaluation, and information richness on trust in online insurance service: Intelligent agent as a moderating variable. *Asia Pacific Management Review*. 2022;27(1):18-27 .

[19] Genesereth MR, Ketchpel SP. Software Agents. In: Department CS, editor. Stanford University, 1994. P. 1-12 .

[20] Bradshaw JM, Suri N, Canas AJ, Davis R, Ford K, Hoffman R, et al. Terraforming cyberspace. *Computer*. 2001;34(7):48-56 .

[21] Gong S, Dong X, Wang K, Lei B, Jia Z, Qin J, et al. Agent-based modelling with geographically weighted calibration for intra-urban activities simulation using taxi GPS trajectories. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2023;122:103368 .

[22] Tan R, Xiong C, Kimmich C. An agent-situation-based model for networked action situations: Cap-and-trade land policies in China. *Land Use Policy*. 2023;131:106743 .

[23] Gurtner G, Delgado L, Valput D. An agent-based model for air transportation to capture network effects in assessing delay management mechanisms. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies.* 2021;133:103358.

[24] Balac M. Microsimulation and Agent-Based Models in Transportation. In: Vickerman R, editor. International Encyclopedia of Transportation. Oxford: Elsevier; 2021. p. 473-476.

[25] Sresakoolchai J, Kaewunruen S. Railway infrastructure maintenance efficiency improvement using deep reinforcement learning integrated with digital twin based on track geometry and component defects. *Scientific Reports.* 2023;13(1):2439.

[26] Crooks AT, Castle CJE. The Integration of Agent-Based Modelling and Geographical Information for Geospatial Simulation. In: Heppenstall AJ, Crooks AT, See LM, Batty M, editors. Agent-Based Models of Geographical Systems. Dordrecht: Springer Netherlands; 2012. p. 219-251.

[27] Dalle Nogare D, Chitnis AB. NetLogo agent-based models as tools for understanding the self-organization of cell fate, morphogenesis and collective migration of the zebrafish posterior Lateral Line primordium. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 2020;100:186-198 .

[28] Amblard F, Daudé E, Gaudou B, Grignard A, Hutzler G, Lang C, et al. 3 - Introduction to NetLogo. In: Banos A, Lang C, Marilleau N, editors. Agent-based Spatial Simulation with Netlogo. Oxford: Elsevier; 2015. p. 75-123 .

[29] Gaudou B, Lang C, Marilleau N, Savin G, Rey Coyrehourcq S, Nicod J-M. 1 - NetLogo, an Open Simulation Environment. In: Banos A, Lang C, Marilleau N, editors. Agent-based Spatial Simulation with NetLogo, Volume 2: Elsevier; 2017. p. 1-36 .

[30] Kazemi M, Hosseinali F. Multi-Modal Agent-based Path Finding in Public Transportation System. *Quarterly Journal of Transportation Engineering.* 2022;13(3):1783-1796. Persian.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

مبشر کاظمی درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران- نقشه برداری را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد واحد قزوین اخذ نمود. وی دانش‌آموخته کارشناسی ارشد در رشته مهندسی نقشه‌برداری- سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی می‌باشد. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان حمل و نقل عمومی و سیستم‌های عامل‌مبنا و برنامه نویسی پیشرفته است.

Kazemi, M. Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rahjaee Teacher Training University, Tehran, Iran

mobasher.kz74@gmail.com

فرهاد حسینعلی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی نقشه‌برداری (گرایش سامانه اطلاعات مکانی) از دانشگاه تهران و دکتری تخصصی همین رشته از دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی تهران می‌باشد. وی هم‌اکنون عضو هیأت علمی گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران است و در زمینه‌های متنوع مرتبط با اطلاعات مکانی از جمله هوش مصنوعی، تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی، تحلیل مدل‌های شهری، مدلسازی عامل-مبنا و غیره به فعالیت مشغول می‌باشد. حاصل این تلاش تا کنون بیش از ۴۰ مقاله چاپ شده در مجلات علمی گوناگون داخلی و خارجی بوده است.

Hosseinali, F. Assistant Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rahjaee Teacher Training University, Tehran, Iran

f.hosseinali@sru.ac.ir

Citation (Vancouver): Kazemi M, Hosseinali F. [Assessing the Use of Public Transportation System in Qazvin City Using a Simulator Model]. *J. RS. GEOINF. RES. 2023; 1(1): 53-62*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2022.1951

COPYRIGHTS

© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)