Urban Stucture and Function Studies
(USFS)

Volume 10. Issue 34. Spring 2023. pages 109 to 130

Research Paper

An analysis on the optimal routing model of high-speed bus lines in Shiraz city

Mahdi Ebrahim Boozani [1*], Alireza Dehdarifard [2], Hajar Nasehi [3]

[1] Assistant Professor of Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2] Master's degree in Geography and Planning, Payame Noor University, Tehran, Iran.
[3] PhD Student, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

USFS-2207-2274 (R2)

Received:
July 7, 2022
Accepted:
November 2, 2022
Available online:
December 10, 2022

Keywords:
PATTERN, ROUTING, SPEED BUS, Shiraz

Abstract

Development of public transportation as One of the ways to reduce the negative effects of transportation in cities, is considered by most of the countries. The main purpose of this study is to provide a model for optimal routing of high-speed bus lines in Shiraz city using congestion optimization method, and field surveys. Several indicators are analyzed in this study including cost savings, reduced travel time, safety, air pollution, comfort, reduction of vehicle depreciation, variety of transportation options, traffic management, employment, cost, noise pollution, and reducing the construction of parkings. In the meantime, in order to review the indicators and also prioritize the lines of fast transportation systems, the related scenarios in this section are prioritized through the congestion optimization method, and then the most important selection and the most appropriate ways of analysis are applied through fast system Network Analysis in ArcGIS software environment, Station position, and location of terminals Analysis Spatial which has been used in ArcGIS software environment.

The results showed that in the status of the busiest routes and the most important centers of purpose and destination of travel in Shiraz, two routes were selected: i) the distance between Karim Khan Zand Boulevard to the customs crossroads ii) the fifth entrance (Esteqlal Boulevard) to Mulla Sadra Street. The other important result of this study is the identification of 24 suitable routes for locating high-speed bus stations in Shiraz which is determined according to the existing standards, and the final travel destination of the passengers.

* Corresponding Author: Mahdi Ebrahim Boozani
Address: Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Tehran, Iran
Email: mahdebrahimi@pnu.ac.ir

Volume 10. Issue 34. Spring 2023. pages 109 to 130

Extended Abstract

1. Introduction

Due to access to the short and long routes and having a separate line from other high-traffic urban lines, high-speed transportation systems have greatly reduced travel time, and the use of this type of system has replaced worn-out and low-speed systems within the old city. However, despite the advantages of using the high-speed bus system, the use of these systems in Iran is not developed enough, except for only a few cities like Tehran, Mashhad and Isfahan. Therefore, in recent years, transportation managers in large cities have paid attention to the creation and design of a network of high-speed bus systems. Shiraz has faced several problems in the transportation sector in the absence of a fast transportation system and the exhaustion of the public transportation fleet. These include heavy traffic in the central sectors, and environmental pollution which puts the citizen's health in danger. This leads to the necessity of organizing a public network of high-speed transportation and providing an optimal routing model of high-speed bus lines in Shiraz.

2. Research Methodology

The present research is applied in terms of purpose, and it is descriptive-analytical in terms of method. The data have been obtained through library studies and field studies. To achieve the objectives of the research, first, based on the survey, the index was extracted from twenty people through Delphi method. These indicators are on the topics of cost savings, reducing travel time, safety, air pollution, comfort, reducing vehicle depreciation, variety of transportation options, traffic management, employment, cost, noise pollution, and reduced parking construction. To examine the indicators and also to prioritize the lines of high-speed transportation systems, the congestion optimization method was performed and the priorities were determined. The most appropriate ways of analysis are applied through fast system Network Analysis in ArcGis software environment, Station position, and the location of terminals Analysis Spatial which has been used in ArcGis software environment.

3. Research Findings

The most suitable ways of analysis are applied through fast system Network Analysis in ArcGis software environment, Station position, and the location of terminals Analysis Spatial which has been used in ArcGis software environment. The results showed that in the section status of the busiest routes and the most important centers of purpose and destination of travel in Shiraz, two routes were selected: i) the distance between Karim Khan Zand Boulevard to the customs crossroads ii) the fifth entrance (Esteqlal Boulevard) to Mulla Sadra Street. The other important result of this study is the identification of 24 suitable routes for locating high-speed bus stations in Shiraz which is determined according to the existing standards, and the final travel destination of the passengers.

4. Conclusion

In order to increase the desirability of using public urban transportation in this article, the optimal routes of high-speed buses in Shiraz were examined by using software (ArcGIS), the result of which was determined as a map of the optimal route for the establishment of high-speed buses. The specified routes were determined according to the traffic load in the bus lanes of Shiraz city. The busiest routes and the most important centers and destinations of travel in Shiraz are two routes: : i) the distance between Karim Khan Zand Boulevard to the customs crossroads ii) the fifth entrance (Esteqlal Boulevard) to Mulla Sadra Street.

Checking out the appropriate route for locating high-speed bus systems in Shiraz, illustrated that the centrality of the route

corresponds to the lack of network access to the worn-out texture of Shiraz in the city center. This area is the busiest part of the city and provides an end axis throughout the city for the access of as many residents as possible, from which paths are separated by nodes. In this regard, 24 suitable routes were identified for locating high-speed bus stations in Shiraz which were determined according to the existing standards, and the final travel destination of the passengers.

Funding
There is no funding support.

Authors' Contribution
Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
We are grateful to all the persons for their scientific consulting in this paper.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

علمی پژوهشی

تحلیلی بر الگوی مسیریابی بهینه‌ی خطوط اتوبوس‌رانی تندرو شهر شیراز

مهدی ابراهیمی‌بوزانی[1*]، علیرضا دهداری فرد[2]، هاجر ناصحی[3]

[1] استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
[3] دانشجوی دکتری جغرافیا، گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

USFS-2207-2274 (R2)

تاریخ دریافت:
۱۶ تیر ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش:
۱۱ آبان ۱۴۰۱
تاریخ انتشار:
۱۹ آذر ۱۴۰۱

چکیده

توسعه‌ی حمل‌ونقل همگانی به‌عنوان یکی از شیوه‌های کاهش عوارض منفی حمل‌ونقل شهری همواره از اهمیت بسیاری برخوردار بوده است. هدف اصلی از انجام این پژوهش ارائه‌ی الگوی مسیریابی بهینه‌ی خطوط اتوبوس‌رانی تندروی شهر شیراز با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام به‌منظور ارائه‌ی راه حل برای ارتقای عملکرد سامانه‌ی حمل‌ونقل همگانی در این شهر است. پژوهش حاضر به‌لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت توصیفی- تحلیلی است که تدوین مبانی آن مبتنی بر روش کتابخانه‌ای است و داده‌های آن از روش میدانی جمع‌آوری شده است. شاخص‌های موردپژوهش این مقاله شامل صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، بهبود ایمنی، کاهش آلودگی صوتی و هوا، افزایش راحتی، کاهش استهلاک خودرو، تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقل، ارتقای مدیریت ترافیک، اشتغال، هزینه و کاهش احداث پارکینگ است. در این مقاله با توجه به این شاخص‌ها سناریوهای مرتبط با ارتقای عملکرد سامانه‌ی حمل‌ونقل همگانی با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام بررسی و اولویت‌بندی شد و در ادامه مناسب‌ترین مسیر سامانه‌های تندرو از طریق تحلیل آنالیز شبکه (Network Analys) در محیط نرم‌افزار ArcGis تهیه و موقعیت ایستگاه‌ها و پایانه‌ها ارائه شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پرترافیک‌ترین مسیرها و مهم‌ترین مراکز هدف و مقصد سفر در شهر شیراز دو مسیر حدفاصل بلوار کریم‌خان زند تا چهارراه گمرک و ورودی پنجم (بلوار استقلال) تا خیابان ملاصدرا است. از دیگر نتایج مهم این پژوهش شناسایی ۲۴ مسیر بهینه برای ایستگاه اتوبوس تندرو برای شهر شیراز است که با توجه به استانداردهای موجود و مقصدهای سفر نهایی مسافران تعیین شد.

کلیدواژه ها:
تحلیل شبکه، مسیر یابی، اتوبوس‌رانی تندرو، شیراز

* **نویسنده مسئول:** مهدی ابراهیمی‌بوزانی
آدرس: استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
ایمیل: mshdebrahimi@pnu.ac.ir

۱ مقدمه

در آستانه‌ی هزاره‌ی سوم با تغییر در سبک زندگی بشر و با پیشرفت فناوری‌های جدید، شاهد افزایش تقاضا برای جابه‌جایی‌های شهری هستیم که افزایش سطح وابستگی به خودرو و ازدیاد فعالیت‌های حمل‌ونقلی ناشی از آن، منجر به اثرات زیست‌محیطی و بازتاب‌های گسترده بر حوزه‌ی سلامت شهری شده است (ملکی[1] و همکاران،۱۳۹۶: ۸۰ و اسداللهی[2]،۱۳۹۰: ۲۸۴). یکی از راه‌حل‌های مؤثر در کاهش آثار زیان‌بار ناشی از گسترش حمل‌ونقل شخصی، ترویج حمل‌ونقل همگانی است. توسعه‌ی حمل‌ونقل همگانی، یکی از شیوه-های کاهش عوارض منفی جابه‌جایی موتوری در شهرها به حساب می‌آید، از این رو باید اذعان داشت که، حمل‌ونقل عمومی، به‌ویژه اتوبوس‌رانی در توسعه‌ی کارکردهای شهری از اهمیت خاصی برخوردار است (ابراهیم‌زاده، بهارلو[3]،۱۳۹۱: ۸۷).

این در شرایطی است که رشد جمعیت و اشتغال و استقرار فعالیت‌های اقتصادی و خدمات و تسهیلات در نواحی مختلف شهری به‌ویژه بخش‌های مرکزی، باعث افزایش تقاضای سفر برای دسترسی به این نواحی و در نتیجه نیاز به گسترش شبکه‌ی حمل‌ونقل و تسهیلات وابسته در این مناطق شده است (ممدوحی و امینی [4]،۱۳۹۳: ۱۹۴). این در حالی است که با افزایش قیمت زمین، به‌ویژه در مناطق مرکزی شهرها ایجاد زیرساخت‌ها و تسهیلات حمل‌ونقل عمومی، پرهزینه و دشوار شده است و از این رو اتخاذ راهکارهایی برای مکان‌یابی و انتخاب مسیرهای بهینه در شبکه‌های اتوبوس‌رانی شهری ضرورت می‌یابد (امان‌پور[5] و همکاران،۱۳۹۵: ۱۲).

با توجه به ماهیت پیچیده‌ی سیستم اتوبوس‌رانی، عوامل متفاوتی در عملکرد و کارایی آن تأثیرگذار هستند که از آن جمله می‌توان به صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، بهبود ایمنی، کاهش آلودگی صوتی و هوا، افزایش راحتی، کاهش استهلاک خودرو، تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقل، ارتقای مدیریت ترافیک، اشتغال، هزینه و کاهش احداث پارکینگ اشاره نمود. در این رابطه طراحی مناسب شبکه‌ی اتوبوس‌رانی (مسیرها، موقعیت ایستگاه‌ها، پایانه‌ها و تعداد ناوگان) می‌تواند کمک شایانی به افزایش مطلوبیت و کارایی این سیستم نماید (قضائی[6] و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۰۷ و سلطانی و منشادی[7]،۱۳۹۲: ۴۸).

در سال‌های اخیر، راهبرد کشورهای مختلف جهان برای حل مشکلات حمل‌ونقل شهری، عمدتاً مبتنی بر تشویق به پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی بوده است (امان‌پور و همکاران،۱۳۹۶: ۷۴) که با شناسایی مزایای زیست محیطی، بهداشتی، اقتصادی و... حمل‌ونقل عمومی در شهرهای سراسر جهان، استفاده از این شیوه‌ی حمل‌ونقل (به‌ویژه اتوبوس‌های تندرو)، در جهت سیاست عمومی‌دولت‌ها برای مدیریت توسعه‌ی ترافیک شهری ترویج شده است (Zhu,2022:8). امروزه مزایای منحصربه‌فرد حمل‌ونقل عمومی، به‌ویژه سامانه‌های تندرو، سبب شده است در بسیاری از شهرهای دنیا این وسیله‌ی سالم، مفید و با صرفه در سفرهای کوتاه و متوسط شهری به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای اتومبیل سواری مطرح گردد (hood, et al;2011: 63).

مزایای زیاد استفاده از این شیوه‌ی حمل‌ونقلی از جمله تأثیر زیاد در در بهبود سلامتی عمومی‌افراد جامعه، کاهش آلودگی هوا و انتشار مواد آلاینده و ... باعث شده است تا استفاده از اتوبوس‌های تندرو به طور معنی‌داری در چند کشور اروپایی نظیر انگلیس، آلمان، سوئد و هلند افزایش یابد بیان نمود (حسینی [8]و دیگران، ۱۳۹۲و مختاری ملک

[1] Maleki
[2] Asadollahi
[3] Ebrahimzadeh and Baharloo
[4] Mamdouhi and Amini
[5] Amanpour
[6] Qazaei
[7] Soltani and Shariati
[8] Hosseini

آبادی[1]،۱۳۹۰: ۱۰۷). وجود این مزایا سبب شده است این نوع از سیستم حمل‌ونقل توسط کشورهای جهان مورداقبال قرار گیرد و توسط سازمان بهداشت جهانی نیز توصیه شود.

با این حال در ایران استفاده از اتوبوس به‌عنوان وسیله‌ی حمل‌ونقل درون‌شهری برای حمل‌ونقل و انجام کار و فعالیت در سطح شهرهای کشور، به جز در مقطع کوتاهی در دهه ۱۳۵۰ و فقط در شهرهای معدودی نظیر تهران و اصفهان، سهم به سزایی در حمل‌ونقل شهری نداشته است (سلطانی ،شریعتی[2]،۱۳۹۲: ۶۵). در این بین کم توجهی مسؤولان در برنامه ریزی افزایش استفاده از اتوبوس در سفرهای شهری و در پی آن ورود مترو به چرخه‌ی حمل‌ونقل شهری در دهه‌ی ۷۰ موجب کاهش اهمیت آن به‌عنوان یک وسیله‌ی نقلیه شد. اما با مطرح شدن سامانه‌ی اتوبوس تندرو، رفته رفته بر میزان و تعداد تقاضا برای این نوع از سفرها افزوده شد و دوباره میزان اهمیت آن در کنار سایر سیستم-های حمل‌ونقل عمومی بالا رفت. درحال حاضر، سیستم‌های حمل‌ونقل تندرو به علت دسترسی به مسیرهای کوتاه و بلند و داشتن خط جداگانه از سایر خطوط پرترافیک شهری، زمان سفر را بسیار کوتاه نموده و استفاده از این نوع سیستم جایگزین سیستم‌های فرسوده و کم‌سرعت درون‌شهری قدیم شده است (تقوایی، فتحی[3]،۱۳۹۰: ۱۳۷). اما علی‌رغم وجود همه‌ی مزایای استفاده از سامانه‌ی اتوبوس تندرو، استفاده از سامانه‌های تندرو در ایران هنوز توسعه‌ی کافی نیافته، به گونه‌ای که تنها در چند شهر تهران، مشهد و اصفهان شاهد این سامانه‌ی حمل‌ونقلی هستیم (احمدی و دیگران[4]،۱۳۹۲: ۱۲۴ و اسدالهی و دیگران، ۱۳۹۰). لذا در سال‌های اخیر مدیران حمل‌ونقل در شهرهای بزرگ، به ایجاد و طراحی شبکه‌ی سامانه‌های اتوبوس‌رانی تندرو توجه نشان داده‌اند (قائد رحمتی[5] و دیگران،۱۳۸۹: ۳). این در شرایطی است که شهر شیراز در شرایط نبود سیستم حمل‌ونقل تندرو و فرسودگی ناوگان حمل‌ونقل عمومی با مشکلات متعددی در بخش حمل‌ونقل مواجه بوده که از آن جمله می‌توان، به ترافیک شدید در بخش‌های مرکزی، آلودگی‌های زیست محیطی، به خطر افتادان سلامت و بهداشت شهروندان و.... اشاره نمود که همین امر ضرورت سامان‌دهی شبکه‌ی عمومی حمل‌ونقل تندرو و ارائه‌ی الگوی مسیریابی بهینه‌ی خطوط اتوبوس‌رانی تندروی شهر شیراز را در این شهر گریزناپذیر می‌کند.

در ارتباط با مسیریابی بهینه‌ی حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو تاکنون پژوهش‌های زیادی انجام نگرفته است اما در ارتباط با مسیریابی و وضعیت حمل‌ونقل عمومی در شهرهای ایران پژوهش‌هایی وجود دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود.

شیخ الاسلامی و سجادیان[6] (۱۳۸۹) در پژوهشی نگرش حاکم در ارتباط با کنترل آلودگی هوای ناشی از حمل‌ونقل شهری و ترافیک حاصله در کلانشهر تهران ، را بررسی نموده و بر مبنای کاستی‌ها و مشکلات موجود، راهکارهایی عملی ارائه نموده‌اند، حاتمی‌نژاد و اشرفی[7] (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با عنوان: دوچرخه و نقش آن در حمل‌ونقل پایدار شهری نمونه‌ی موردی: شهر بناب، نقش دوچرخه در ترددهای شهری، عوامل مؤثر بر استفاده از آن، سابقه‌ی تاریخی دوچرخه در شهر بناب و وضعیت موجود آن و دلایل استفاده‌ی شهروندان رابررسی نموده‌اند. مختاری ملک‌آبادی (۱۳۹۰) در مقاله‌ای نقش حمل‌ونقل عمومی در پایداری سیستم حمل‌ونقل شهر اصفهان را بررسی نموده و به این نتیجه رسیده که بین دسترسی بهتر به ایستگاه‌های اتوبوس و میزان استفاده از آن به‌عنوان وسیله‌ی حمل‌ونقل، رابطه‌ی معناداری وجود دارد. ملاشاهی[8] و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر در ارزیابی عملکرد سامانه‌ی اتوبوس‌های

[1] Mukhtari Malikabadi
[2] Soltani and Shariati
[3] Taghvaei and Fathi
[4] Ahmadi
[5] Qaederhamati
[6] Sheikh Al-Islami
[7] Hatami Nejad and Ashrafi
[8] Mollashahi

تندرو (BRT) با رویکرد توسعه‌ی پایدار، مطالعه‌ی موردی: کلان‌شهر مشهد پرداختند و به این نتایج رسیدند که بالاترین اولویت در ارزیابی کارایی BRT معیار منافع کاربران و معیار "محیطی" (با وزن ۰/۳۷۷) است. در میان شاخص‌های این معیار، سلامت و ایمنی (با وزن۰/۴۳۷) و آلودگی هوا (۰/۳۰۵) از عواملی تعیین شد که سبب ارزیابی بهتر از کارایی این سیستم در شهر مشهد است. رجایی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی ارزیابی میزان انطباق سامانه‌ی اتوبوس‌های تندروی شهر تهران با رویکرد توسعه‌ی حمل‌ونقل‌محور پرداختند و نشان دادند که وضعیت کیفیت هوای مناطقی با کمترین مطابقت در نامناسب‌ترین حالت قرار دارد. به‌طور کلی می‌توان گفت فراهم نبودن الزامات رویکرد در اطراف خطوط، مانع از تحقق اهداف شده است. آزاده و علوی‌زاده[1] (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی و سنجش کیفیت ارائه‌ی خدمات در سامانه‌ی اتوبوس‌های تندرو از دیدگاه شهروندان، مطالعه‌ی موردی: کلان‌شهر رشت پرداختند و فاصله‌ی دسترسی به خطوط حمل‌ونقل عمومی شهر رشت را این چنین دسته‌بندی کردند: حدود ۱۱ درصد شهروندان، دسترسی کمتر از ۵۰۰ متر ، حدود ۸ درصد ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر دسترسی داشتند. سانتو و همکاران[2] (۲۰۱۰) پژوهشی را با عنوان ابزارهای سیاست برای حمل‌ونقل جاده‌ای پایدار انجام داده‌اند که این تحقیق نشان داد، نگرش‌ها و دیگر عوامل روانی، تأثیر نسبتاً قوی در انتخاب رفت‌وآمد با اتوبوس دارد. ایادی و همکاران[3] ، (۲۰۱۵) در مقاله‌ی تجزیه و تحلیل عملکرد حمل‌ونقل عمومی‌اتوبوس در شهرهای تونس این نتیجه را بیان می‌کنند که شرکت‌های حمل‌ونقل اتوبوس‌رانی منطقه‌ای صرف‌نظر از مدل برآوردشده به جز مدل گرین ترو (۲۰۰۲) از نظر اقتصادی با مقدار تقریباً مشابه، ناکارآمد هستند. در سال ۲۰۱۹ ، یاشیرو و کاتو[4] در مقاله‌ای با عنوان عوامل موفقیت در معرفی سیستم حمل‌ونقل مسافر با اتوبوس‌های سریع‌السیر بین شهری، شهرهای میازاکی و فوکوئوکا را موردبررسی قرار دادند که در نهایت فرایند یادگیری در مورد اثرات برای اپراتورهای موجود با تنظیمات استراتژی انعطاف‌پذیر ارائه شد. روسو[5] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان خطوط اختصاصی اتوبوس، سرعت اتوبوس و ازدحام ترافیک در رم اثرات رفاهی ارائه خطوط اختصاصی اتوبوس در شهر رم در ایتالیا را موردبررسی قرار دادند. نتایج حاکی از کمبود عرضه خطوط اتوبوس با وجود هزینه‌های زمانی اضافی به دلیل کاهش ظرفیت جاده‌ای در دسترس خودروها، است.

۲ مبانی نظری

۲،۱ حمل‌ونقل عمومی‌و پایدار

حمل‌ونقل شهری یک سیستم پیچیده است که معمولاً از حالت‌های مسافرت با ماشین، اتوبوس، غیرموتوری و مترو تشکیل شده است (Wei et al,2022:1). حمل‌ونقل در کنار مسکن، کار و تفریح نه تنها به‌عنوان یکی از چهار رکن اساسی ساختارهای شهر معاصر، بلکه یکی از مهمترین مسائل و چالش‌های پیش روی شهرها محسوب می‌شود. از این رو، حرکت به سمت حمل‌ونقل پایدار مهمترین و اجتناب ناپذیرترین راهکار برای حل معضلات زیست‌محیطی شهرها تلقی می‌گردد. نارسایی و ناکارآمدی در ساختار و نظام حمل‌ونقل درون‌شهری عموماً پدید آورنده‌ی مشکلاتی چون مصرف زیاد انرژی، اتلاف وقت و هزینه، آلودگی هوا، آلودگی‌های صوتی و بصری، کاهش ایمنی و افزایش خطرات جانی و همچنین از بین رفتن بافت‌ها و فضاهای سنتی شهرها است (Jahanshahloo and Amini, 2006:37). در میان وسایل ترابری شهری، اتوبوس تندرو با هدف کاستن از مسائل و مشکلات حمل‌ونقل عمومی، با دو رویکرد کاهش استفاده از

[1] Azadeh and Alavizadeh
[2] Santos et al
[3] Ayadi and Hammami
[4] Yashiro and Kato
[5] Russo

خودروی شخصی (با کاهش عرض معابر در دسترس خودروی شخصی) و افزایش مطلوبیت و رفع مشکلات اتوبوس معمولی راه‌اندازی شده است(اله-دادی[1] و همکاران،۱۳۹۸: ۴). به علت ارزان بودن استفاده از اتوبوس نسبت به دیگر وسایل حمل‌ونقل، اغلب افراد مختلف جامعه، توانایی استفاده از آن را دارند و در واقع می‌توان گفت، این رویکرد چشم اندازی جدید، برای ساخت شهرهای پایدار ارائه می‌دهد (Chen et al,2022:1). استفاده از این شیوه حمل‌ونقل و گسترش آن می‌تواند، سبب کاهش برخی از هزینه‌های زائدِ احداث خیابآنها و راه‌سازی می‌شود و از این‌رو تأثیر مستقیمی بر توانمندی شهرها خواهد داشت و عاملی جهت سرمایه‌گذاری در سایر قسمت‌های شهر از جمله توجه به مبلمان و فضای سبز شهر و ... خواهد شد (Drennan and Bhatta, 2003:288) . از جمله مزایای بهداشتی حاصل از این نوع فعالیت می‌توان به کاهش آلودگی هوا، کاهش صدمات ناشی از ترافیک، اضافه شدن طول عمر و امید به زندگی افراد استفاده‌کننده اشاره داشت. به طور کلی حمل‌ونقل شهری در سه گروه عمده: حمل‌ونقل همگانی، حمل‌ونقل فردی و حمل‌ونقل کالا تعریف می‌گردد و در این میان دیدگاه مهندسان ترافیک، حمل‌ونقل عمومی انسانی در اولویت نخست راهکارهای بهبود وضعیت تردد و توسعه‌ی شهری جای دارد (Rojas-Rueda et al., 2012: 102, Gössling, 2016: 3) .

۲،۲ سامانه‌های اتوبوس‌رانی تندرو

رشد دائمی و پیوسته‌ی مناطق شهری که شامل تعداد زیادی CBD و مراکز حومه‌ای و منطقه‌ای می-شود، خدمات حمل‌ونقلی بیشتر و دسترسی بهتری را طلب می‌کند. همچنین وجود مشکلات در سیستم اتوبوس‌رانی معمولی، باعث تحول در این سیستم و روی‌آوری به سامانه‌ی اتوبوس‌های تندرو شده است (Yedavalli,2008: 83). اولین بار مفهوم سامانه‌ی اتوبوس تندرو در شهر شیکاگو در سال ۱۹۳۷، برای تبدیل سه خط حمل‌ونقل سریع ریلی به خطوط سریع اتوبوس‌رانی در مراکز و شهرک‌های اطراف مطرح شد. پس از آن، این سیستم به سرعت در شهرهای آمریکا و جهان گسترش یافت (نادران و چوپانی[2]، ۱۳۹۰ :۴۲) . سیستم اتوبوس تندرو یکی از سیستم‌های مناسب برای ارائه‌ی سرویس حمل‌ونقل همگانی شهری در کریدورهای پر تقاضا است. این سیستم با پرهیز از پایین آوردن توان عملکردی ناوگان به دلیل عدم تداخل با ترافیک شهری و با توجه به داشتن هزینه‌ی بسیار پایین احداث مسیر و خرید ناوگان، گزینه‌ی مناسبی را در اختیار طراحان و برنامه‌ریزان حمل‌ونقل شهری قرار می‌دهد. از مزایای این سامانه می‌توان به انعطاف‌پذیری، کارایی بالا، کاهش بار ترافیکی معابر شهری، کاهش آلودگی هوا و ... اشاره کرد. اتوبوس-های سامانه BRT راحت‌تر و تمیزتر از اتوبوس‌های معمولی بوده و دارای ضریب ایمنی بالایی نیز هستند (Chong,L., Osorio, ,2017: 498). همچنین برای سفرهای درون‌شهری و مسافت‌های طولانی، BRT محدودیت‌های سیستم اتوبوس‌های معمولی را ندارد. (Parida and et al. 2022:62).

جدول شماره ۱ شاخص‌های پژوهش را به همراه مستندسازی آنها نشان می‌دهد.

۳ محدوده‌ی موردمطالعه

شهر شیراز مرکز استان فارس، یکی از هشت کلان‌شهر ایران است. این شهر که در بخش مرکزی شهرستان شیراز قرار دارد (امان‌پور و دیگران،۱۳۹۳: ۱۴۵) (شکل ۱) بر اساس سرشماری ۱۳۹۵، دارای۱۵۶۵۵۷۲نفر جمعیت بوده که این میزان، ۳۲٪ از کل جمعیت استان فارس را تشکیل می‌دهد. مساحت شهر شیراز ۲۱۷ کیلومتر مربع است که ۰/۱۵ درصد از مساحت استان فارس را در بر دارد.

[1] Allahdadi

[2] Naderan and Choupani

تراکم جمعیت در شهر شیراز ۷۲۱۵ نفر در کیلومتر مربع است (سالنامه آماری شهر شیراز، ۱۳۹۵: ۱۶).

شهر شیراز دارای ۱۱ منطقه‌ی شهرداری است که هر یک دارای سه یا چهار ناحیه هستند. امروزه این شهر در نظام شهری کشور به دلایلی همچون تعدد نقش و عملکرد در ابعاد اداری-خدماتی، صنعتی، دانشگاهی، گردشگری، افزایش جمعیت آن به بیش از یک و نیم میلیون نفر، افزایش سطح حوزه‌ی نفوذ و در نتیجه سیر صعودی تردد جمعیت و ... اولویت خاصی یافته است (امان‌پور و همکاران،۱۳۹۵: ۵۵).

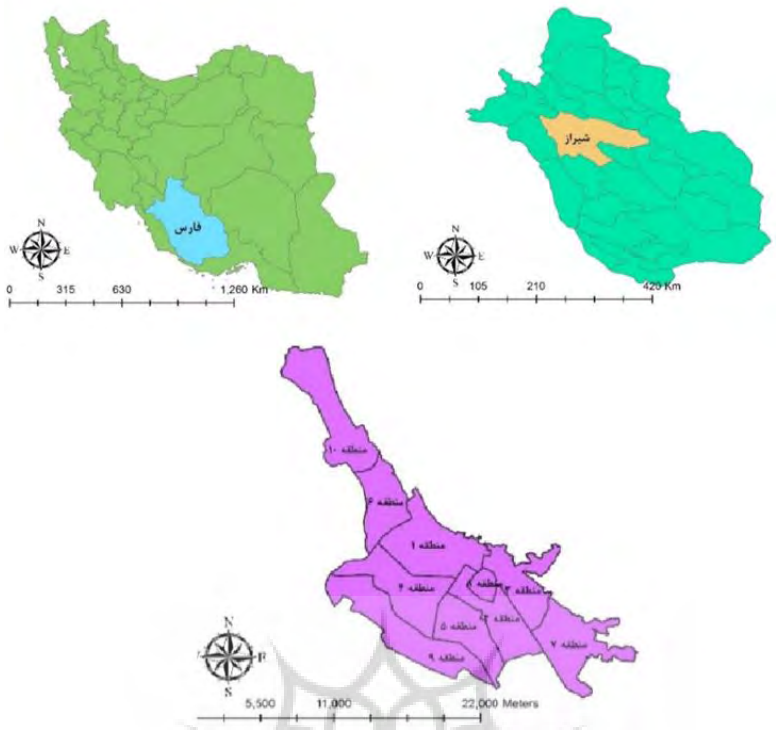
جدول ۱ شاخص‌های مطلوبیت سامانه‌ی اتوبوس تندرو به همراه مستندسازی آنها

ردیف	شاخص	مستندسازی شاخص ها
۱	صرفه جویی در هزینه	تقوایی و سجادی (۱۳۹۴)، کردنائیچ ومختاری موغاری (۱۳۹۰)، Wright (2004), Thomas (2001), Satiennam, Jaensirisak, Satiennam, & Detdamrong (2016)
۲	کاهش زمان سفر	Allsop (2000), Meakin (2004), گودمن (۱۹۹۲) Thomas (2001), Wright (2004) الهدادی و همکاران (۱۳۹۷)، Kordnaic AS (2011 ,Mortensen, Cain, & Van Nostrand (2009), Satiennam, Jaensirisak, Satiennam, & Detdamrong (2016)
۳	ایمنی	تقوایی و سجادی (۱۳۹۴)، Federal Transit Administration (2002), لوینسون و همکاران (۲۰۰۳)، Chen et al (2022),
۴	آلودگی هوا	تقوایی و سجادی (۱۳۹۴)، Allsop (2000)، Ki Manesh (2015),
۵	راحتی	Allsop (2000), Federal Transit Administration (2002), Wright (2004), Kordnaic AS) 2011
۶	کاهش استهلاک خودرو	Meakin (2004), Federal Transit Administration (2002), لوینسون و همکاران (۲۰۰۳)، Wei et al (2022)
۷	تنوع در حمل‌و نقل	تقوایی و سجادی(1394)، Kordnaic AS، Thomas (2001), Wright (2004) (2011
۸	مدیریت ترافیک	Harrington (2001), کردنائیچ ومختاری موغاری (۱۳۹۰)، Meakin (2004), Meirelles (2000), الهدادی و همکاران (۱۳۹۷)، Wei et al (2022), Chen et al (2022),
۹	اشتغال	Wright (2004), Thomas (2001), Meirelles (2000),
۱۰	هزینه	Allsop (2000), Federal Transit Administration (2002), Wei et al (2022)
۱۱	آلودگی صوتی	تقوایی و سجادی (۱۳۹۴)، Allsop (2000), Satiennam, Jaensirisak, Satiennam, & Detdamrong (2016), Ki Manesh (2015),
۱۲	کاهش احداث پارکینگ	تقوایی و سجادی (۱۳۹۴)، Ki Manesh (2015), Chen et al (2022),

مأخذ: یافته‌های پژوهش (۱۴۰۱)برگرفته از تقوایی و سجادی۱ (۱۳۹۴)، کردنائیچ ومختاری موغاری۲ (۱۳۹۰)، Wei et al (2022)، Chen et al (2022) و..

[1] Taghvaee and Sajadi

[2] Kordnaiej and Mokhtari



شکل ۱ نقشه‌ی موقعیت محدوده‌ی موردمطالعه

۴ روش تحقیق

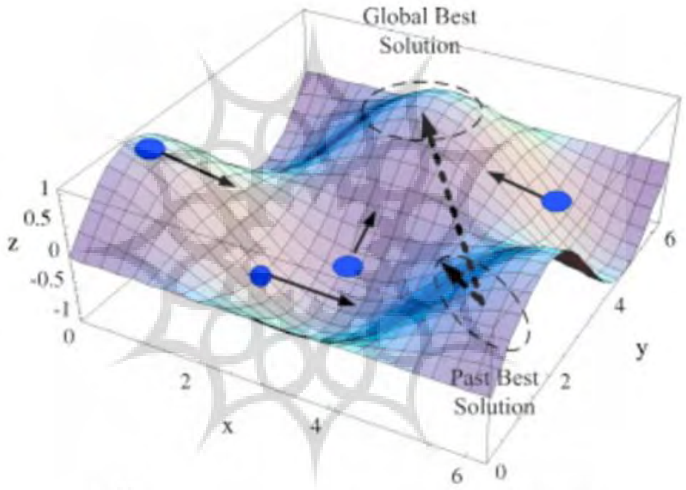
پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ ماهیت توصیفی- تحلیلی است که تدوین مبانی آن مبتنی بر روش کتابخآنهای است و داده‌های آن از روش میدانی و با پرسش سوالات از کارشناسان و متخصصان جمع‌آوری شده است. در این پژوهش ابتدا با دیدی سیستماتیک و ساختاری به مرور ادبیات نظری در حوزه‌ی حمل‌ونقل شهری، پرداخته شد. در این راستا ابتدا ابعاد مؤثر بر حمل‌ونقل درون‌شهری شیراز با استفاده از نظرات متخصصان شامل اساتید دانشگاه، کارشناسان مراکز پژوهشی و مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌ی مدیریت شهری از طریق روش دلفی شناسایی شد. روش دلفی ایجاب می‌کند که اطلاعات از خبرگان دریافت و سپس تحلیل شود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی شاخص‌ها و تعیین اولویت خطوط سامانه‌های حمل‌ونقل تندرو نیز از روش بهینه‌سازی ازدحام در نرم‌افزار متلب، استفاده شد.

برای دستیابی به اهداف تحقیق، اطلاعات و داده‌های موردنیاز از طریق روش دلفی از بیست نفر خبرگان و صاحب‌نظران حوزه‌ی مطالعات شهری و بانک داده‌های مکانی (برگرفته از معاونت حمل‌ونقل کلان‌شهر شیراز) نظرسنجی شد. برای انتخاب تیم دلفی از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. معیار انتخاب خبرگان، تسلط نظری، تجربه عملی و دسترسی بود. این شاخص‌ها باعث می‌شود در موضوعاتی چون صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، ایمنی، آلودگی هوا، راحتی، کاهش استهلاک خودرو، تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقل، مدیریت ترافیک، اشتغال، هزینه، آلودگی صوتی و کاهش احداث پارکینگ و ... مزیت ایجاد شود. در این پژوهش برای بررسی شاخص‌ها و نیز اولویت‌بندی خطوط سامانه‌های حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو، از روش بهینه‌سازی ازدحام استفاده شد. در این فرایند مناسب‌ترین مسیر سامانه‌های تندرو از طریق تحلیل آنالیز شبکه (Network Analys) در محیط

نرم‌افزار ArcGis و موقعیت بهینه‌ی ایستگاها و مکان‌یابی پایانه‌ها از طریق تحلیل فضایی (Analys Spatial) در محیط نرم‌افزار ArcGis انجام و ارائه شد.

۴،۱ روش بهینه‌سازی ازدحام

یکی از روش‌های مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام، روش الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام است که برای اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط ابرهارت و کندی[1] به‌عنوان یک روش جست‌وجوی غیرقطعی برای بهینه‌سازی تابعی مطرح شد. این الگوریتم از حرکت دسته‌جمعی پرندگانی که به دنبال غذا هستند، الهام گرفته شده است. گروهی از پرندگان در فضایی به‌صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد جست‌وجو وجود دارد. هر راه حل که به آن یک ذره گفته می‌شود. در این روشPSO معادل یک پرنده در الگوریتم حرکت جمعی پرندگان است. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می‌شود. هر چه ذره در فضای جست‌وجو به هدف (غذا در مدل حرکت پرندگان) نزدیکتر باشد، شایستگی بیشتری دارد. همچنین هر ذره دارای یک سرعت است که هدایت حرکت ذره را بر عهده دارد.



شکل ۲ روش بهینه‌سازی ازدحام

هر ذره با دنبال کردن ذرات بهینه در حالت فعلی، به حرکت خود در فضای مسأله ادامه می‌دهد. ذرات در آغاز کار به‌صورت تصادفی به وجود می‌آیند و با به روز کردن نسل‌ها سعی در یافتن راه‌حل بهینه می‌نمایند. در هر گام، هر ذره با استفاده از دو مقدار بهینه، به روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تاکنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است. موقعیت مذکور شناخته و نگهداری می‌شود که این بهترین مقدار نوستالژی آن ذره نیز گفته می‌شود که آن را با pbest نمایش می‌دهند. بهترین مقدار دیگری که توسط الگوریتم مورداستفاده قرار میگیرد، بهترین موقعیتی است که تا کنون توسط جمعیت ذرات به‌دست آمده است که آن را gbest می‌گوییم (رابطه ۱). این ویژگیهای روش بهینه‌سازی ازدحام همراه با به روز بودن و لینک شدن راحت آن با Gis و امکان انجام تحلیل‌ها در کمترین زمان ممکن جهت دستیابی به نتایج، باعث استفاده از این روش در این مقاله شد.

[1] Eberhart and Kennedy

رابطه۱:

$$ion(t) + c2 * rand(t) * (gbest(t) - position(t))$$

$$sition(t+1) = position(t) + v(t+1)$$

در مورد شرایط مرتبط با خطوط اتوبوس‌رانی شهر شیراز باید گفت که راه‌های زیر موجود است:

- تعداد تکرار معین
- رسیدن به یک شایستگی آستانه
- یک تعداد تکرار که شایستگی تغییر نکند.
- راه آخر بر اساس چگالی تجمیع اطراف نقطه‌ی بهینه است.

۵ یافته‌ها و بحث

۵،۱ ارائه‌ی الگوی مسیریابی بهینه‌ی خطوط اتوبوس‌رانی تندروی شهر شیراز با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام)

از طریق روش بهینه‌سازی ازدحام ، به ارائه‌ی الگوی مسیریابی بهینه‌ی خطوط اتوبوس‌رانی تندروی شهر شیراز ترتیب در چهار گام در زیر به بررسی آن پرداخته شد.

گام اول: فرموله سازی مسأله در الگوریتم

تعریف یک راه حل در قالب کروموزوم یکی از مراحل اصلی در بهینه‌سازی با استفاده از روش GA است. در این تحقیق، تعداد ژن در هر کروموزوم، بیانگر تعداد مراکز موردنیاز بوده و هر ژن مبین یک مرکز است.

تعداد خطوط مناسب برای سامانه‌ی اتوبوس تندروی موردنیاز بر اساس تحلیل عواملی مانند صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، ایمنی، آلودگی هوا، راحتی، :اهش استهلاک خودرو، تنوع در گزینههای حمل‌ونقل، مدیریت ترافیک، اشتغال، هزینه، آلودگی صوتی و کاهش احداث پارکینگ تعریف می‌شود. بنابراین یک کروموزوم به‌عنوان یک آرایه‌ی شش‌تایی متشکل از مراکز نامزد بدون هیچ تکراری تعریف شده است. برای تولید مسیر اولیه تعدادی از کروموزوم ها به‌صورت تصادفی تولید می-شوند. در موارد زیر، مراحل اصلی در طراحی الگوریتم GA توصیف می‌شود.

جدول ۲ طراحی الگوریتم GA

شاخص	ذره	بهترین تجربه	سطح معنی داری
صرفه جویی در هزینه	۳۳	۰/۱۴	۰/۰۰۰
کاهش زمان سفر	۷۶	۰/۴۵	۰/۰۰۰
ایمنی	۳۶	۰/۶۳	۰/۰۰۰
آلودگی هوا	۷۲	۰/۳۱	۰/۰۰۰
راحتی	۳۸	۰/۵۳	۰/۰۰۰
کاهش استهلاک خودرو	۶۳	۰/۵۲	۰/۰۰۰
تنوع در حمل‌و نقل	۸۶	۰/۰۸	۰/۰۰۰
مدیریت ترافیک	۳۹	۰/۴۳	۰/۰۰۰
اشتغال	۴۴	۰/۳۷	۰/۰۰۰
هزینه	۳۱	۰/۷۵	۰/۰۰۰
آلودگی صوتی	۷۳	۰/۳۵	۰/۰۰۰
کاهش احداث پارکینگ	۳۴	۰/۳۳	۰/۰۰۰

مأخذ:یافته‌های پژوهش ۱۴۰۱

گام دوم: جست‌وجوی بهترین مسیر از طریق واحدهای همسایگی

برای تعیین بهترین ذره در هر نسل و قبل از حرکت تمام ذرات، ابتدا جست‌وجوی همسایگی اجرا می‌شود. در این مقاله جست‌وجوی همسایگی به این معنا است که موقعیت مکانی یک مسیر که کمترین فاصله را با مسیرهای دیگر دارد، حذف شده و یک مسیر دیگر جایگزین آن شود و اگر تابع بهینگی بهتر شده باشد، جایگزین ذره‌ی نخبه خواهد شد. در اینجا برای مدل سازی این حرکت، از عملگر جهش الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

جدول ۳ طراحی الگوریتم GA

شاخص	تعداد اجرا	نرخ جهش	تابع بهینگی	سطح معنی داری
صرفه جویی در هزینه	۴۵	۰/۰۹	۲۴۳۲/۲۳	۰/۰۰۰
کاهش زمان سفر	۳۳	۰/۱۱	۲۵۴۳/۲۵	۰/۰۰۰
ایمنی	۳۸	۰/۱۳	۴۲۱۴/۱۲	۰/۰۰۰
آلودگی هوا	۱۲	۰/۱۰	۶۵۱۳/۵۴	۰/۰۰۰
راحتی	۳۴	۰/۰۹	۴۲۵۶/۶۴	۰/۰۰۰
کاهش استهلاک خودرو	۲۱	۰/۰۸	۲۱۶۷/۲۲	۰/۰۰۰
تنوع در حمل‌و نقل	۴۳	۰/۰۸	۴۵۱۷/۱۴	۰/۰۰۰
مدیریت ترافیک	۶۲	۰/۱۲	۷۳۴۱/۵۱	۰/۰۰۰
اشتغال	۱۲	۰/۱۲	۳۵۲۲/۹۳	۰/۰۰۰
هزینه	۴۴	۰/۱۵	۱۳۶۵/۲۱	۰/۰۰۰
آلودگی صوتی	۵۶	۰/۰۷	۴۳۱۹/۸۳	۰/۰۰۰
کاهش احداث پارکینگ	۱۹	۰/۰۹	۱۰۹۴/۳۵	۰/۰۰۰

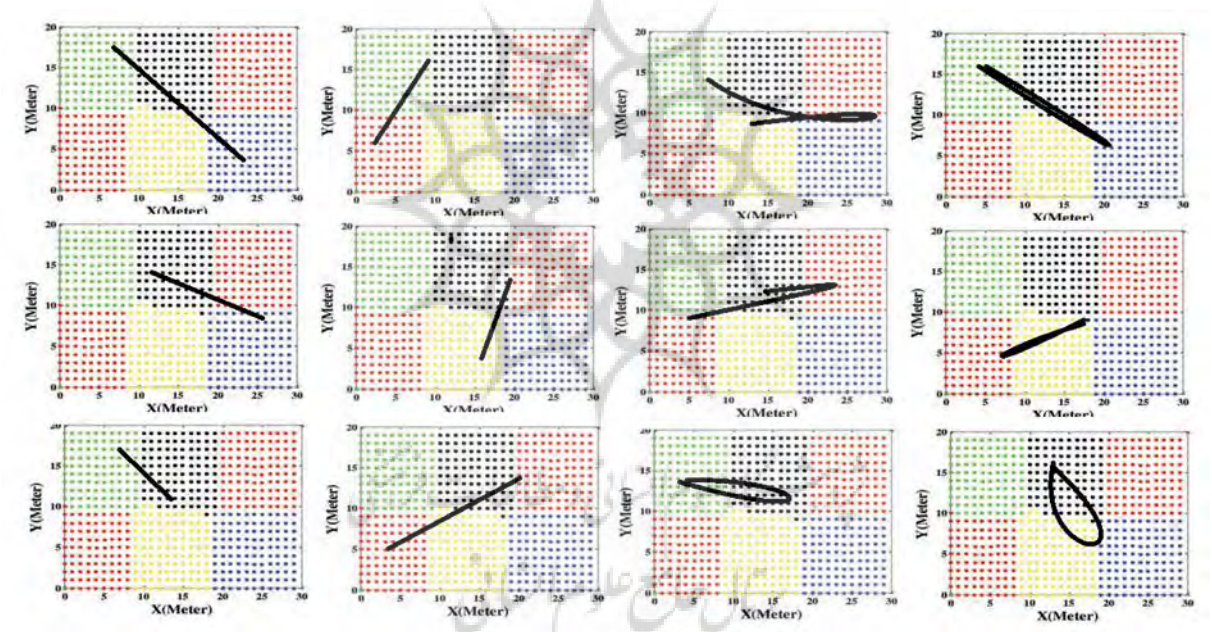
مأخذ:یافته‌های پژوهش ۱۴۰۱

مسأله مهم در هنگام استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترهای الگوریتم است. از آنجا که راه حل بهینه برای مجموعه داده‌های شبیه سازی شناخته شده است، بعد از نتایج حاصل از اجراها می‌توان با تغییر پارامترها در اجراهای مختلف، بهترین ترکیب پارامترها را به دست آورد و پارامترهای سه الگوریتم را کالیبره کرد. نتایج حاصل از اجرای GA در مجموعه داده‌های شبیه‌سازی با استفاده از پارامترهای مختلف ارائه شده است. برای پیدا کردن بهترین ارزش برای هر یک از پارامترها، پارامترهای دیگر را ثابت نگه داشته و الگوریتم با مقادیر مختلف پارامترها اجرا شده است. تغییرات در مقادیر سه پارامتر درصد نخبه‌گرایی، نرخ جهش و نرخ تقاطع تحت تأثیر زمان اجرا از الگوریتم ناست. بنابراین فاصله بلوک‌ها از مراکز به‌عنوان معیارهای اصلی برای اندازه گیری و کالیبراسیون پارامترهای الگوریتم ها در نظر گرفته شده است. درشکل ۳ نتایج پیاده سازی GA بر روی دادههای شبیه‌سازی مشخص شده است. به این صورت که پس از وارد کردن داده-ها و اطلاعات جداول ۲ ،۳، ۴ در محیط متلب، فرمول مربوطه (رابطه۱)، که در روش تحقیق به آن اشاره شد، را اجرا و پس از چیدن روابط درونی و بیرونی هر شاخص، کدنویسی‌ها را انجام داده و شکل ۳ به‌عنوان نتیجه شبیه‌سازی به دست آمد. لازم به ذکر است که جداول ۱، ۲ و ۳ نتایج حاصل از فرایند روش بهینه‌سازی ازدحام هستند.

جدول ۴ کالیبره کردن پارامترهای الگوریتم HPSO با روش سعی و خطا

شاخص	تعداد اجرا	درصد حرکت اینرسی	تعداد ژن از تجربه شخصی	زمان اجرا
صرفه جویی در هزینه	۹۸	۱۲	۲	۲/۱۱
کاهش زمان سفر	۸۷	۱۳	۲	۲/۳۴
ایمنی	۶۷	۱۴	۲	۲/۴۵
آلودگی هوا	۶۹	۱۲	۲	۲/۲۴
راحتی	۵۹	۱۳	۲	۲/۵۲
کاهش استهلاک خودرو	۶۰	۱۲	۲	۲/۶۴
تنوع در حمل‌و نقل	۵۹	۱۲	۲	۲/۲۵
مدیریت ترافیک	۸۳	۱۱	۲	۲/۲۲
اشتغال	۷۱	۱۲	۲	۲/۱۴
هزینه	۷۷	۱۲	۲	۲/۴۱
آلودگی صوتی	۷۸	۱۱	۲	۲/۶۴
کاهش احداث پارکینگ	۸۳	۱۱	۲	۲/۲۷

مأخذ:یافته‌های پژوهش ۱۴۰۱



شکل ۳ نتایج پیاده سازی GA بر روی دادههای شبیه سازی

گام سوم: پیاده‌سازی الگوریتم‌ها بر روی داده‌های واقعی

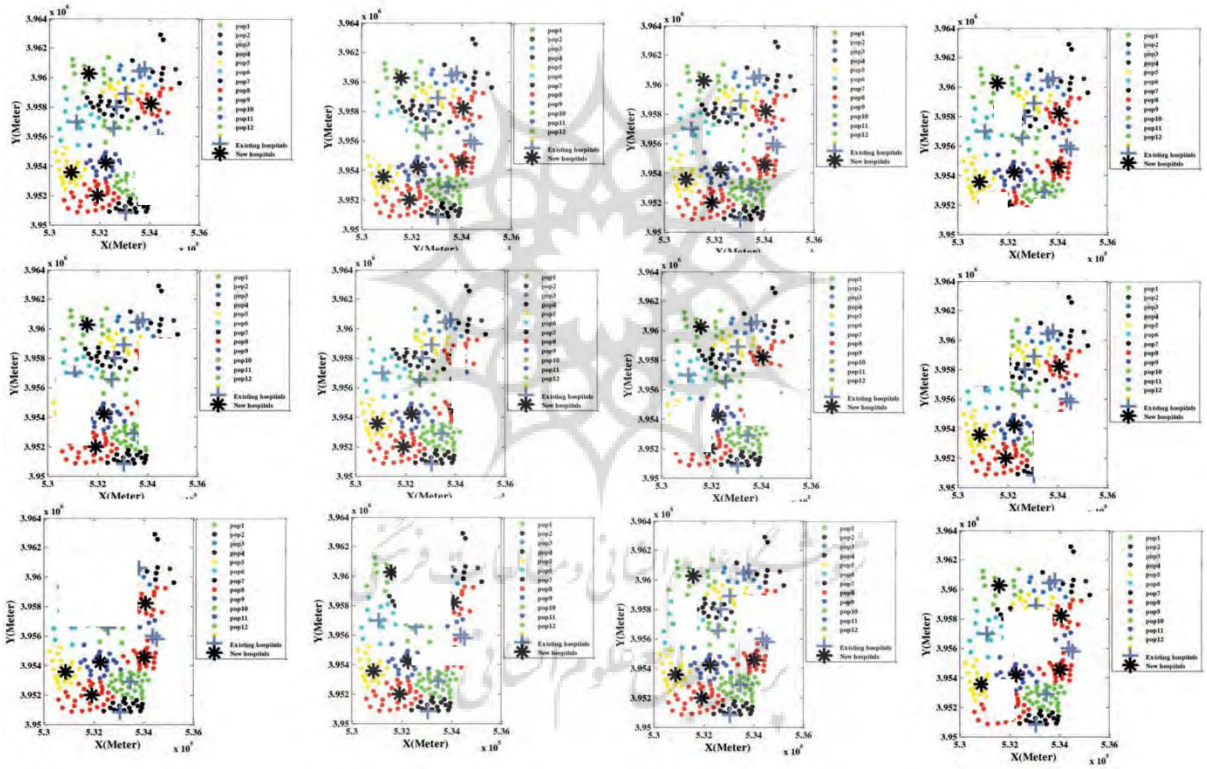
در این بخش ابتدا مهم‌ترین و پرترافیک‌ترین مسیرهای شهری شیراز در شکل۴ مشخص شده‌اند. داده‌های پرترافیک شیراز، از معاونت حمل‌ونقل کلان‌شهر شیراز که در آمارنامه‌های شهری و سایت شهرداری موجود است به‌دست آمد و شکل ۴ نتیجه‌ی شبیه‌سازی و انحراف استاندارد از شاخص-ها هست که می‌توانستند نتایج خوبی داشته باشند و یا دارند. به‌نوعی می‌توان گفت، این شکل نتیجه‌ی فرایند تحلیل بهینه‌سازی روش ازدحام است که حالت کلی همه‌ی شاخص‌ها (نه حالت شاخص به

شاخص) را نسبت به فاصله‌ی نرمال یا انحراف استاندارد نشان می‌دهد.

جدول ۵ مهم‌ترین و پرترافیک‌ترین مسیرهای شهر شیراز

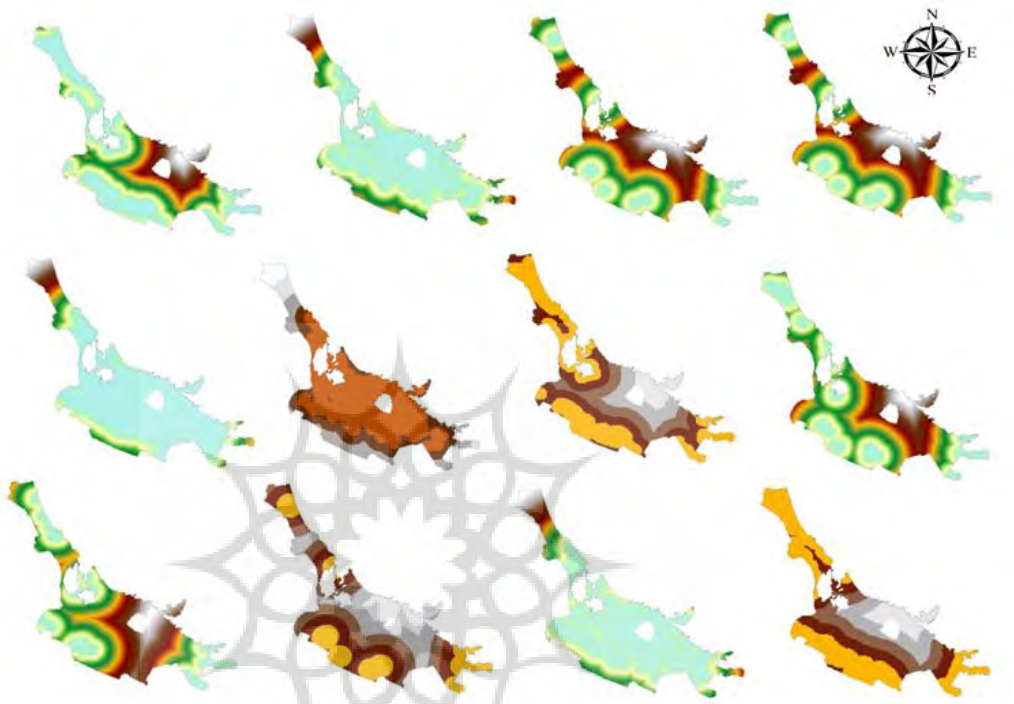
مسیر	توضیحات	ساعت اوج ترافیک
مسیر شماره ۱	بلوار کریم خان زند	۱۲ تا ۱۴- ۱۸ تا ۲۱
مسیر شماره ۲	چهار راه گمرک	14تا ۲۱
مسیر شماره ۳	بلوار استقلال	۱۶ تا ۲۳
مسیر شماره ۴	قصرالدشت	۱۴ تا ۱۶- ۲۰ تا۲۱
مسیر شماره ۵	خیابان ملاصدرا	۱۲ تا ۱۶- ۲۰ تا۲۱
مسیر شماره ۶	چهارراه پارامونت	۱۲ تا ۱۶- ۱۸ تا۲۱

مأخذ:یافته‌های پژوهش ۱۴۰۱



شکل ۴ مهم‌ترین و پرترافیک‌ترین مسیرهای شهر شیراز

در ادامه‌ی مرحله با توجه به پایگاه داده‌های مکانی مربوط به شهر شیراز و با توجه به ۱۲ شاخص شناسایی شده در زمینه‌ی صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، ایمنی، آلودگی هوا، راحتی، کاهش استهلاک خودرو، تنوع در حمل‌و نقل، مدیریت ترافیک، اشتغال، هزینه، و آلودگی صوتی و کاهش احداث پارکینگ وضعیت هر شاخص مشخص شد (شکل۵)



شکل ۵. وضعیت شاخصهای موردمطالعه از نظر مسیریابی

گام چهارم: انتخاب مناسب‌ترین مسیر سامانه‌های تندرو از تحلیل آنالیز شبکه

در این بخش ابتدا ویژگی‌های مسیرهای موردتأیید برای سامانه‌های تندرو آورده شده و سپس مناسب‌ترین مسیرها با توجه به این استانداردها و همچنین میزان ترافیک و مقصد سفر از طریق توابع عملکری تحلیل شبکه Network Analys در محیط نرم‌افزار ArcGis مشخص شد. (شکل۶) ویژگی‌های مسیر-های سامانه‌ی اتوبوس‌رانی تندرو: در حالت کلی محل بهینه‌ی ایستگاه‌های تندرو از روش‌های برنامه-ریزی حمل‌ونقل که اغلب با مدل‌سازی ترافیکی همراه است مشخص می‌گردد که در حالت کلی سه دسته را شامل می‌شود: الف: فاصله از مناطق شهری که به‌ترتیب برای مناطق تجاری، مناطق شهری و مناطق حومه‌ای که در جدول ۵ این فاصله‌ی توصیه‌شده، جهت پیاده‌رو ذکر شده است ب: ویژگی‌های ایستگاه‌های خیابانی: در این بین هر مسیر یا ایستگاه خیابانی باید ویژگی‌های دیگری نیز داشته باشد که می‌توان به شناسایی کاربری‌های تولیدکننده سفر، اولویت‌های مهم در بین کاربری‌ها، کوتاه‌ترین طول پیاده رو و ایمن‌ترین مسیر را نام برد که نمونه‌ی آن در (شکل۶) دیده می‌شود. ج: الگوی جانمایی هندسی: در این بین نحوه‌ی قرارگیری ایستگاه‌ها و نوع مسیر سامانه‌ی تندرو مشخص شد (جدول۶ شکل۵) که در جدول ۶ الگوهای جابه‌جایی هندسی مسیر سامانه‌ی تندرو و ویژگی‌های آن به تفصیل موردبررسی قرار گرفته است.

جدول ۶ فاصله توصیه شده برای مسیر

منطقه	فاصله توصیه شده برای پیاده رو
مناطق تجاری	۱۵۰-۲۴۰
مناطق شهری	۲۱۰-۳۰۰
مناطق حومه‌ای کم تراکم	۳۰-۴۵۰

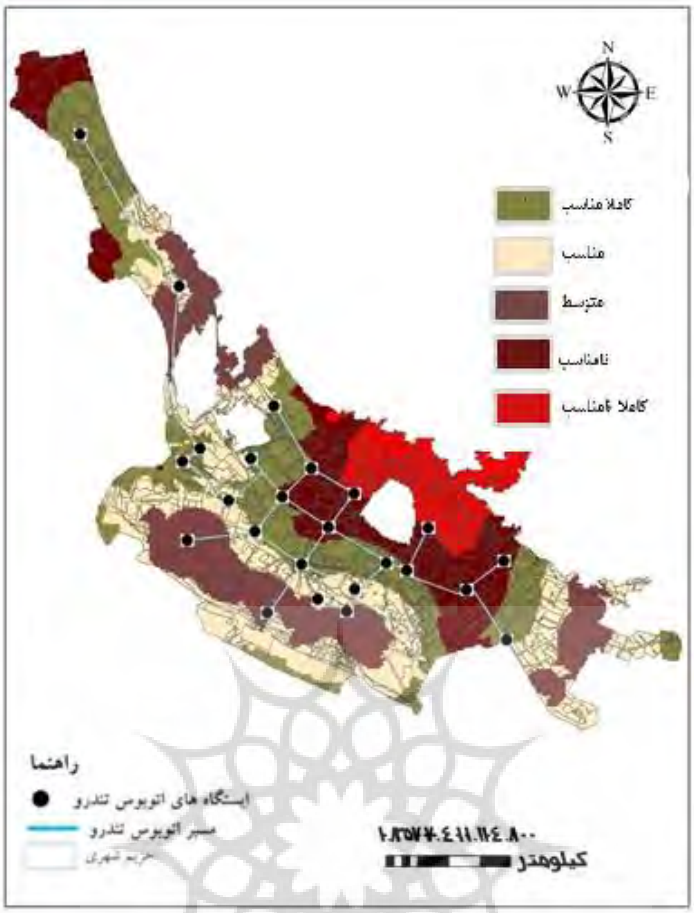
ماخذ: قریب،۱۳۸۳: ۵۵

جدول ۷ الگوی جانمایی هندسی مسیر سامانه تندرو ویژگی‌های آن

الگو	توضیحات
در نظر گرفتن شرایط محیطی و عوامل متفاوت در زمینه‌های ایمنی و عملکرد ترافیکی	حفاظت از مسافرین در برابر ترافیک عبوری، دسترسی برای افراد معلول، نزدیکی به معابر عبور عرضی عابران پیاده، نزدیکی به نقاط اصلی ایجاد کننده سفر، مجاورت با ایستگاه جهت مخالف در همان مسیر
در نظر گرفتن شرایط عملکردی جانمایی ایستگاه‌های اتوبوس	طول کافی کناره ایستگاه برای تمام اتوبوسهایی که انتظار می‌رود در یک زمان در محل ایستگاه توقف کنند، تأثیر ایستگاه بر خصوصیات ترافیکی معبر، نحوه پارک خودروهای سواری و بار اندازی و بارگیری کامیون ها، الگوی حرکتی اتوبوس، حجم و میزان گردشهای جریان ترافیک، میزان حضور و عبور عابران پیاده در تقاطع ها، مجاورت با مسیرهای ورود و خروج اختصاصی

در ادامه بر اساس استانداردهای موجود و باتوجه به ویژگی‌های یاد شده بهترین مسیرهای سامانه‌ی تندرو در این شهر با استفاده از تحلیل آنالیز شبکه به تفکیک هر مسیر مشخص شد (شکل۵).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۶ وضعیت نهایی مسیریابی ایستگاهای اتوبوس تندور

همانطور که مشاهده می‌شود؛ ارزش رستری نهایی جهت مسیریابی سامانه‌های اتوبوس تندرو در شکل ۶ آورده شده است، در این نقشه ارزش مسیریابی از مناطق کاملاً مناسب تا وضعیت کاملاً نامناسب در ۵ طیف تقسیم‌بندی شده است که با انطباق نقشه مسیرهای مناسب اتوبوس‌رانی در سامانه تندرو می‌توان مناسب‌ترین مکآنها را مشخص کرد.

۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تحقیقاتی که تاکنون بر روی ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوس‌رانی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته‌اند (همچون ملاشاهی (۱۳۹۶)، شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۸۹)، Ayadi و Hammami (۲۰۱۵)، Yashiro و Kato (۲۰۱۹) و دیگران)، همگی با بررسی شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر در ارزیابی عملکرد سامانه‌ی اتوبوس‌های تندرو (BRT)، کارآمدی و عملکرد خطوط اتوبوس‌رانی را موردتأکید و تأیید قرار داده‌اند. پژوهش حاضر به‌لحاظ نتایج هم‌سو با تحقیقات گذشته بود و با ارائه‌ی مسیر مناسب جهت جانمایی سامانه‌های اتوبوس تندرو، ۲۴ مسیر بهینه را با توجه به استانداردهای موجود مشخص کرد.

با افزایش شهرنشینی و در نتیجه بالا رفتن ارزش زمین‌ها در مناطق مرکزی شهرها، اختصاص سطوح کمتری به تسهیلات حمل‌ونقل عمومی‌امکان پذیر شده و از این رو ضرورت اتخاذ راهکارهایی جدید جهت انتخاب مسیرهای بهینه و شبکه‌های شهری کم ترافیک و ترابری شهری بیش از پیش آشکار شده

است. لذا باید اذعان داشت، بهبود هم‌زمان کارآیی اقتصادی و عملکرد توسعه‌ی حمل‌ونقل همگانی به‌عنوان یکی از شیوه‌های کاهش عوارض منفی حمل‌ونقل در شهرها موردتوجه اکثر کشورها (چه پیشرفته و چه در حال توسعه) است و هرچه سهم حمل‌ونقل عمومی و همگانی در جذب سفرهای شهروندان بالاتر باشد، منافع اقتصادی و زیست محیطی بیشتری عاید شهر می‌گردد. سیستم اتوبوس‌رانی شهری به‌عنوان معمول‌ترین و جا افتاده-ترین سیستم حمل‌ونقل همگانی در شهرها این ویژگی و مزیت را دارد که در عین ارزان بودن و سهولت در اجرا، توان جابه‌جایی حجم قابل توجهی از شهروندان در اکثر نقاط و معابر شهری را دارد. بی‌شک طراحی مناسب شبکه‌ی اتوبوس‌رانی (مسیرها، موقعیت ایستگاه‌ها، پایانه‌ها و تعداد ناوگان) کمک شایانی به افزایش مطلوبیت این سیستم نموده و سبب افزایش سهم اتوبوس در سفرهای شهروندان می‌شود. با توجه به این ضرورت و به‌منظور افزایش مطلوبیت استفاده از حمل‌ونقل شهری همگانی در این مقاله مسیرهای بهینه‌ی اتوبوس‌های تندروی شهر شیراز با استفاده از نرم-افزار (ArcGis) موردبررسی قرار گرفت که نتیجه‌ی آن به‌صورت نقشه‌ی مسیر بهینه‌ی استقرار اتوبوس تندرو در شهر شیراز(شکل ۶) مشخص شد. مسیرهای مشخص‌شده با توجه به بار ترافیک موجود در معابر داری خط اتوبوس‌رانی شهر شیراز تعیین شد. پرترافیک‌ترین مسیرها و مهم‌ترین مراکز هدف و مقصد سفر درشهر شیراز دو مسیر الف)حدفاصل بلوار کریم خان زند تا چهار راه گمرک و ب)ورودی پنجم (بلوار استقلال) تا خیابان خیابان ملاصدرا است.

بررسی مسیر مناسب جهت جانمایی سامانه‌های اتوبوس تندرو در شهر شیراز نیز نشان داد که مرکزیت مسیر منطبق بر عدم‌ورود شبکه به بافت فرسوده شهر شیراز در مرکز شهر است. این محدوده پرترافیک‌ترین نقطه‌ی شهر است و یک محور انتهایی را سراسر بافت شهر برای دسترسی هرچه بیشتر ساکنان فراهم آورده که با گره‌هایی مسیرهایی از آن جدا می‌شود. در این خصوص می‌توان ۲۴ مسیر بهینه برای ایستگاه اتوبوس تندرو با توجه به استانداردهای موجود، مقصد سفر در سطح این شهر پیشنهاد نمود که مسافران نیز با جابه‌جایی هر مسیر، مقصدهای نهایی خود را مشخص می‌نمایند.

منابع

Asadollahi, R., Hassanpour, Sh., Ramtin Bagher, S., (2011), Investigating the role of bicycles in the planning of urban transportation systems and providing solutions to increase the convenience of cycling, Doi:

https://civilica.com/doc/159875.[In Persian].

Amanpour,S., Daripour,N., Abiat,H., (2016), The effect of social security on the satisfaction of the citizens of Ahvaz (Case study: Region 6), Doi: https://civilica.com/doc/505442.[In Persian].

Amanpour,S., Razmgir,F., Bagh Daman, S.,Hosseini Siahgoli, M., (2014), Comparative analysis of urban services distribution in Ahvaz city using FAHP hierarchical analysis, Journal of Zagros Landscape Geographical Quarterly, Volume 6, Number 20 ; pages 137 - 159 .[In Persian].

Ahmadi, S., Heidari, A., Mirfardi, A., Mardani, Z., (2013), Sociological analysis of the relationship between bicycle attitude and its use in short city trips, Journal of Applied Sociology ,Vol 24,No1, (49 consecutive), Pp 123-136. [In Persian].

Allahdadi, M., Shamaei, A., asanpour, F., (2019), Assessment Of Public Transportation And Brt Lines Of Esfahan Metropolis In Accordance With Brt Standard 2016,

Journal: MOTALEATE SHAHRI winter 2020 , Volume 9 , Number 33 ; Page (s) 3 To 14. [In Persian].

Azadeh, S.R., Alavizadeh Shalkuhi, F.,(2020),Assessing the quality of services in the high-speed bus system from the perspective of citizens, a case study: Rasht metropolis,Journal of Applied Research in Geographical Sciences (Geographical Sciences),Volume 20 , Number 57,Pages 67-90. [In Persian].

Ayadi, A., Hammami, S., (2015), An analysis of the performance of public bus transport in Tunisian cities, , Journal of Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 75, May 2015, Pages 51-60.Doi:

https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.009.

Chen,H., Zhou, R., Chen, H., Lau,A., (2022), Static and dynamic resilience assessment for sustainable urban transportation systems: A case study of Xi 'an, China, Journal of Cleaner Production, Volume 368, 25 September 2022, 133237, Dio: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133237.

Chong,L., Osorio, C., (2017), A Simulation-Based Optimization Algorithm for Dynamic Large-Scale Urban Transportation Problems, Journal of Transportation Science,Volume 52,Issue 3,Pages 497-737, Doi: https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0717

Drennan,M.P., Bhatta, S. D., (2003), The Economic Benefits of Public Investment in Transportation: A Review of Recent Literature,Journal of Planning Education and Research, Volume: 22,issue 3,Pages 288-296, Doi: https://doi.org/10.1177/0739456X02250317.

Ebrahimzadeh,I., Baharloo, A., (2012), An analysis of the functioning of the bus system and its role in urban transportation, Journal of Geographical research, Volume 27, Number 3,Pp 87-110.

Gössling, S., (2016), Urban transport justice, Journal of Transport Geography, Volume 54, Pages1-9., Doi:

https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.002.

Hood,j; Elizabeth sall; billy Charlton (2011). a gps-based bicycle route choice model for San Francisco; California; transportation letters: the international, journal of transportation reserch,63-75.

Hosseini, M., Yari Nik,A., Sadeghi Dezfuli, A., (2013), A study of the experiences of the countries of the world in the development of cycling in the urban network,Doi: https://civilica.com/doc/259615/[In Persian].

Jahanshahloo,L., Amini, E., (2006), Urban planning and its role in achieving sustainable urban transportation, Doi: https://civilica.com/doc/12990/.[In Persian].

Kordnaiej, A., Mokhtari, A., (2011), Implementation, Improvement And Development Of Brt For Decreasing Of Traffics In Huge Cities, Journal of TRAFFIC MANAGEMENT STUDIES SPRING 2011 , Volume 6 , Number 20; Page (s) 59 To 82.

Kennedy,J., Eberhart,R.,(1995), Particle swarm optimization, Publisher: IEEE

Maleki, S., Amanpoor, S., Zadvali Khajeh, Sh., (2017), Organization of space and spreading of informal settlement in Tabriz metropolitan, Journal of Urban Planning Geographical Research , Vol 5, No 1, Pp 87-104. Doi: 10.22059/JURBANGEO.2017.63065 .[In Persian].

Mamdouhi,A.R., Amini, W.,(2014) A quantitative analysis of the effect of gender on the tendency to travel by bicycle, Journal

of Transportation Research Journal, Volume 11 , Number 2,Pp193-206.

Mukhtari Malikabadi, R., (2011), Geographical analysis on the role of bicycles in the sustainable transportation system of Isfahan, Journal of Regional Urban Studies and Research, Vol 3, No 9, Pp 101-122. [In Persian].

Mollashahi, H.F., Bazrafshan Moghaddam, B., Mohtashami, T., (2017), Evaluation of effective quantitative and qualitative indicators in evaluating the performance of high-speed bus (BRT) system with sustainable development approach Case study: Mashhad metropolis, Journal of Urban Studies, Volume 6 Summer 2017 No 23,Pages 87-97. . [In Persian].

Naderan, A., Choupani, A.A., (2011), Urban Transportation Management Book, Publishers: Organization of Municipalities of the country , Rahdan, pages 160. [In Persian].

Parida,M., Bivina, G.R., Gupta, A., (2022), Does neighborhood design matter for walk access to metro stations? An integrated SEM-Hybrid discrete mode choice approach, Journal of Transport Policy, Volume 121, June 2022, Pages 61-77.Doi: https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.03.010

Qazaei, M., Farahmandi, I., Attarzadeh, H., (2018),E valuating the performance of bus lines using a triple combination of data envelopment analysis models, entropy and TOPSIS, Journal of Utopia architecture and urban planning, Number 23, Pp307-318.

Qaederhamati, S., Khadem Al-Husseini, A., Qashqaeinejad, R., (2010), Investigating the solution to reduce the volume of urban traffic by creating special cycling routes Case study: Historical context of Shiraz,Journal of Environmental planning of Malayer Azad University, No 8,Pp1-19. [In Persian].

Russo, A., Adler,M.W, Ommeren, J.N., (2022), Dedicated bus lanes, bus speed and traffic congestion in Rome, Jornal of Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol 160, Pages 298-310. Doi: https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.04.001.

Rojas-Rueda, D., Nazelle, A. de., Teixidó, O., Nieuwenhuijsen, M.J., (2012), Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study, Jornal of Environment International, Volume 49, Pages100-109. Doi: https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.009

Soltani, A., Shariati, S., (2013), Investigating the incentives and deterrents of using bicycles in intra-city transportation (Case study of Isfahan), Journal of Iranian Architecture and Plaanning, Volume 4, No 5,Pp 63-73. [In Persian].

Sheikh Al-Islami, A., Sajjadian, M., (2010),E valuating the prevailing attitude in relation to air pollution control caused by urban transportation and traffic in the first city of Iran, Journal of Zagros Landscape Geographical Quarterly, Volume 2 , Number 6, Pages 129-150. [In Persian].

Santos,G., Behrendt, H.,and Teytelboym, A., (2010),Policy instruments for sustainable road transport, Journal of Research in Transportation Economics, Volume 28, Issue 1, 2010, Pages 46-91.

Statistics and information of shiraz Municipality-1395. [In Persian].

Taghvaei,M., Fathi, E., (2011)., Criteria for location and design of cycling routes (with emphasis on the city of Isfahan), Journal of Applied Sociology (Journal

of Humanities Research, University of Isfahan), Volume 22 , Number 3 (43 consecutive), Pages 135-152.[In Persian].

Taghvaee, M., Sajadi, M., (2015), Evaluation and analysis of sustainable urban transport Indicators,Sustainable architecture and urbanism, Volume 4, Number 1, , September 2015, Page 1-18.

Wei, X., Shen, L., Li, J., Du,X., (2022), An alternative method for assessing urban transportation carrying capacity, Ecological Indicators, Volume 142, September 2022, 109299, Dio: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109299.

Wright,J., (2004), One-sided Logic in Two-sided Markets, journal of Review of Network Economics, 3(1), Dio: https://doi.org/10.2202/1446-9022.1042.

Yashiro,R., Kato, H., (2019), Success factors in the introduction of an intermodal passenger transportation system connecting high-speed rail with intercity bus services, Journal of Case Studies on Transport Policy, Vol 7, Issue 4, Pages 708-717. Doi: https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.10.001.

Zhu, W., (2022), A spatial decision-making model of smart transportation and urban planning based on coupling principle and Internet of Things, Journal of Computers and Electrical Engineering, Volume 102, September 2022, 108222, Dio:

https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108222.

Yedavalli, ASWANTH, S., (2008),Decision Support System for Bus Rapid Transit, [Master's thesis, University of Cincinnati]., Pages177.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی