Journal of Sustainable City, 9 (1), 2026

Journal of Sustainable City

Online ISSN: 2476-6151

Journal Homepage: www.jscity.ir

# Investigation of Innovative Solutions to Enhance the Efficiency of Bicycle-Oriented Infrastructure: A case study of Sahad Smart Bicycle Sharing System in Urmia City

Mehdi Moqaddasi [1], Farshid Aram [2]

1. *Department of Urban Design, Faculty of Architecture and Urbanism, University of Art, Tehran, Iran*
**Email:** mhdimghddsi@gmail.com
2. (Corresponding Author) *Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran*
**Email:** f.aram@urmia.ac.ir

**ARTICLEINFO**

**Article type:**
Research Paper

**Article History:**
Received:
27 December 2025
Received in revised form:
5 March 2026
Accepted:
29 March 2026
Available online:
11 May 2026

**Keywords:**
*Smart city,*
*Bicycle-sharing systems,*
*TOD,*
*Sustainable Transportation.*

**ABSTRACT**

The rapid growth of private automobile use in the city of Urmia has generated a range of urban challenges, including deteriorating air quality, rising fossil fuel consumption, and a decline in social interaction within public spaces. One widely acknowledged strategy for mitigating these challenges is the expansion of non-motorized transportation systems, particularly urban cycling. This study aims to examine the factors influencing the operational efficiency of the SAHAD project (an intelligent bicycle-sharing system) and to propose evidence-based strategies for enhancing its performance. In the first phase of the analysis, differences in the perceived importance of cycling facilities between women and men, as well as the relationship between accident-related concerns and the frequency of bicycle commuting, were examined using statistical tests in SPSS. In the second phase, spatial configuration indicators of the project area were assessed using DepthmapX software to identify urban corridors with the highest potential for the development of cycling infrastructure. The findings indicate no statistically significant gender differences in the perceived importance of cycling facilities; however, women demonstrate greater sensitivity to route quality and safety. Moreover, a negative association was identified between accident-related concerns and bicycle use, whereby higher levels of perceived risk correspond to a reduced propensity for cycling. Spatial configuration analysis further reveals that several urban corridors, most notably Kashani, Shahid Beheshti, and Shahid Soleimani, exhibit strong potential for the expansion of cycling routes. Accordingly, three additional corridors were incorporated into the project's operational area to enhance the spatial continuity of the bicycle-sharing network. Overall, the findings offer practical insights for optimizing cycling-oriented infrastructure and improving the effectiveness of bicycle-sharing initiatives in cities with comparable urban and socio-spatial characteristics.

Citation: Moqaddasi, M., & Aram, F. (2026). Investigation of Innovative Solutions to Enhance the Efficiency of Bicycle-Oriented Infrastructure: A case study of Sahad Smart Bicycle Sharing System in Urmia City. *Journal of Sustainable City,* 9(1), 53-70.
http://doi.org/10.22034/jsc.2026.485746.1813

© The Author(s)

**Publisher:** Iranian Geography and Urban Planning Association.

## Extended Abstract

### Introduction

The rapid pace of urbanization over recent decades has generated substantial development opportunities while simultaneously imposing significant social, economic, and environmental pressures on cities. Patterns of dispersed urban development have intensified dependence on private automobiles, resulting in traffic congestion, longer daily travel times, inefficient land use, the conversion of agricultural land and green spaces, and increased emissions of air pollutants. Under these conditions, transit-oriented development (TOD) has emerged as one of the most widely endorsed and sustainable approaches for addressing contemporary urban transportation challenges. A core pillar of this approach is the promotion of sustainable modes of mobility, particularly walking and cycling.

Cycling, as an efficient alternative to private automobiles for short-distance urban trips, has long been institutionalized in many developed countries, where it plays a critical role in reducing environmental pollution, improving public health, and enhancing overall urban quality of life. Within this context, the Urmia Traffic and Transportation Organization launched the Intelligent Bicycle-Sharing System (SAHAD) in July 2016, guided by a vision of creating a green and clean city supported by modern technologies. The project was designed to reduce traffic congestion, improve environmental conditions, and promote public health; however, after several years of implementation, a substantial share of its anticipated objectives remains unrealized, and the system has yet to achieve an optimal level of operational efficiency.

### Methodology

The methodological framework of this study comprises two main components: social data analysis and spatial configuration analysis of the urban street network. In the first phase, a structured questionnaire was administered to residents of Urmia to assess the perceived importance of cycling facilities, gender-based perceptions, and the relationship between accident-related concerns and the level of bicycle use. Following questionnaire design, its internal consistency was evaluated using Cronbach's alpha, and the collected data were analyzed using appropriate statistical tests in SPSS.

The statistical population corresponded to the total population of Urmia, and, considering the constraints of the study, the sample size was determined as 384 respondents using Cochran's formula. In addition, 20 experts in urban planning and traffic engineering were purposively selected and surveyed through a separate questionnaire to complement the general survey data.

In the second phase, to identify streets with the potential for cycling route development, the urban street network was first digitized in AutoCAD and subsequently transferred to DepthmapX for spatial configuration analysis. Key spatial indicators, including depth, connectivity, integration, and choice, were evaluated as primary measures of movement potential and accessibility to determine the suitability of urban corridors for the implementation of dedicated cycling infrastructure.

### Result and Discussion

The initial analysis of the public survey data indicates that women constituted the majority of respondents (53.1%), while individuals aged 19–30 years represented the dominant age group, accounting for 72.6% of the sample. Analysis of accessibility-related subcomponents revealed that access to everyday land uses, such as residential areas, schools, retail facilities, and workplaces, was rated as the most important factor (82%), whereas the role of cycling routes in connecting different parts of the city received the lowest importance rating (36.4%). This finding suggests that users prioritize practical functionality and direct access in their daily activities over the broader network connectivity of cycling routes.

Within the urban design and streetscape component, route maintenance quality was rated as the most important factor (76%), whereas the visual attractiveness of surrounding landscapes received the lowest importance score. This indicates that, for

users in Urmia, the physical condition of cycling routes outweighs aesthetic considerations. Similarly, within the safety and security dimension, adequate route lighting emerged as the most important subcomponent (82.2%), while the presence of traffic-calming measures was assigned the lowest priority. Collectively, these findings indicate that users, particularly women, regard the physical quality and safety of cycling routes as the primary determinants of their willingness to engage in cycling.

Pearson correlation analysis revealed a statistically significant negative relationship between accident-related concerns and the level of bicycle use ($r = -0.297$, Sig = 0.021), indicating that heightened perceptions of traffic-related insecurity constitute one of the most substantial barriers to the wider adoption of cycling in Urmia. By contrast, statistical tests comparing women and men in terms of the importance attributed to cycling facilities revealed no significant difference between the two groups (Sig = 0.244). Nevertheless, mean scores suggest that women exhibit greater sensitivity to route quality and safety.

According to expert assessments, infrastructural deficiencies were identified as the most influential factor limiting public uptake of the project (60%), whereas economic constraints faced by responsible institutions were considered the least influential (20%). These findings underscore weaknesses in the physical infrastructure and the lack of network continuity as the primary drivers of the project's limited effectiveness. Experts further identified the Shahrchai and Shahid Beheshti corridors as the most suitable candidates for the development of dedicated cycling routes. This assessment is consistent with the study's spatial analyses, which indicate that these corridors exhibit high levels of integration, connectivity, and choice, highlighting their strong potential for transformation into standard cycling corridors.

## Conclusion

This study was conducted to identify the underlying reasons for the limited success of the SAHAD project and to examine both public expectations and expert-defined requirements. The findings indicate that infrastructural deficiencies, insufficient coordination among responsible institutions, and limited consideration of user needs constitute the primary factors contributing to the project's underperformance. Drawing on the statistical and spatial analyses, a set of practical strategies was proposed to enhance system efficiency, with particular emphasis on improving route quality, strengthening safety conditions, establishing a continuous and well-connected network, and incorporating gender-sensitive considerations.

Although these strategies were formulated in response to the specific urban context of Urmia, they also demonstrate applicability to cities with comparable socio-spatial characteristics. To improve project performance, measures such as the implementation of standard cycling infrastructure, enhanced lighting and surveillance, traffic calming along high-volume corridors, public education and awareness-raising initiatives, improved inter-institutional coordination, and continuous performance monitoring are recommended. The implementation of these measures has the potential to increase public uptake, particularly among women and children, and to strengthen the role of cycling within the urban transportation system.

Overall, the systematic development of bicycle-sharing systems can contribute not only to reductions in traffic congestion and environmental pollution but also to the realization of sustainable and smart cities. In this regard, the present study offers valuable guidance for the planning and implementation of similar initiatives in other urban contexts.

## Funding

There is no funding support.

## Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of

the work declaration of competing interest none.

## Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

## Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

مجلـــه شـــهر پایـــدار
شاپا الکترونیکی: 2476-6151
Journal Homepage: www.jscity.ir

# بررسی راهکارهای نوین در جهت افزایش بهره‌وری زیرساخت‌های سیستم دوچرخه محور مطالعه موردی: سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه (سهاد) شهر ارومیه

مهدی مقدسی [۱]، فرشید آرام [۲]

۱- گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران. رایانامه: mhdimghddsi@gmail.com
۲- نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: f.aram@urmia.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:**
۱۴۰۴/۱۰/۰۶
**تاریخ بازنگری:**
۱۴۰۴/۱۲/۱۴
**تاریخ پذیرش:**
۱۴۰۵/۰۱/۰۹
**تاریخ چاپ:**
۱۴۰۵/۰۲/۲۱

**واژگان کلیدی:**
*شهر هوشمند، سیستم اشتراک دوچرخه، توسعه حمل‌ونقل محور، حمل‌ونقل پایدار.*

**چکیده**

افزایش روزافزون خودروهای شخصی در شهر ارومیه موجب بروز مشکلاتی همچون آلودگی هوا، افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش تعاملات اجتماعی شده است. یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش این معضلات، توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل غیر موتوری مانند دوچرخه‌سواری شهری است. پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری پروژه سهاد (سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه) و ارائه راهکارهای بهبود عملکرد آن انجام‌شده است. در بخش نخست، میزان اهمیت امکانات دوچرخه‌سواری بین زنان و مردان و رابطه «نگرانی از تصادف» با «میزان استفاده از دوچرخه برای رفت‌وآمد» با بهره‌گیری از آزمون‌های آماری در SPSS تحلیل شد. در بخش دوم، شاخص‌های چیدمان فضایی محدوده پروژه با استفاده از نرم‌افزار DepthmapX ارزیابی گردید تا ظرفیت محورهای شهری برای توسعه مسیرهای دوچرخه‌سواری شناسایی شود. نتایج نشان داد که اهمیت امکانات دوچرخه‌سواری میان زنان و مردان تفاوت معناداری ندارد؛ بااین‌حال، زنان حساسیت بیشتری نسبت به کیفیت و ایمنی مسیرها دارند. همچنین بین نگرانی از تصادف و میزان استفاده از دوچرخه رابطه منفی مشاهده شد؛ به‌گونه‌ای که افزایش نگرانی از تصادف موجب کاهش تمایل به استفاده از دوچرخه می‌شود. افزون بر این، تحلیل چیدمان فضایی بیانگر آن است که برخی محورها از جمله کاشانی، شهید بهشتی و شهید سلیمانی پتانسیل مناسبی برای توسعه مسیرهای دوچرخه دارند. بر این اساس، سه محور جدید به محدوده اجرایی پروژه افزوده شد تا پیوستگی شبکه اشتراک دوچرخه ارتقا یابد. یافته‌های پژوهش می‌توانند در بهینه‌سازی زیرساخت‌های دوچرخه محور و ارتقای کارایی پروژه‌های اشتراک دوچرخه در شهرهای مشابه مؤثر باشند.

**استناد:** مقدسی، مهدی و آرام، فرشید. (۱۴۰۵). بررسی راهکارهای نوین در جهت افزایش بهره‌وری زیرساخت‌های سیستم دوچرخه محور مطالعه موردی: سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه (سهاد) شهر ارومیه. *مجله شهر پایدار*، ۹ (۱)، ۷۰-۵۳.
http://doi.org/10.22034/jsc.2026.485746.1813

© نویسندگان
**ناشر:** انجمن جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ایران

**مقدمه**

گسترش سریع شهرنشینی پتانسیل رشد بسیار زیادی را برای شهرها به ارمغان آورده است، اما همچنین منجر به هزینه‌های اجتماعی–اقتصادی و زیست‌محیطی قابل‌توجهی شده است که نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت. گسترش پراکنده شهری منجر به مجموعه‌ای از مسائل نظیر افزایش وابستگی به خودرو، تراکم ترافیک، طولانی‌تر شدن زمان رفت‌وآمد، استفاده ناکارآمد از زمین، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و فضای سبز و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است (Festus et al., 2020; Mohammady & Delavar, 2015; Zhang & Lee, 2023) با توسعه فناوری و پیشرفت‌های علمی، همواره تفکرات نوینی بر شهرها غالب شده است که از جمله این تفکرات نوشهرگرایی بود. نوشهرگرایی در ابتدا به‌عنوان جنبشی اصلاحی و در مقابل توسعه پراکنده شهرها مطرح و تبدیل به پارادایمی نو در حوزه طراحی شهری شد (Garde, 2020) و بستر ظهور رویکردهای نوینی نظیر توسعه محلات سنتی (TND) و توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی (TOD) قرار گرفت. امروزه TOD به‌عنوان پایدارترین راه‌حل برای چالش‌های حمل‌ونقل شهرها مورد استقبال قرار می‌گیرد (Ploeger & Oldenziel, 2022) تاکنون تعاریف و تفاسیر متعددی برای توسعه حمل‌ونقل محور ارائه‌شده است، اما بین تمامی آن‌ها یکسری فاکتورهای مشترکی مانند الگوی توسعه متراکم با اختلاط کاربری مناسب، وجود محیط مناسب جهت پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، و نزدیکی به سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی وجود دارد (Stojanovski, 2020؛ مطیعیان و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از مهم‌ترین مزایای TOD این است که اشکال حمل‌ونقل پایدار مانند پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری را ترویج می‌کنند. این تغییر در جهت گزینه‌های سفر پایدارتر می‌تواند به‌ویژه برای سفرهای کوتاه‌تر مؤثر باشد و به کاهش وابستگی به خودرو و اثرات منفی آن بر محیط‌زیست، سلامت عمومی و تراکم ترافیک کمک کند (Schneider et al., 2023; Zhang & Lee, 2023) ازآنجایی‌که دوچرخه وسیله نقلیه مناسبی برای بسیاری از سفرها است، می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی پایدار کاربری زمین، حمل‌ونقل، تفریح و توسعه اقتصادی داشته باشد. به‌ویژه در مراکز شهری و برون‌شهری، جایی که درصد زیادی از سفرها کمتر از ۲ مایل– ۳/۲ کیلومتر مسافت دارند، دوچرخه‌سواری می‌تواند به‌عنوان بخشی از یک رویکرد جامع برای کاهش تراکم ترافیک و تأمین گزینه‌های مسافرتی انعطاف‌پذیر، راحت و مقرون‌به‌صرفه باشد. دوچرخه‌سواری همچنین با توسعه سیستم حمل‌ونقل عمومی بسیار سازگار است و می‌تواند به‌طور مؤثر سطح خدمت ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی را گسترش دهد (Aashto, 2012; Bachand-Marleau et al., 2012; Fishman et al., 2014)

امروزه در ایران خودروهای شخصی از مرز ۲۲ میلیون دستگاه گذر کرده است. از طرفی با توجه به اینکه در سال ۲۰۲۲ میزان شاخص شدت مصرف انرژی در ایران ۱/۸ برابر متوسط دنیا و ۲/۸ برابر کشورهای توسعه‌یافته بوده و در بخش حمل‌ونقل، میزان مصرف سوخت خودروها به ازای پیمایش بیشتر از سایر کشورهای دنیا است (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳)؛ می‌توان بهره‌گیری از دوچرخه را برای انجام سفرهای درون‌شهری راهکاری منطقی و قابل‌اجرا برای جبران بخشی از ناترازی انرژی در کشور در نظر گرفت.

سازمان حمل‌ونقل ترافیک شهر ارومیه در تیر ماه ۱۳۹۵ در راستای چشم‌انداز " شهری سبز، پاک و مجهز به فناوری نوین" و به‌منظور کاهش ترافیک شهری، رفع مسائل زیست‌محیطی و تأمین سلامتی شهروندان عزیز به اقدام راه‌اندازی پروژه سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه (سهاد) کرد. پروژه سهاد که برای بهبود شرایط دوچرخه‌سواری طراحی شد، به دلیل ضعف زیرساختی و نبود هماهنگی میان نهادها، موفق نبوده و هیچ‌یک از اهداف تعیین‌شده در چشم‌انداز محقق نشده است. این پژوهش، علاوه بر تحلیل چالش‌های موجود، به ارائه راهکارهایی برای بهبود زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری پرداخته و یافته‌های آن می‌تواند مورداستفاده مدیران شهری و سیاست‌گذاران حمل‌ونقل قرار گیرد.

همچنین هدف اصلی این تحقیق، ارائه راه‌حل‌هایی عملی برای افزایش بهره‌وری پروژه سهاد از طریق اصلاح زیرساخت‌های مرتبط، بهبود هماهنگی میان نهادهای شهری و پیشنهاد راهکارهای اجرایی جهت توسعه مسیرهای استاندارد دوچرخه‌سواری در ارومیه است.

بر اساس گزارش‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست استان آذربایجان غربی در سال ۱۴۰۱، شاخص آلودگی هوای ارومیه به دلیل افزایش تعداد خودروهای شخصی و استفاده از وسایل نقلیه فرسوده در فصول سرد سال، افزایش‌یافته است. تردد بیش از ۳۰۰ هزار خودرو در سطح شهر، به‌ویژه خودروهای فرسوده، سهم قابل‌توجهی در افزایش آلاینده‌ها دارند. همچنین، وضعیت نامناسب ناوگان حمل‌ونقل عمومی، از جمله فرسودگی اتوبوس‌ها، موجب افزایش استفاده از خودروهای شخصی و در نتیجه تشدید آلودگی هوا شده است (خبرگزاری مهر، ۱۴۰۱). تعدد خودروهای شخصی عمدتاً تک‌سرنشین، موجب تراکم ترافیکی سرسام‌آوری شده است که رانندگان را برای فرار از این تراکم ترافیکی مجاب به ورود به معابر محلی می‌کند و به‌مرورزمان معابر محلی تبدیل به معابر عبوری می‌شوند. تغییر عملکرد معابر محلی به معابر عبوری که در مواردی از خیابان‌های شریانی تراکم ترافیکی بیشتری دارند، موجب از بین رفتن قلمروهای نیمه عمومی–نیمه خصوصی شده و علاوه بر سلب آسایش و آرامش ساکنان، صدمات فرهنگی، اجتماعی و زیست‌محیطی، به روابط اجتماعی و تعاملات بین انسان‌ها آسیب جدی رسانده است. این تحقیق با هدف بازنگری و ارائه یک مدل عملکردی مناسب برای سیستم‌های اشتراک دوچرخه در شهرهایی مانند ارومیه، به دنبال کاهش مشکلات ترافیکی و آلودگی هوا، بهبود کیفیت زندگی شهری و کاهش وابستگی به خودروهای شخصی است. یکی از راه‌حل‌های مؤثر برای این معضلات، ارتقاء سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار، به‌ویژه توسعه مسیرهای دوچرخه‌سواری است که می‌تواند به کاهش ترافیک، کاهش آلودگی هوا و ارتقای سلامت عمومی کمک کند. مدل پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی مؤثر برای دیگر شهرها که قصد راه‌اندازی چنین سیستم‌هایی را دارند، استفاده شود و با توجه به نیازهای شهری و زیرساخت‌های موجود، به ایجاد حمل‌ونقل پاک، کاهش ترافیک و بهبود وضعیت زیست‌محیطی کمک کند. بنابراین، این مدل عملکردی می‌تواند گامی مهم در جهت توسعه سیستم‌های هوشمند اشتراک دوچرخه در کشور باشد. گسترش استفاده از دوچرخه به‌جای خودروهای شخصی برای انجام سفرهای کوتاه شهری می‌تواند بستری برای تبدیل شهر ارومیه به شهری سبز و پاک گردد. بنابراین، این پژوهش با هدف شناسایی دلایل عدم موفقیت پروژه سهاد و بررسی انتظارات مردمی و الزامات کارشناسی در طراحی سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه بر اساس تحلیل چیدمان فضا انجام‌گرفته است. در راستای تبیین دقیق‌تر مسئله، پرسش پژوهش بدین شرح است: چگونه می‌توان با بررسی عوامل مؤثر بر عدم موفقیت پروژه سهاد از دیدگاه کاربران و کارشناسان و نیز استفاده از تحلیل‌های چیدمان فضا راهکارهایی در جهت افزایش بهره‌وری سیستم سهاد ارائه داد؟

در پژوهشی که توسط (Hassanpour & Bigazzi, 2023) انجام شد، با هدف بررسی وسایل نقلیه موجود در مسیرهای دوچرخه‌سواری در متروپولیتن ونکوور کانادا، داده‌های مربوط به ترافیک این مسیرها جمع‌آوری شد. برای این کار، از یک روش داده‌برداری میدانی استفاده شد که در آن از سیستم لوله‌کشی هوا به همراه دوربین‌های ویدیویی برای ثبت ترافیک وسایل نقلیه در ۱۲ موقعیت استراتژیک در طول چهارفصل استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که دوچرخه‌های معمولی (غیرمشترک) بیشترین سهم استفاده را در این مسیرها دارند، درحالی‌که وسایل نقلیه موتوری شخصی (مانند دوچرخه‌های برقی و اسکوترها) سهم بسیار کمتری دارند. همچنین، این مطالعه به تحلیل و ارزیابی تغییرات و روندهای مربوط به سهم استفاده از این وسایل نقلیه کمک کرده و به بررسی تأثیرات تغییرات قانونی، برنامه‌های انگیزشی و زیرساخت‌های جدید پرداخت. در پژوهش دیگری، نویسندگان (Ploeger & Oldenziel, 2022)

به بررسی نقش فراموش‌شده اما کلیدی راه‌آهن هلند در توسعه شهری مبتنی بر دوچرخه پرداخته‌اند. این تحقیق نشان می‌دهد که بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰، راه‌آهن هلند نقش ویژه‌ای در غنی‌سازی مفهوم توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی (TOD) با استفاده از دوچرخه به‌عنوان یک مد کمکی داشت. این فرآیند منجر به ایجاد مدل فضایی جدیدی شد که در آن شهرهای دوچرخه‌ای فشرده در طول خطوط راه‌آهن شکل گرفتند. همچنین، راه‌آهن که از طریق سیاست‌های ملی و محلی تقویت شد، به‌جای ایجاد شهرهایی مبتنی بر پیاده‌روی، به شکل‌گیری شهرهای پانزده‌دقیقه‌ای مبتنی بر دوچرخه کمک کرد و این امر منجر به گسترش مناطق دسترسی شد. همچنین در تحقیقی که توسط (Fishman et al., 2014) در مورد تأثیر برنامه‌های اشتراک دوچرخه بر استفاده از خودرو انجام شد، به بررسی داده‌های نظرسنجی و سفرهای برنامه‌های اشتراک دوچرخه در شهرهای مختلف از جمله ملبورن، بریزبن، واشنگتن دی سی، لندن و مینیاپولیس و سن‌پاول پرداخته‌شده است. نتایج نشان می‌دهند که برنامه‌های اشتراک دوچرخه در برخی از این شهرها باعث کاهش قابل‌توجهی در استفاده از خودروها شده‌اند. به‌طور مثال، در ملبورن و مینیاپولیس/سن‌پاول تقریباً ۹۰,۰۰۰ کیلومتر در سال و در واشنگتن دی سی ۲۴۳,۲۹۱ کیلومتر کاهش در استفاده از خودرو ثبت‌شده است. بااین‌حال، در لندن، به دلیل نرخ پایین جایگزینی سفر با خودرو و استفاده زیاد از کامیون‌ها برای جابجایی دوچرخه‌ها، برنامه اشتراک دوچرخه باعث افزایش ۷۶۶,۳۴۱ کیلومتر در استفاده از خودرو شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که به‌عنوان برنامه‌های اشتراک دوچرخه رشد می‌کنند، ارزیابی تأثیر آن‌ها در کاهش استفاده از خودرو باید بیشتر موردتوجه قرار گیرد. مقاله‌ای که توسط (Eluru et al., 2008) ارائه شد، به تحلیل شدت آسیب‌های پیاده‌روها و دوچرخه‌سواران در تصادفات با استفاده از یک مدل آماری به نام "Mixed Generalized Ordered Response Logit" پرداخته است. این مطالعه بر اساس داده‌های سیستم ارزیابی تصادفات ایالات‌متحده و با استفاده از مدل جدیدی که قابلیت انعطاف‌پذیری در درک اثرات عوامل توضیحی مختلف را فراهم می‌کند، شدت آسیب‌ها را در تصادفات غیر موتوری تحلیل کرده است. یافته‌های تجربی نشان داد که برخی عوامل مانند سن فرد، محدودیت سرعت جاده، مکان تصادف و زمان روز بر شدت آسیب‌ها تأثیر زیادی دارند. همچنین، نتایج این تحقیق به‌ویژه بر تشابه اثرات متغیرهای مختلف بر شدت آسیب‌ها در میان پیاده‌روها و دوچرخه‌سواران تأکید می‌کند (Schneider et al., 2023) به تحلیل فاصله‌های دوچرخه‌سواری در سه منطقه پیشرفته اروپا (هلند، منطقه متروپولیتن کپنهاگ و منطقه فریبورگ) پرداخته است. این مطالعه با استفاده از داده‌های مربوط به سفرهای خانگی که شامل مقصدی واحد هستند، فاصله‌های دوچرخه‌سواری را با استفاده از مدل‌های رگرسیون کمی و مدل‌های رگرسیونی حداقل مربعات معمولی تجزیه‌وتحلیل کرده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که فاصله‌های دوچرخه‌سواری در تمام سه منطقه به‌طور مشابه توزیع‌شده‌اند و بیشتر فاصله‌ها کوتاه هستند. همچنین، تأثیرات متفاوتی از متغیرهایی مانند سن و استفاده از دوچرخه‌های برقی در این سه منطقه مشاهده شد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری کمک کند تا درک بهتری از فاصله‌های دوچرخه‌سواری به مقصدهای روزمره داشته باشند و همچنین می‌تواند به بهبود مفاهیم دسترسی به دوچرخه کمک کند. در مطالعه‌ای که در مناطق مرکزی تهران انجام شد، (Monazzam et al., 2021) اثرات توسعه دوچرخه‌سواری به‌عنوان یک حمل‌ونقل غیر موتوری بر کاهش آلودگی هوا و سروصدا بررسی گردید. در فاز نظری، سناریوهای کاهش ۲۵٪ و ۵۰٪ موتورسیکلت‌ها و خودروهای شخصی طراحی شد و اثرات آن‌ها بر آلودگی هوا و صوتی با استفاده از مدل‌های موجودی انتشار و نرم‌افزار CadnaA تحلیل شد. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش آلودگی صوتی و هوا در سناریوی جایگزینی ۵۰٪ خودروها با دوچرخه‌ها رخ داد. همچنین، بررسی‌های میدانی نشان داد که دوچرخه‌سواران نسبت به سایر افراد کمتر در معرض آلودگی قرار دارند. این

مطالعه تأکید می‌کند که با جایگزینی خودروها و موتورسیکلت‌ها با دوچرخه‌ها، آلودگی هوا و سروصدا کاهش‌یافته و دوچرخه‌سواران کمتر در معرض آلودگی قرار خواهند گرفت.

این پژوهش برخلاف اغلب مطالعات پیشین که یا به بررسی نگرش و رفتار کاربران پرداخته‌اند یا صرفاً بر تحلیل چیدمان فضایی شبکه معابر تمرکز داشته‌اند، با تلفیق هم‌زمان این دو رویکرد، تصویری جامع‌تر از کارکرد زیرساخت اشتراک دوچرخه در شهرهای میانی نظیر ارومیه ارائه می‌دهد. همچنین بر اساس منابع در دسترس، تاکنون مطالعه‌ای جامع درباره ارزیابی عملکرد پروژه سهاد، انجام‌نشده است. بنابراین به نظر می‌رسد نوآوری این پژوهش از حیث روش و مورد مطالعاتی است.

## مبانی نظری

### توسعه حمل‌ونقل محور TOD و نقش آن در سیستم‌های اشتراک دوچرخه

به‌طورکلی هدف از TOD عبارت است از به حداکثر رساندن دسترسی با حمل‌ونقل غیر موتوری و سایر تجهیزات در مراکز مسکونی و تجاری برای تشویق استفاده از نوع معینی از حمل‌ونقل همگانی مثل اتوبوس، تراموا و ... (Galychyn & Üstundağ, 2017) TOD الگویی متراکم است که ترکیب کاربری‌های مسکونی، تجاری و خدماتی را در امتداد حمل‌ونقل همگانی توسعه می‌دهد. این رویکرد از دهه ۱۹۹۰ برای کاهش ترافیک و آلودگی شهری مطرح شد و اهداف آن شامل افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی، کاهش سفرهای خودرویی، ترویج پیاده مداری و کاربری مختلط زمین است. پیتر کالتورپ دو نوع TOD شهری و همسایگی را معرفی کرده، اما استراتژی‌های آن در مناطق مختلف شهری متفاوت است. (یراقی‌فرد و همکاران، ۱۴۰۱). توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی (TOD) می‌تواند کاربران غیر موتوری (مانند عابران پیاده و دوچرخه‌سواران) را جذب کند و نیازهای روزمره آن‌ها را بدون نیاز به سفرهای طولانی برطرف سازد. در یک شهر یا محله‌ای که بر اساس اصول TOD به‌خوبی برنامه‌ریزی شده باشد، انتظار می‌رود که کاربران خودروهای شخصی به استفاده از حمل‌ونقل عمومی (مانند قطار، اتوبوس و مترو) روی آورند و همچنین از شیوه‌های حمل‌ونقل غیر موتوری (مانند پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری) بیشتر استفاده کنند (Yen et al., 2024) در پروژه سهاد، توجه به اصول TODمی‌تواند به طراحی مسیرهای دوچرخه‌سواری کمک کند که دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی را تسهیل نماید. این امر به کاهش ترافیک و افزایش استفاده از دوچرخه در شهر ارومیه منجر خواهد شد.

### اهمیت دوچرخه‌سواری و تجربیات جهانی در سیستم‌های اشتراکی دوچرخه

دوچرخه‌سواری به‌عنوان یک شیوه حمل‌ونقل غیر موتوری، به‌ویژه برای سفرهای کوتاه و متوسط درون‌شهری، نقش مهمی در کاهش ترافیک، آلودگی هوا و مصرف انرژی دارد. این روش نه‌تنها سلامت عمومی را بهبود می‌بخشد، بلکه به دلیل سرعت بیشتر نسبت به پیاده‌روی و نیاز کمتر به فضا و هزینه، گزینه‌ای ایده‌آل برای شهرهای شلوغ است. بااین‌حال، در برنامه‌ریزی شهری، نیازهای دوچرخه‌سواران اغلب نادیده گرفته می‌شود. شهرهای ایران، با توجه به شرایط آب‌وهوایی و تراکم جمعیتی، پتانسیل بالایی برای توسعه دوچرخه‌سواری دارند و باید در طراحی معابر شهری، نیازهای دوچرخه‌سواران نیز موردتوجه قرار گیرد (آیین‌نامه طراحی معابر شهری بخش ۱۱، ۱۳۹۹). در حال حاضر، سیستم‌های هوشمند اشتراک دوچرخه (Bike-Sharing Systems) در بسیاری از شهرهای جهان در حال اجرا هستند. بر اساس آخرین آمار و گزارش‌ها، بیش از ۱۹۰۰ سیستم اشتراک دوچرخه فعال و بیش از ۱۷۰۰ سیستم اشتراک دوچرخه غیرفعال در سراسر جهان وجود دارد. این سیستم‌ها که مجموعاً بیش از ۹ میلیون دوچرخه دارند، در شهرهای بزرگ و کوچک

به‌عنوان بخشی از استراتژی‌های حمل‌ونقل پایدار و کاهش ترافیک شهری مورداستفاده قرار می‌گیرند. در شهر کپنهاگ بیش از ۵۰٪، آمستردام ۴۸٪، هانگژو (چین) ۱۲٪، لندن ۲/۷٪ و بارسلونا ۱/۸٪ سفرهای روزانه با دوچرخه انجام می‌شود (Bike Sharing World Map, 2025). البته باید توجه داشت سهم قابل توجه‌ای از حمل‌ونقل در این شهرها را حمل‌ونقل عمومی (مترو و اتوبوس) پوشش می‌دهد. در برنامه‌ریزی شهری، دوچرخه‌سواران اغلب نادیده گرفته می‌شود. شهرهای ایران، با توجه به شرایط آب‌وهوایی و تراکم جمعیتی، پتانسیل بالایی برای توسعه دوچرخه‌سواری دارند؛ درحالی‌که فقط شهرهایی نظیر مشهد و اصفهان سیستم اشتراک دوچرخه فعال دارند اما این سیستم‌های اشتراک دوچرخه در تهران، شیراز و ارومیه (سهاد) با وجود برنامه‌ریزی غیرفعال است.

**نقش دوچرخه در ایجاد پیوند بین مدهای حمل‌ونقل شهری**

نقش اتصال‌کنندگی دوچرخه در حمل‌ونقل شهری برای ایجاد یک مسیر بین مبادی و مقاصد شهری را به دو گونه می‌توان تصور نمود:

نقش مستقل: به‌عنوان یک مد حمل‌ونقلی برای جابه‌جایی کامل بین مبدأ و مقصد

نقش مکمل: به‌عنوان کامل‌کننده مسیر با اتصال به دیگر مدهای حمل‌ونقلی روش اول در مسیرهای کوتاه‌تر حائز اهمیت است. در سفرهای کوتاه‌مدت و متوسط شهری که مهم‌ترین قابلیت آن انعطاف‌پذیری و دسترسی مطلوب است، دوچرخه به‌تنهایی می‌تواند ابزاری مناسب برای ایجاد ارتباط بین مبدأ و مقصد باشد. اما با گسترش شهرها و توسعه مساحت و محدوده آن‌ها، مسیرهای شهری دائماً در حال طولانی‌تر شدن هستند. برای جلوگیری از حذف نقش دوچرخه در چنین شرایطی استفاده از دوچرخه به‌عنوان ایفاکننده نقش دوم اشاره‌شده یعنی پیوند دهندگی بین بقیه مدها است. (حاجی محمدحسن، ۱۳۹۰). در این حالت، دوچرخه می‌تواند مسیرهای دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی را کوتاه‌تر و کارآمدتر کند. این ترکیب نه‌تنها زمان سفر را کاهش می‌دهد، بلکه باعث افزایش دسترسی به فرصت‌های شغلی، آموزشی و تفریحی نیز می‌شود. در شهرهایی نظیر لندن و پاریس، باوجوداینکه سهم کمتری در استفاده از دوچرخه برای سفرهای روزانه نسبت به شهرهایی نظیر کپنهاگ و آمستردام دارند، دوچرخه نقش خود را به‌عنوان مد پیونددهنده بین ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی به‌خوبی ایفا می‌کند (Kosmidis & Müller-Eie, 2023)

با توجه به ماهیت چندبعدی کارکرد سیستم‌های اشتراک دوچرخه، این پژوهش بر ترکیب دو سطح تحلیل استوار است: تحلیل نگرش کاربران و تحلیل چیدمان فضایی شبکه شهری. در بخش نخست، داده‌های حاصل از پرسش‌نامه با هدف سنجش احساس ایمنی، موانع استفاده، اولویت امکانات و تفاوت‌های جنسیتی تحلیل شده‌اند. در بخش دوم، ساختار فضایی معابر با تکیه بر نظریه چیدمان فضا و شاخص‌های هم‌پیوندی، انتخاب، اتصال‌پذیری و عمق فضایی بررسی‌شده است. چارچوب نظری پژوهش بر پیوند این دو سطح استوار است؛ به این معنا که ظرفیت فضایی محورها بر اساس تحلیل‌های Space Syntax با نیازها و برداشت‌های کاربران مقایسه شده و نتیجه این تلفیق، مبنای استخراج راهکارهای نوین برای افزایش بهره‌وری سیستم اشتراک دوچرخه در شهر ارومیه قرارگرفته است. دیاگرام زیر مسیر کلی منطق پژوهش را نمایش می‌دهد.

## روش پژوهش

این پژوهش از نوع توصیفی–تحلیلی است و در دسته تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد. هدف اصلی این تحقیق، بررسی عوامل مؤثر بر موفقیت پروژه سهاد (سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه) در شهر ارومیه و ارائه راهکارهایی برای بهبود آن

است. برای دستیابی به این هدف، از دو روش کمی و کیفی استفاده‌شده است؛ در بخش کمی، داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های طراحی‌شده برای شهروندان و کارشناسان جمع‌آوری شدند و در بخش کیفی، تحلیل فضایی و بررسی چیدمان مسیرهای دوچرخه‌سواری با استفاده از نرم‌افزار DepthmapX انجام گرفت.

جامعه آماری این پژوهش شامل دو گروه اصلی است. شهروندان شهر ارومیه (با جمعیت تقریبی ۸۴۰ هزار نفر، که به‌عنوان کاربران بالقوه سیستم دوچرخه‌سواری در نظر گرفته شدند.) و کارشناسان حوزه‌های شهری و حمل‌ونقل (شامل اساتید دانشگاه، متخصصان شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری، و کارمندان بخش‌های مرتبط با حمل‌ونقل و تصمیم‌گیری شهری).

با توجه به اینکه در آینده امکان گسترش پروژه سهاد به تمام مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه وجود دارد، جامعه آماری کل جمعیت شهر در نظر گرفته شد تا نتایج تحقیق بتواند به‌عنوان پایه‌ای برای برنامه‌ریزی‌های آینده در سطح کل شهر مورداستفاده قرار گیرد. حجم نمونه آماری شهروندان بر اساس فرمول کوکران محاسبه شد که منجر به انتخاب ۳۸۴ نفر شد. این حجم نمونه به دلیل نمایندگی مناسب از کل جامعه آماری و اطمینان از دقت نتایج انتخاب شد. نمونه‌گیری از شهروندان به روش تصادفی ساده انجام گرفت. برای انتخاب کارشناسان، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد و ۲۰ نفر از متخصصان حوزه‌های مرتبط انتخاب شدند. این افراد به دلیل داشتن تجربه و تخصص در زمینه‌های مدیریت شهری، برنامه‌ریزی شهری، طراحی شهری و حمل‌ونقل به‌عنوان نمایندگان جامعه کارشناسی در نظر گرفته شدند تا نظرات تخصصی و تجربیات عملی آن‌ها در تحلیل مشکلات و ارائه راهکارها مورداستفاده قرار گیرد.

داده‌های این پژوهش از طریق دو پرسشنامه جداگانه جمع‌آوری شدند:

پرسشنامه شهروندان که شامل ۳۰ سؤال در قالب سؤالات ترکیبی (باز و بسته) بود و به‌منظور بررسی نظرات شهروندان درباره دوچرخه‌سواری در شهر ارومیه طراحی شد. سؤالات در چهار بخش اصلی تنظیم شدند. بخش اول شامل اطلاعات جمعیت شناختی (جنسیت، سن، سطح تحصیلات، منطقه سکونت، و وضعیت گواهینامه رانندگی)، بخش دوم شامل اهمیت امکانات دوچرخه‌سواری (مانند کیفیت مسیرهای ویژه، روشنایی، پیوستگی مسیرها، و سهولت تقاطعات)، بخش سوم شامل میزان استفاده از دوچرخه (برای امور روزانه، رفت‌وآمد به محل کار یا تحصیل، و تفریح) و بخش چهارم شامل نگرانی‌های مرتبط با دوچرخه‌سواری (مانند نگرانی از تصادفات و احساس ایمنی). پاسخ‌ها بر اساس طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از «خیلی کم» تا «خیلی زیاد» طراحی شدند تا دقت و جزئیات بیشتری در پاسخ‌ها ایجاد شود.

پرسشنامه کارشناسان که شامل ۲۰ سؤال بود و به‌منظور جمع‌آوری نظرات تخصصی درباره مشکلات و راهکارهای پروژه سهاد طراحی شد. سؤالات در سه بخش اصلی تنظیم شدند. بخش اول شامل مشکلات پروژه سهاد (زیرساختی، مدیریتی، اقتصادی، و فرهنگی)، بخش دوم شامل اهمیت امکانات دوچرخه‌سواری (مانند کیفیت مسیرها، روشنایی، و امنیت) و بخش سوم شامل پیشنهاد مسیرهای مطلوب برای دوچرخه‌سواری و راهکارهای بهبود پروژه. پاسخ‌ها در این پرسشنامه نیز بر اساس طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای طراحی شدند.

برای اطمینان از اعتبار پرسشنامه‌ها، روایی و پایایی پرسشنامه‌ها موردبررسی قرار گرفت. روایی محتوا پرسشنامه‌ها ابتدا طی یک پیش‌آزمون توسط چندین متخصص حوزه‌های شهری و حمل‌ونقل بررسی شدند و اصلاحات لازم اعمال گردید. پایایی پرسشنامه‌ها با استفاده از آلفای کرونباخ و از طریق یک پیش‌آزمون که از ۱۰ نفر گرفته شد، بررسی گردید. مقدار آلفای کرونباخ ۰/۷۳۳ به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی قابل‌قبول ابزارهای پژوهش است. این مقدار نشان می‌دهد که پرسشنامه‌ها از هماهنگی درونی مناسبی برخوردار هستند و قابلیت استفاده در پژوهش اصلی را دارند.

داده‌های پرسشنامه‌ها در نرم‌افزار SPSS تجزیه‌وتحلیل شدند؛ زیرا این نرم‌افزار قابلیت‌های گسترده‌ای در تحلیل‌های آماری، آزمون‌های مختلف و ارائه نتایج دقیق و قابل‌اعتماد دارد. برای بررسی ارتباط بین دو متغیر «میزان نگرانی از تصادف» و «میزان استفاده از دوچرخه» از «آزمون همبستگی پیرسون» استفاده شد. این آزمون ازاین‌جهت انتخاب شد که توانایی سنجش رابطه خطی بین دو متغیر کمی و ارائه ضریب همبستگی را دارد. همچنین، از «آزمون من‌ویتنی یو» برای مقایسه میانگین‌های دو گروه مستقل (زنان و مردان) در مورد اهمیت امکانات دوچرخه‌سواری، به دلیل عدم نیاز به توزیع نرمال داده‌ها و مناسب بودن برای مقایسه دو گروه مستقل، استفاده شد.

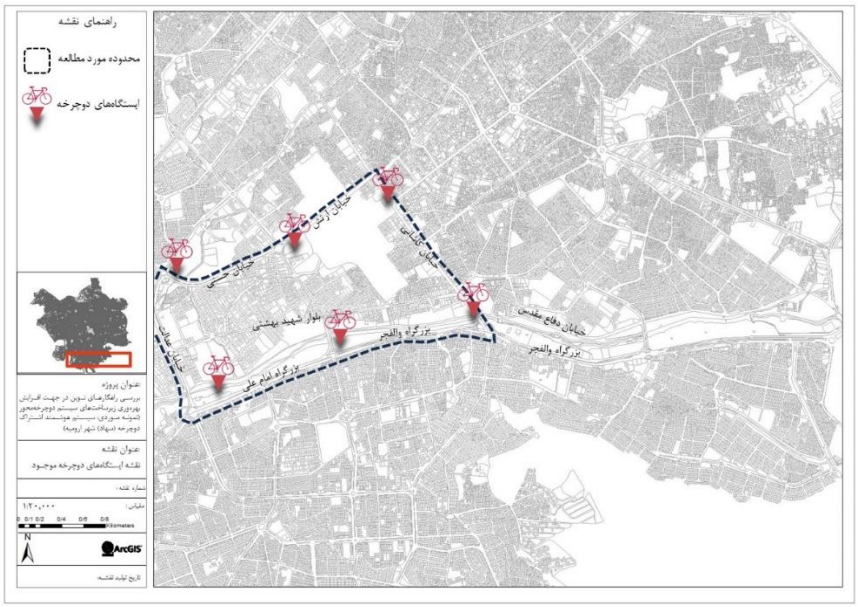
برای تحلیل چیدمان فضایی مسیرهای دوچرخه از نرم‌افزارDepthmapX ، که بر پایه تئوری چیدمان فضا Space Syntaxتوسعه‌یافته است، استفاده شد. این نرم‌افزار ابزاری قدرتمند برای تحلیل الگوهای حرکتی، دسترسی و پیوستگی در فضاهای شهری به شمار می‌آید و به دلیل توانایی در ارزیابی ساختار فضایی شهرها و شاخص‌هایی مانند عمق فضایی، اتصال‌پذیری، هم‌پیوندی و انتخاب، گزینه‌ای مناسب برای این پژوهش بود. روش Space Syntax یک رویکرد کمّی است که از اندازه‌گیری‌های فضایی برای تحلیل پیکربندی شهری و دسترسی بصری بهره می‌برد. نقشه‌های حاصل از این تحلیل نشان می‌دهند که فضاهای با بیشترین میزان از هر یک از شاخص‌ها به رنگ قرمز مشخص شده‌اند و طیف رنگی از قرمز به نارنجی، زرد، سبز و در نهایت آبی تغییر می‌کند که بیانگر کاهش میزان آن شاخص است ( Yıldırım & Çelik, 2023). این نرم‌افزار به دلیل توانایی در تحلیل ساختار فضایی شهرها و بررسی شاخص‌هایی مانند عمق فضایی، اتصال‌پذیری، هم‌پیوندی و انتخاب، ابزاری مناسب برای این پژوهش بود. این شاخص‌ها به‌طور خاص برای ارزیابی دسترسی، پیوستگی، و احتمال استفاده از مسیرهای دوچرخه‌سواری در شبکه معابر شهری مورداستفاده قرار گرفتند. در مورد پروژه سهاد، این شاخص‌ها به شناسایی مسیرهای مناسب برای تعبیه مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری و بهبود پیوستگی شبکه معابر کمک می‌کنند.

## محدوده مورد مطالعه

ارومیه در راستای چشم‌انداز ۱۴۰۴؛ شهری سبز، پاک و مجهز به فناوری نوین می‌باشد و به‌منظور کاهش ترافیک شهری، رفع مسائل زیست‌محیطی و تأمین سلامتی شهروندان عزیز و نیز در راستای انتخاب ارومیه به‌عنوان پایلوت شهر هوشمند کشور شهرداری همگام با سیاست‌های شورای اسلامی شهر و شهردار محترم از سال ۱۳۹۴ اقدام به خرید، نصب و راه اندازی پروژه سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه در سطح شهر ارومیه نمود و در تیرماه ۱۳۹۵ بهره‌برداری از این سیستم را به‌صورت فاز تفریحی در کنار رودخانه شهرچایی داخل پارک‌های الغدیر و ائللرباغی عملاً شروع نموده و در نظر داشت در فازهای بعدی مسیرهای بلوار شورا – حسنی – ارتش – امینی – و کاشانی تا تقاطع نبوت (شهرچایی) نیز مورد بهره‌برداری قرار دهد (وب‌سایت سازمان حمل‌ونقل ترافیک شهر ارومیه).

**جدول ۱.** مشخصات پروژه سهاد

| تعداد دوچرخه | تعداد ایستگاه | طول مسیر | اعتبار تخصیص |
|---|---|---|---|
| ۲۲۰ دستگاه | ۶ | ۸ کیلومتر | ۲۵ میلیارد ریال |




**شکل ۱.** نقشه محدوده موردمطالعه و ایستگاه‌ها

## یافته‌ها

### مدل عملکردی

پژوهش علمی یک فرایند است که شامل مجموعه‌ای از مراحل و اقداماتی است که از پیوستگی و ارتباط سیستماتیک برخوردار است یعنی روابط طولی و عرضی آن تنظیم‌شده است و دارای یک نقطه آغاز و یک نقطه پایان می‌باشد. به عبارتی هر مرحله‌ای و اقدامی جایگاه خود را دارد و پیش‌نیازها و پس‌نیازها و کارها در آن مشخص است و نمی‌توان آن‌ها را جابجا کرد. مدل عملکردی این پژوهش مبتنی بر یک فرایند سیستماتیک است که شامل شناخت و تحلیل وضعیت موجود، بررسی اسناد فرادست، جمع‌آوری و تحلیل آماری و فضایی داده‌ها، و ارائه راهکارهای اجرایی می‌شود. در مرحله نخست، وضعیت زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری، میزان استقبال و انتظارات مردم و موانع اجرایی موردبررسی قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و بررسی چیدمان فضایی با DepthmapX، الگوهای فضایی و ارتباطات شبکه‌ای را مشخص کرد و در نهایت، بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده، پیشنهادهایی برای بهبود زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری و تدوین سیاست‌های توسعه ارائه شد.

### نتایج پرسشنامه مردمی

طبق نتایج به‌دست‌آمده ۱۷۷ نفر از کل ۳۸۴ پاسخ‌دهندگان مرد بوده و ۲۰۷ نفر زن می‌باشند که زنان با ۵۳/۱٪ بیشترین فراوانی را دارند. همچنین گروه سنی ۱۹ تا ۳۰ سال با ۷۲/۶٪ بیشترین درصد فراوانی را داشته و افراد با مدرک کارشناسی نیز با ۷۰/۵٪ بیشترین درصد فراوانی را دارند. ۶۸/۲٪ از پاسخ‌دهندگان گواهینامه اتومبیل یا موتورسیکلت را اخذ کرده و ساکنان منطقه یک شهر ارومیه بیشترین میزان پاسخ‌دهنده را با درصد فراوانی ۲۹/۹٪ دارد.

در بررسی میزان اهمیت زیر مؤلفه‌های دسترسی، زیر مؤلفه "قابلیت دسترسی (به مناطق مسکونی، مدارس، فروشگاه‌ها، محل کار و...)" با ۸۲٪ بیشترین درصد فراوانی و "رابط بین مناطق مختلف شهر بودن" با ۳۶/۴٪ کمترین درصد فراوانی را در بین پاسخ‌دهندگان دارند. و در مؤلفه سیما و منظر، میزان اهمیت زیر مؤلفه "حفظ و نگه‌داری جاده (صافی سطح جاده، نبود چاله و شکاف)" با ۷۶٪ بیشترین درصد فراوانی و "دلپذیر بودن مناظر اطراف" با ۷۴/۴٪

کمترین درصد فراوانی را در بین پاسخ‌دهندگان دارد. همچنین در مؤلفه ایمنی و امنیت زیر مؤلفه "روشنایی مسیرهای دوچرخه" با ۸۲/۲٪ بیشترین درصد فراوانی و "وجود وسایل کاهش سرعت رفت‌وآمد" با ۴۶/۳٪ کمترین درصد فراوانی را در بین پاسخ‌دهندگان دارد.

به‌منظور بررسی روش‌مند و اصولی و پاسخ‌دهی بر مبنای روش‌های ریاضی و آماری در نرم‌افزارSPSS ، ابتدا به بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های جمع‌آوری‌شده با طیف لیکرت از طریق آزمون‌هایی نظیر شاپیرو–ویلک یا کولموگروف–اسمیرنوف پرداخته شد. نتایج هر دو آزمون نشان می‌دهد سطح معناداری تمام متغیرهایی که به‌وسیله طیف لیکرت اندازه‌گیری شده بودند کمتر از خطای مجاز آزمون ($\alpha=0.05$) است؛ بنابراین، فرض صفر یعنی نرمال بودن توزیع متغیرها رد شده و توزیع داده‌ها نرمال نیست. بنابراین در بخش نتایج استنباطی پرسشنامه مردمی به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شد که به شرح زیر است:

نگرانی از تصادف و استفاده از دوچرخه: برای بررسی رابطه بین این دو متغیر از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد، زیرا همان‌طور که در بخش روش تحقیق اشاره شد، این آزمون میزان و جهت همبستگی بین دو متغیر کمی را می‌سنجد. «دو متغیر "میزان نگرانی از تصادف" با "میزان استفاده از دوچرخه برای رفت‌وآمد" مستقل از هم هستند.» فرض صفر (H0) این آزمون می‌باشد.

**جدول ۲.** نتایج آزمون همبستگی پیرسون

| | | میزان نگرانی از تصادف حین دوچرخه‌سواری | میزان استفاده از دوچرخه برای رفت و آمد |
|---|---|---|---|
| میزان نگرانی از تصادف حین دوچرخه‌سواری | همبستگی پیرسون | ۱ | -۰/۲۹۷ |
| | سطح معناداری | - | ۰/۰۲۱ |
| | تعداد پرسش‌شونده | ۳۶۴ | ۳۶۴ |
| میزان استفاده از دوچرخه برای رفت و آمد | همبستگی پیرسون | -۰/۲۹۷ | ۱ |
| | سطح معناداری | ۰/۰۲۱ | - |
| | تعداد پرسش‌شونده | ۳۶۴ | ۳۶۴ |

با توجه به اینکه سطح معناداری (۰/۰۲۱) کمتر از درصد خطای مجاز (۰/۰۵) می‌باشد، فرض صفر رد شده و فرض جایگزین پذیرفته می‌شود؛ یعنی دو متغیر "میزان نگرانی از تصادف" با "میزان استفاده از دوچرخه برای رفت‌وآمد" وابسته هستند. میزان همبستگی پیرسون برابر (۰/۲۹۷-) است. باید توجه داشت که به‌طورکلی ضرایب همبستگی بین ۱ تا ۱- تغییر می‌کنند و اکثراً متقارن هستند. (حسینی مطلق، ۱۳۹۵: ۱۱۹) پس دو متغیر نسبت به هم رابطه همبستگی منفی داشته و با کاهش یکی از متغیرها دیگری افزایش‌یافته و بالعکس. بنابراین، هرچه میزان نگرانی از تصادف بیشتر باشد، میزان استفاده از دوچرخه کمتر خواهد بود.

تفاوت اهمیت امکانات بین زنان و مردان: برای مقایسه دو گروه مستقل (مردان و زنان) از آزمون من–ویتنی استفاده شد، زیرا این آزمون برای مقایسه توزیع داده‌های دو گروه غیرنرمال مناسب است. «میزان اهمیت "امکانات دوچرخه‌سواری" بین مردان و زنان با هم برابر است.» فرض صفر (H0) این آزمون می‌باشد.

**جدول ۳.** نتایج آزمون من ویتنی یو

| جنسیت | تعداد | میانگین امتیازات | مجموع امتیازات |
|---|---|---|---|
| مرد | ۱۷۰ | ۲۷/۶۷ | ۴۷۰۷/۷ |
| زن | ۱۹۴ | ۳۲/۹۷ | ۶۳۹۷/۳ |
| مجموع | ۳۶۴ | | |
| سطح معناداری آزمون Man-Whitney U | | | ۰/۲۴۴ |

با توجه به اینکه سطح معناداری آزمون (۰/۲۴۴) بزرگ‌تر از درصد خطای مجاز آزمون (۰/۰۵) است، فرض صفر پذیرفته‌شده و اهمیت "امکانات دوچرخه‌سواری" بین مردان و زنان برابر است. بااین‌حال، بررسی مجموع امتیازات نشان می‌دهد که زنان به‌صورت نسبی اهمیت بیشتری برای امکانات دوچرخه‌سواری قائل هستند (۶۳۹۷.۳ در مقابل ۴۷۰۷.۷). ازاین‌رو، در فرآیند طراحی و بهبود زیرساخت‌های پروژه سهاد، توجه به نیازها و اولویت‌های زنان می‌تواند به افزایش اثربخشی و همه‌شمولی سیستم منجر شود.

**نتایج توصیفی پرسشنامه کارشناسان**

طی پرسشنامه‌ای که از متخصصان حوزه‌های شهری نظیر اساتید دانشگاه و مسئولین مناصب مدیریت شهری به عمل آمد، مطابق جدول زیر، ۹۰٪ از جامعه آماری کارشناسان پاسخ‌دهنده را مردان تشکیل می‌دهند. گروه سنی کارشناسان بین ۳۱ تا ۵۰ سال قرار دارد و تحصیلات دکتری با ۵۰٪ فراوانی بیشترین درصد فراوانی را دارد. همچنین ۶۰٪ پاسخ‌دهندگان در حوزه‌هایی نظیر جغرافیا و ... (سایر) را دارند. و نهایتاً ۹۵٪ کارشناسان گواهینامه اتومبیل یا موتورسیکلت را اخذ کرده‌اند. از نگاه کارشناسان مشکلات زیرساختی با درصد فراوانی ۶۰٪ در بین پاسخ‌دهندگان مهم‌ترین دلیل عدم استقبال مردمی از پروژه سهاد بوده و مشکلات اقتصادی نهادهای مربوطه با درصد فراوانی ۲۰٪ کمترین تأثیر را در عدم موفقیت این پروژه داشته است.

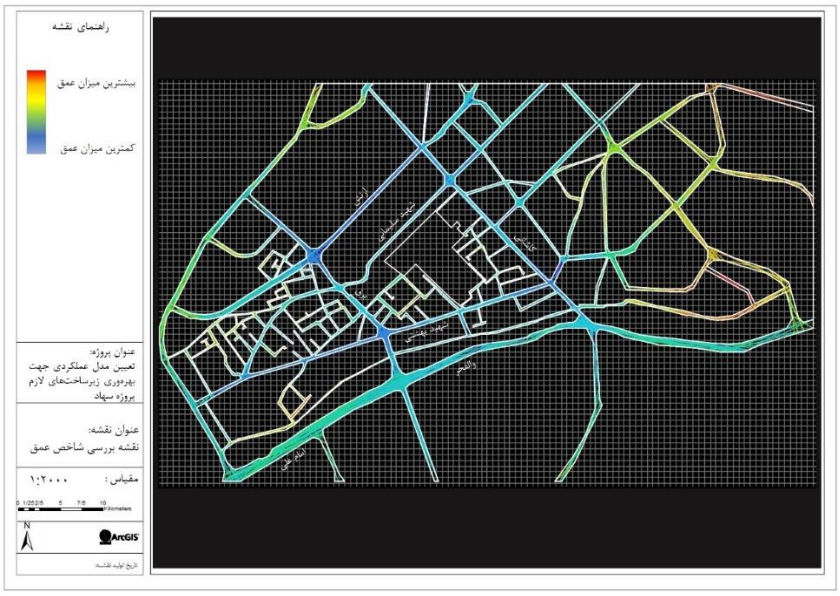
**جدول ٤.** فراوانی علل عدم استقبال مردمی از پروژه سهاد

| گزینه | فراوانی پاسخ | درصد فراوانی در بین پاسخ‌دهندگان | درصد فراوانی در کل انتخاب‌ها |
|---|---|---|---|
| ضعف مدیریتی و عدم هماهنگی بین کارفرما و پیمانکار | ۸ | ٪۴۰ | ٪۲۵ |
| مشکلات زیرساختی نظیر عدم مشخص بودن مسیرهای ویژه یا کیفیت پایین تسهیلات مربوطه (پارکینگ‌ها، دوچرخه‌ها و...) | ۱۲ | ٪۶۰ | ٪۳۷/۵ |
| مشکلات اقتصادی نهادهای مربوطه نظیر عدم تأمین مالی یا عدم تخصیص بهینه منابع مالی | ۴ | ٪۲۰ | ٪۱۲/۵ |
| مشکلات فرهنگی نظیر فرهنگسازی و تبلیغات کم جهت تشویق مردم برای استفاده از این تسهیلات | ۸ | ٪۴۰ | ٪۲۵ |
| کل انتخاب‌ها | ۳۲ | ٪۱۷۰ | |
| کل پاسخ‌دهنگان | ۲۰ | ۱۰۰ | |

همچنین از نگاه کارشناسان محورهای شهر چای (پارک ساحلی) و دانشکده مطلوب‌ترین و احتمالاً محبوب‌ترین محورها برای طراحی مسیرهای ویژه دوچرخه است.

**تحلیل شاخص‌های چیدمان فضا در محدوده موردمطالعه**

عمق فضایی: مطابق شکل ۲، هرچه طیف رنگی به سمت آبی (سردتر) حرکت می‌کند، عمق فضایی کاهش‌یافته و هرچه طیف رنگی به سمت قرمز (گرم‌تر) متمایل می‌شود، عمق فضایی افزایش می‌یابد. بنابراین، میانگین میزان عمق فضایی در محورهای کاشانی، دانشکده، برق، ارتش و شهید سلیمانی به ترتیب برابر است با ۲/۹۴، ۲/۷۵، ۳/۰۹، ۳/۲۱ و ۳/۶۵ که محور کاشانی کمترین میزان عمق فضایی و محور شهید سلیمانی بیشترین میزان عمق فضایی را دارا هستند. محورهایی که عمق فضایی کمتری دارند (مانند کاشانی و دانشکده)، برای مسیرهای دوچرخه‌سواری مناسب‌تر هستند؛ زیرا افراد با مسیرهای کمتری به این فضاها دسترسی پیدا می‌کنند.




**شکل ۲.** میانگین عمق فضایی

هم‌پیوندی: مطابق شکل ۳، رنگ‌های گرم‌تر نشان‌دهنده هم‌پیوندی بالاتر و رنگ‌های سردتر نشان‌دهنده هم‌پیوندی کمتر هستند. میانگین میزان هم‌پیوندی در محورهای مذکور به ترتیب در محور کاشانی برابر ۲/۵۱، محور دانشکده ۲/۸۰، محور برق ۲/۳۴، محور ارتش ۲/۲۱ و در محور شهید سلیمانی برابر ۱/۸۴ می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود هم‌پیوندی با عمق فضایی رابطه عکس داشته و محورهایی که دارای بیشترین میزان عمق فضایی بودند، دارای کمترین میزان هم‌پیوندی می‌باشند. بنابراین، در تحلیل این شاخص، محورهایی با بیشترین میزان هم‌پیوندی برای تعبیه مسیرهای دوچرخه‌سواری مناسب هستند.

**شکل ۳.** میانگین هم‌پیوندی

اتصال‌پذیری: مطابق شکل ۴، فضاهایی با اتصال‌پذیری بالاتر معمولاً به رنگ قرمز و نارنجی نمایش داده می‌شوند، درحالی‌که نقاط با اتصال‌پذیری پایین‌تر آبی و سبز هستند. میانگین میزان اتصال‌پذیری نیز در محورهای کاشانی و دانشکده ۱۸، در محور برق ۱۴، محور ارتش ۱۳ و در محور شهید سلیمانی برابر ۶ می‌باشد که بیشترین میزان اتصال‌پذیری را محورهای کاشانی و دانشکده به خود اختصاص می‌دهند و محور سلیمانی کمترین میزان اتصال‌پذیری را بین محورهای انتخاب‌شده دارد. مسیرهای با اتصال‌پذیری بالا، به دلیل داشتن گزینه‌های جایگزین بیشتر، انعطاف‌پذیری بهتری برای دوچرخه‌سواران فراهم می‌کنند، درحالی‌که مسیرهای کم اتصال می‌توانند محدودیت‌هایی ایجاد کرده و نیازمند برنامه‌ریزی برای بهبود دسترسی باشند.

**شکل ٤.** میانگین اتصال‌پذیری

انتخاب: مطابق شکل ۵، رنگ‌های گرم‌تر مانند قرمز و نارنجی نشان‌دهنده مسیرهای پرترددتر و رنگ‌های سردتر مانند آبی نشان‌دهنده مسیرهای کم ترددتر هستند. میانگین شاخص انتخاب یا حرکت طبیعی در محور کاشانی برابر ۸۶۱۴، در محور دانشکده ۱۲۹۵۵، در محور برق ۴۹۴۱، در محور ۴۳۵۱ و در محور شهید سلیمانی برابر است با ۷۵۶. این نتایج نشان می‌دهد که محورهای دانشکده و کاشانی به دلیل میزان انتخاب بالا، بهترین گزینه‌ها برای اجرای مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری هستند.

**شکل ۵.** میانگین انتخاب

## بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که پروژه سهاد در شهر ارومیه با چالش‌هایی چندبعدی مواجه بوده که می‌توان آن‌ها را در سه حوزه کلی دسته‌بندی کرد: ساختاری و نهادی، فضایی و زیرساختی، و اجتماعی و فرهنگی. از منظر ساختاری، نبود هماهنگی بین نهادهای ذی‌ربط و ضعف در برنامه‌ریزی و نظارت، به‌عنوان عوامل اصلی در ناکارآمدی پروژه شناسایی شدند. موضوعی که با یافته‌های پژوهش‌های (Fishman et al., 2014) و ( Hassanpour & Bigazzi, 2023)(Hassanpour & Bigazzi, 2023) هم‌راستا است. این مطالعات نیز نشان داده‌اند که موفقیت برنامه‌های اشتراک دوچرخه بیش از هر چیز به هماهنگی نهادی و برنامه‌ریزی دقیق زیرساخت‌ها وابسته است. از منظر فضایی، تحلیل چیدمان فضا با استفاده از نرم‌افزار DepthmapX نشان داد محورهای کاشانی و دانشکده از بالاترین میزان هم‌پیوندی و انتخاب برخوردار بودند که نشان‌دهنده پتانسیل بالای آن‌ها در جذب دوچرخه‌سواران و ایجاد پیوستگی در شبکه است و با یافته‌های پژوهش‌های (Zhang & Lee, 2023)(Zhang & Lee, 2023) و (Stojanovski, 2020)(Stojanovski, 2020) هم‌خوانی دارد. این پژوهش‌ها نیز تأکید دارند که طراحی شبکه‌های دوچرخه‌سواری باید بر اساس پیوستگی فضایی و دسترسی کارکردی انجام گیرد. از سوی دیگر، محورهایی مانند شهید سلیمانی و برق با عمق فضایی بالا و اتصال‌پذیری پایین‌تر، به‌عنوان گلوگاه‌هایی در شبکه فضایی شناخته شدند که برای تبدیل‌شدن به مسیرهای مؤثر دوچرخه‌سواری نیازمند تقویت و اصلاح زیرساختی هستند.

در بعد اجتماعی، قابلیت دسترسی به اماکن شاخص نظیر مدرسه، محل کار، فروشگاه‌ها، مناطق مسکونی و... با ۸۲٪ بیشترین درصد فراوانی را داشت. همچنین در بعد سیما و منظر زیر مؤلفه حفظ و نگه‌داری جاده با ۷۶٪ بیشترین درصد فراوانی را دارد حاکی از اهمیت دوچندان کف‌پوش می‌باشد. در بعد ایمنی و امنیت نیز زیر مؤلفه روشنایی با ۸۲/۲٪ بیشترین درصد فراوانی را به خود اختصاص داده است. از طرفی طبق آزمون‌های اخذشده از سؤالات بسته پرسشنامه در نرم‌افزارSPSS ، گرچه آزمون "من-ویتنی یو" تفاوت معناداری بین اهمیت امکانات برای مردان و زنان را نشان نداد، اما جمع امتیازات بیانگر اهمیت نسبی بیشتر این مؤلفه‌ها از دیدگاه زنان بود. همچنین، نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین نگرانی از تصادف و میزان استفاده از دوچرخه رابطه معکوس و نسبتاً قوی وجود دارد (ضریب همبستگی: ۰/۲۹۷-). این یافته بیانگر آن است که هرچه نگرانی کاربران از تصادف بیشتر باشد، احتمال استفاده آنان از دوچرخه کاهش می‌یابد؛ موضوعی که اهمیت طراحی ایمن مسیرها و ارتقاء حس امنیت در فضاهای شهری را دوچندان می‌سازد و با یافته‌های (Eluru et al., 2008; Eluru et al., 2008 Monazzam et al., 2021; Monazzam et al., 2021) همسو است. این پژوهش‌ها نیز بر این نکته تأکید دارند که احساس ناامنی در مسیرهای شهری، یکی از اصلی‌ترین بازدارنده‌های گرایش شهروندان به دوچرخه‌سواری است. نتایج حاصل از سؤالات باز پرسشنامه نیز نشان می‌دهد که از نگاه مردم، محورهای کاشانی، شهید بهشتی، شهید سلیمانی و ارتش محبوب‌ترین محورها برای تعبیه مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری است و محور برق به علت شیب مناسب و به‌منظور پیوستگی در شبکه دوچرخه به این مجموعه محورها اضافه شد. محورهای دانشکده و کاشانی علاوه بر محبوبیت بالا از نگاه مردم برای تعبیه مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری، دارای میزان بالای هم‌پیوندی و اتصال‌پذیری بوده (این نتایج با نظرات مردمی در مورد قابلیت دسترسی همسو است) و می‌توان از آن‌ها به‌عنوان تکه گمشده پازل پروژه سهاد نام برد.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی دلایل عدم موفقیت پروژه سهاد و بررسی انتظارات مردمی و الزامات کارشناسی در طراحی سیستم هوشمند اشتراک دوچرخه در شهر ارومیه انجام شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که عدم موفقیت این پروژه ناشی از عوامل متعددی از جمله ضعف زیرساخت‌ها، عدم هماهنگی بین نهادهای مسئول، و نادیده گرفتن نیازهای کاربران بوده است. راهکارهای ارائه‌شده در این پژوهش، یک چارچوب سیستماتیک و گام‌به‌گام برای بهبود بهره‌وری پروژه سهاد است که بر اساس تحلیل داده‌های کمی و کیفی، نیازهای کاربران، و ویژگی‌های فضایی شهر ارومیه توسعه‌یافته است اما می‌توان از آن برای پروژه‌های سیستم اشتراکی دوچرخه در شهرهایی با ویژگی‌های جغرافیایی، کالبدی و فرهنگی مشابه بهره گرفت. همچنین، تحلیل‌های آماری و فضایی انجام‌شده به روشن‌تر شدن چالش‌ها و ارائه راهکارهای عملی کمک کردند.

در ادامه به‌منظور موفقیت پروژه سهاد، پیشنهادهایی ارائه می‌شود تا ضمن پوشش محدودیت‌ها، برای تمامی اقشار و گروه‌های اجتماعی قادر به ارائه خدمات بوده و مورد استقبال عمومی قرار گیرد:

-بهبود زیرساخت‌ها و تعبیه مسیرهای ویژه دوچرخه با رعایت استانداردهای ایمنی و کیفیت بر اساس آئین‌نامه طراحی معابر (بخش ۱۱، مسیرهای دوچرخه) و بهره‌گیری از تجربیات جهانی به‌ویژه در کشورهای پیشرو در این حوزه.

-ایجاد شبکه‌ای پیوسته و متصل با حداقل گسست فضایی جهت به حداکثر رساندن دسترسی به کاربری‌ها و مناطق شهری از طریق مسیرهای دوچرخه و تأکید بر نقش پیونددهنده آن بین ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی.

-تقویت ایمنی مسیرهای دوچرخه با تخصیص مسیرهای درجه ۱ در محورهای پرتردد و شریانی، آرام‌سازی محورهای کاشانی و دانشکده، و بهبود نورپردازی، نظارت و حس امنیت برای افزایش استفاده از دوچرخه در حمل‌ونقل درون‌شهری توسط زنان و کودکان.

-اجرای برنامه‌های آموزشی و تبلیغاتی برای تشویق شهروندان به استفاده از دوچرخه.

-ایجاد سازوکارهای هماهنگی بین نهادهای شهری برای اجرای بهینه پروژه و جلوگیری از موازی کاری.

-نظارت بر عملکرد پروژه و بازنگری دوره‌ای برای اطمینان از تحقق اهداف تعیین‌شده جهت پایش و ارزیابی مستمر.

نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای طراحان، برنامه‌ریزان و مدیران شهری در طراحی و اجرای پروژه‌های مشابه در سایر شهرها مورداستفاده قرار گیرد. توسعه سیستم‌های اشتراک دوچرخه نه‌تنها به کاهش ترافیک و آلودگی هوا کمک می‌کند، بلکه می‌تواند گامی مهم در جهت تحقق شهرهای هوشمند و پایدار باشد. در نهایت، موفقیت پروژه‌هایی مانند سهاد مستلزم تعهد جدی نهادهای مسئول، مشارکت فعال شهروندان، و استفاده از دانش و تجربیات جهانی است. امید است این پژوهش بتواند زمینه‌ساز تحقق چشم‌انداز شهری سبز و پاک برای ارومیه و سایر شهرهای کشور باشد.

**حامی مالی**

این اثر حامی مالی نداشته است.

**سهم نویسندگان در پژوهش**

نویسندگان در تمامی مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

**تضاد منافع**

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند

**تقدیر و تشکر**

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش یاری‌رسان بودند، به‌ویژه آنانی که در ارزیابی و ارتقای کیفیت مقاله نقش مؤثری داشتند، ابراز می‌دارند.

## منابع

عابدینی، اصغر؛ ثبات‌ثانی، ناصر و گلشنی، مینا. (۱۳۹۸). تحلیل تأثیر تغییرات کالبدی بر ساختار فضایی محدودهٔ تاریخی شهر ارومیه به روش Space Syntax و GIS. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۱(۱)، ۷۹-۹۶. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20086296.1398.51.1.6.6.

حسینی‌پور، حانیه؛ کاظمی، علی و ثقفی اصل، آرش. (۱۴۰۲) ارزیابی تأثیر مؤلفه نفوذپذیری بر ارتقای کیفیت در فضاهای باز عمومی با روش چیدمان فضا (مطالعه موردی: محله باقرآباد رشت). *فصلنامه مطالعات و برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸ (۳)، ۸۱-۹۲. Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.3.7.8

معاونت حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی. (۱۳۹۹). آیین‌نامه طراحی معابر شهری، بخش ۱۱، مسیرهای دوچرخه. تهران: وزارت راه و شهرسازی

مطیعیان، حمید؛ سعدی مسگری، محمد و اصلانی، محمد. (۱۳۹۸). ارائه شاخص توسعه حمل‌ونقل محور در مناطق شهری از طریق آنالیزهای مکانی و سیستم استنتاج فازی. *نشریه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ۷ (۱). ۵۴-۳۷ http://dx.doi.org/10.29252/jgit.7.1.37

حاجی محمدحسن، مجید. (۱۳۹۰) *ارزیابی یکپارچه‌سازی حمل‌ونقل عمومی و دوچرخه‌سواری در شهر تهران*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین.

دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی) مرکز مطالعات و پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۴۰۳). آسیب‌شناسی بازار بهینه‌سازی انرژی و محیطزیست و ارائه راهکارها. تهران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

عسکری، محسن و رحیمی، محمود. (۱۳۹۳). بررسی میزان پذیرش اجتماعی استفاده از دوچرخه در سطح کلان‌شهرها (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران). *جامعه‌شناسی کاربردی*، ۲۸ (۱). ۲۰۶-۱۸۵ https://doi.org/10.22108/jas.2017.21253

شعبان‌پور، زهرا و زارع، سپیده. (۱۳۷۹). عوامل مؤثر بر استفاده شهروندان از دوچرخه به‌عنوان یک وسیله حمل‌ونقل (مطالعه موردی: شهر رشت). *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۴ (۱)، ۲۷۳-۲۵۹

خبرگزاری مهر. (۱۴۰۱، ۱۵ آذر). هوای ارومیه ناسالم است/ تردد خودروها ۷۰ درصد علت آلودگی. خبرگزاری مهر. https://www.mehrnews.com/amp/5655521

## References

Aashto. (2012). *Guide for the Development of Bicycle Facilities*. 4th Edition, 2012. www.transportation.org

Abedini, A., Sobat-Sani, N., & Golshani, M. (2019). An analysis of the impact of physical changes on the spatial structure of the historical area of Urmia using Space Syntax and GIS. *Human Geography Research,* 51(1), 79–96. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20086296.1398.51.1.6.6 [In Persian].

Askari, M., & Rahimi, M. (2014). Examining the level of social acceptance of bicycle use in metropolitan areas (Case study: Tehran metropolis). *Applied Sociology*, 28(1), 185–206. https://doi.org/10.22108/jas.2017.21253 [In Persian].

Bachand-Marleau, J., Lee, B., & El-Geneidy, A. (2012). Better understanding of factors influencing likelihood of using shared bicycle systems and frequency of use. *Transportation Research Record,* 2314, 66–71. https://doi.org/10.3141/2314-09

Bike Sharing World Map. (n.d.). *Global bike-sharing systems*. Retrieved March 20, 2025, from https://bikesharingworldmap.com/index.php#/all/2.6/0/51.5/

Eluru, N., Bhat, C. R., & Hensher, D. A. (2008). A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 40(3), 1033–1054. https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.11.010

Festus, I. A., Omoboye, I. F., & Andrew, O. B. (2020). Urban Sprawl: Environmental Consequence of Rapid Urban Expansion. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH),* 5(6), 110–118. https://doi.org/10.47405/mjssh.v5i6.411

Fishman, E., Washington, S., & Haworth, N. (2014a). Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* 31, 13–20. https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.013

Fishman, E., Washington, S., & Haworth, N. (2014b). Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* 31, 13–20. https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.013

Galychyn, O., & Üstundağ, K. (2017). Organic Urbanism: Human-oriented Design for Metropolises. Procedia Environmental Sciences, 37, 396–407. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.005

Garde, A. (2020). New urbanism: Past, present, and future. *Urban Planning*, 5(4), 453–463. https://doi.org/10.17645/UP.V5I4.3478

Haji Mohammad Hasan, M. (2011). *Evaluating the integration of public transport and cycling in Tehran*. (Master's thesis, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran).

Hassanpour, A., & Bigazzi, A. (2023). What is on the Bicycle Paths? A Detailed Vehicle Taxonomy with Mode Share Data for Off-Street Paths in Metropolitan Vancouver, Canada. *Transportation Research Record,* 2677(11), 258–271. https://doi.org/10.1177/03611981231165017

Hosseinpour, H., Kazemi, A., & Saqafi-Asl, A. (2023). Evaluating the impact of permeability components on improving quality in public open spaces using space arrangement method (Case study: Bagherabad neighborhood, Rasht). J*ournal of Human Settlements Studies and Planning*, 18(3), 81–92. Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.3.7.8 [In Persian].

Kosmidis, I., & Müller-Eie, D. (2023). The synergy of bicycles and public transport: a systematic literature review. *Transport Reviews*, 44(1), 34–68. https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2222911

Mehr News Agency. (2022, December 6). *Urmia air quality is unhealthy: 70% of pollution caused by vehicle traffic.* Mehr News Agency. https://www.mehrnews.com/amp/5655521 [In Persian].

Ministry of Roads and Urban Development, Transportation Deputy. (2020). *Urban street design regulations, Section 11: Bicycle paths*. Tehran: Ministry of Roads and Urban Development. [In Persian].

Mohammady, S., & Delavar, M. R. (2015). Urban Sprawl Monitoring. *Modern Applied Science*, 9(8). https://doi.org/10.5539/mas.v9n8p1

Monazzam, M. R., Karimi, E., Shahbazi, H., & Shahidzadeh, H. (2021). Effect of cycling development as a non-motorized transport on reducing air and noise pollution-case study: Central districts of Tehran. *Urban Climate*, 38. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100887

Motieian, H., Saedi-Masgari, M., & Aslani, M. (2019). Developing transit-oriented development indicators in urban areas through spatial analysis and fuzzy inference system. *Journal of Spatial Information Technology Engineering*, 7(1), 37–54. http://dx.doi.org/10.29252/jgit.7.1.37 [In Persian].

Office of Energy, Industry, and Mining Studies (Energy Group). Center for Research and Studies of the Islamic Consultative Assembly. (2024). *Diagnosis of the energy optimization and environmental market and proposing solutions*. Tehran: Research Center of the Islamic Consultative Assembly. https://doi.org/10.22034/report.2024.16811.1729 [In Persian].

Ploeger, J., & Oldenziel, R. (2022). Bicycle-Oriented Development: How the Dutch Railroad Shaped Urban Planning and Discovered Cyclists along the Way, 1960-1990. *Journal of Urban History*. https://doi.org/10.1177/00961442221133080

Schneider, F., Jensen, A. F., Daamen, W., & Hoogendoorn, S. (2023). Empirical analysis of cycling distances in three of Europe's most bicycle-friendly regions within an accessibility framework. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(7), 775–789. https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2095945

Shabaanpour, Z., & Zare, S. (2000). Factors influencing citizens' use of bicycles as a transport mode (Case study: Rasht city). *Journal of Human Settlements Studies and Planning*, 14(1), 259–273. [In Persian].

Stojanovski, T. (2020). Urban design and public transportation–public spaces, visual proximity and Transit-Oriented Development (TOD). *Journal of Urban Design*, 25(1), 134–154. https://doi.org/10.1080/13574809.2019.1592665

Yen, B. T. H., Mulley, C., Chen, M. Y. J., & Chiou, Y. C. (2024). How transit-oriented development concepts and strategies influenced green transport systems: A meta-analysis approach. *Asian Transport Studies*, 10. https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2024.100136

Yıldırım, Ö. C., & Çelik, E. (2023). Understanding pedestrian behavior and spatial relations: A pedestrianized area in Besiktas, Istanbul. *Frontiers of Architectural Research*, 12(1), 67–84. https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.06.009

Zhang, M., & Lee, J. (2023). Make TOD More Bicycling-Friendly: An Extended Node-Place Model Incorporating a Cycling Accessibility Index. *Buildings*, 13(5). https://doi.org/10.3390/buildings13051240