



Evaluation of the Significance and Impact of Drivers and Barriers to the Smart Urban Transportation System in Tabriz Based on Emerging Technologies Using SWARA and PLS Techniques

Akbar Esmaili¹, Rasoul Ghorbani², Hassan Mahmoudzadeh³

1. Corresponding Author, Academic Member of Center for Education Culture and Research (ACECR), Email: esmaili@acecr.ac.ir

2. Professor, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Email: ghorbani.rasoul@gmail.com

3. Professor, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Email: hassan.mahmoudzadeh@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 5 December 2024

Revised: 19 July 2025

Accepted: 20 July 2025

Published: 21 November 2025

Keywords:

Smartening

Urban Transportation

New Technologies

Tabriz

ABSTRACT

Traffic congestion is one of the destructive effects that the rapid growth of cities, excessive population growth, and its unreasonable dispersion leave on both natural and cultural environments. This rapid growth, on the one hand, and the development of new technologies such as the Internet of Things, on the other hand, have confronted cities with new challenges. Numerous efforts have been made to mitigate these negative effects, one of the most significant is the strategy of utilizing new and smart technologies. This research is applied in its objective side, and descriptive-analytical in terms of its research type and nature. In the qualitative section, the thematic analysis technique and Maxqda software were used, while in the quantitative section, the Swara technique was brought into play to determine the importance coefficient, and Smart PLS software was used to determine the influence coefficient of barriers.

Based on the research findings, it was found that many qualitative and quantitative factors influence the smartness of urban transportation. Seven factors (policy-planning, economic-investment, security-legal, physical, managerial-organizational, cultural-social, and technical) were identified as the most important drivers & barriers. The findings pinpoint that factors such as weak integrated urban management, lack of targeted programs and clear vision, failure to recognize strengths, weaknesses, opportunities, and threats in the smart urban transportation domain on the Internet of Things platform, lack of smart sensor installation throughout the area, absence of traffic sensors, environmental monitoring and analysis, underdevelopment of fiber optic networks, wireless internet, and 4G and 5G connectivity, lack of automatic accident detection systems, moving weigh-in-motion systems, and weaknesses in traffic management software are the most critical barriers to the smartening of Tabriz's urban transportation system.

Cite this article: Esmaili, A., Ghorbani, R., Mahmoudzadeh, H. (2025). Evaluation of the Significance and Impact of Drivers and Barriers to the Smart Urban Transportation System in Tabriz Based on Emerging Technologies Using SWARA and PLS Techniques. *Journal of Geography and Planning*, 31 (93), 35-55. <http://Doi.org/10.22034/gp.2025.64375.3323>



© The Author(s).

DOI: <http://Doi.org/10.22034/gp.2025.64375.3323>

Publisher: University of Tabriz.

Introduction

Since the inception of urban planning, humankind has consistently pursued the vision of an ideal society—an aspiration rooted in addressing the complexities and challenges of urban life. In the contemporary era, this vision has taken the form of smart cities, representing a modern-day utopia shaped by innovation and technology. However, despite global efforts, there remains no universally accepted model of a smart city that fully embodies the core principles of urban planning. Designers, planners, and policymakers continue to debate the criteria for defining and achieving the ideals of a truly smart city. Rather than adhering to a fixed framework, the concept of a smart city emphasizes adaptability—developing intelligent, technology-driven solutions to evolving urban needs. Over time, the rapid growth of urban populations and advances in digital technology have highlighted the critical importance of smart urban transportation. In modern cities, citizens increasingly rely on accurate, real-time scheduling and seamless mobility to efficiently access workplaces, homes, and commercial centers. Urban transportation, as one of the foundational components of smart cities, is therefore deeply influenced by the integration of information and communication technologies (ICT) and the broader urban smartization process.

Materials and Methods

This study is applied in terms of its purpose and descriptive-analytical in terms of its type and nature. The research employs a mixed-methods approach, combining both qualitative and quantitative methodologies to ensure comprehensive data collection and analysis. In the qualitative phase, data were analyzed using thematic analysis, facilitated by MAXQDA software. This phase focused on identifying key themes and patterns derived from expert insights. In the quantitative phase, the primary objective was to determine the weight and importance coefficients of various factors and indicators as assessed by expert judgment. To achieve this, the SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) technique was employed due to its simplicity, transparency, and systematic approach. SWARA is particularly effective in contexts where quantitative information is uncertain, and it minimizes the cognitive load on respondents. Subsequently, the impact coefficients of the identified factors were calculated using Smart PLS software, allowing for the prioritization of the most influential elements in the smart urban transportation system. Given the uncertainty regarding the exact size of the statistical population, a purposive sampling method was applied in combination with the snowball sampling technique, continuing until theoretical saturation was achieved. For data collection, the qualitative phase utilized open-ended questions to capture in-depth expert opinions, while the quantitative phase employed closed-ended questions to systematically measure and analyze responses related to the identified indicators.

Results

The results of the study indicate that the managerial-organizational, cultural-social, policy-planning, and technical-technological factors exert the most significant influence on the challenges hindering the smartization of Tabriz's urban transportation system. In contrast, security-legal, physical, and economic-investment factors were found to have comparatively lower impact coefficients. This analysis suggests that for the successful implementation of smart transportation systems, strategic emphasis should be placed on effective governance, social readiness, and long-term policy planning. While physical infrastructure development and financial investments are undoubtedly essential, their influence relative to organizational and societal factors is considered secondary in the present context. Furthermore, the factor loadings for the identified constructs, alongside the reliability and validity indices calculated for the model, demonstrate a satisfactory model fit. These indicators confirm that the conceptual model proposed for analyzing the smartization process of Tabriz's urban transportation system is both statistically robust and practically applicable. As such, urban managers and policymakers can leverage this model as a diagnostic and strategic planning tool to identify bottlenecks and develop targeted interventions aimed at facilitating the transition toward a smart urban transportation infrastructure.

تحلیل اهمیت و تاثیر گذاری پيشران ها و پسران های هوشمندسازی سیستم حمل و نقل شهری تبریز در بستر فناوری های نوین با استفاده از تکنیک Swara و PLS

اکبر اسمعیلی^۱، رسول قربانی^۲، حسن محمودزاده^۳

^۱. نویسنده مسئول، اکبر اسمعیلی، عضو هیات علمی جهاد دانشگاهی، پژوهشکده توسعه و برنامه ریزی، گروه برنامه ریزی منطقه ای، رایانامه:

esmaili@acecr.ac.ir

^۲. رسول قربانی، استاد گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، رایانامه: ghorbani.rasoul@gmail.com

^۳. حسن محمودزاده، استاد گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز، رایانامه:

hassan.mahmoudzadeh@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰	از دحام ترافیک یکی از تاثیرات مخربی است که رشد سریع شهرها و رشد بی رویه جمعیت و پراکندگی نامعقول آنها، بر روی محیط های طبیعی و فرهنگی بر جای می گذارد. این رشد سریع از یک سو، شهرها را با مسایل جدیدی مواجه ساخته و از سوی دیگر تلاش های زیادی برای برطرف ساختن تاثیرات منفی آنها به عمل آمده که یکی از عمده ترین آنها، راهبرد استفاده از فناوری های نو و هوشمند می باشد. این تحقیق به لحاظ هدف، کاربردی و از نظر نوع و ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از نظر روش ترکیبی (کمی و کیفی) است. در بخش مطالعات کیفی از تکنیک تحلیل موضوعی و نرم افزار Maxqda و در بخش مطالعات کمی از تکنیک Swara برای تعیین ضریب اهمیت و از نرم افزار Smart PLS برای تعیین ضریب تاثیرگذاری پسران ها (محرک ها) و پسران ها (موانع) استفاده شده است. بر اساس یافته های تحقیق؛ مشخص گردید که عوامل کیفی و کمی متعددی در زمینه هوشمندسازی حمل و نقل شهری تبریز تاثیرگذار می باشند. هفت عامل (سیاست گذاری-برنامه ریزی، اقتصادی-سرمایه-گذاری، امنیتی-قانونی، فیزیکی-کالبدی، مدیریتی-سازمانی، فرهنگی-اجتماعی و فنی-تکنولوژیکی) به عنوان مهمترین پيشران و پسران، شناسایی گردید. یافته ها نشان می دهد که عواملی نظیر: ضعف مدیریت یکپارچه شهری، نبود برنامه های هدفمند و چشم انداز مشخص، عدم شناخت نقاط ضعف و قوت، فرصت ها و تهدیدات، عدم نصب سنسورهای هوشمند، نبود حسگرهای ترافیکی، نظارتی و تحلیل محیطی، عدم توسعه شبکه فیبر نوری و اینترنت بی سیم و اینترنت 4G و 5G، نبود سامانه تشخیص خودکار حوادث و سامانه توزین در حال حرکت، ضعف نرم افزارهای مدیریت ترافیک و... مهمترین پسران های هوشمندسازی سیستم حمل و نقل شهری تبریز در بستر فناوری های نوین نظیر اینترنت اشیاء می باشند.

استناد: اسمعیلی، اکبر؛ قربانی، رسول؛ محمودزاده، حسن (۱۴۰۴). تحلیل اهمیت و تاثیرگذاری پسران ها و پسران های هوشمندسازی سیستم حمل و نقل شهری تبریز

در بستر فناوری های نوین با استفاده از تکنیک Swara و PLS. جغرافیا و برنامه ریزی، ۳۱ (۹۳)، ۵۵-۳۵.

<http://doi.org/10.22034/gp.2025.64375.3323>

© نویسنده گان.

ناشر: دانشگاه تبریز.



مقدمه

رشد شتابان شهرها، فشار فزاینده‌ای به زیرساخت‌های شهری تحمیل می‌کند که همواره از پیامدهای نامطلوب رنج می‌برند و تجمع انبوه عظیمی از جمعیت منجر به آشفتگی و بی‌نظمی شده و شرایطی را فراهم می‌آورد که نه تنها تعادل شهرها را به چالش کشیده، بلکه دستیابی به پایداری را با روش‌های کنونی اداره و توسعه، ناممکن می‌سازد. نهادهای شیوه‌های مدیریت و حاکمیت قدیمی با جهان پیچیده و به سرعت در حال تغییر در تضاد بوده و در نتیجه برنامه‌ریزان شهری در تلاشند تا با نگاهی یکپارچه به تمامی ابعاد شهرنشینی، مدل‌هایی را برای توسعه شهرهای قرن ۲۱ به منظور پاسخگویی به خواسته‌ها و انتظارات جدید دنیای امروز توسعه دهند (پوراحمد، ۱۳۹۷). شهرنشینی پدیده‌ای است که به سرعت در حال رشد است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، اکثریت جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند و در این راستا ظهور شهرهای هوشمند به عنوان راه‌حلی برای پاسخ‌دهی به چالش‌های ناشی از شهرنشینی و رشد جمعیت، راه را برای ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات با زیرساخت‌های سنتی هموار کرده است (ح عبدالعاطی^۱، ۲۰۲۴). سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)^۲ به عنوان یکی از ارکان شهر هوشمند و نیروی پیشران در محیط به سرعت در حال گسترش ظهور کرده‌اند و اساساً نحوه جابجایی افراد و اشیاء را در سطح شهرها تغییر می‌دهند (الاسی^۳، ۲۰۲۴) اما گذار از سیستم سنتی به سمت هوشمندی با موانع و چالش‌های مختلفی همراه است که توجه نکردن به آنها کل رویای ساخت شهر هوشمند را تهدید می‌کند (تان^۴، ۲۰۲۰).

در حال حاضر از یک طرف شهرهای ایران به خصوص کلانشهرها با مسائل و مشکلات پیچیده‌ای از جمله ترافیک، آلودگی، تراکم بیش از اندازه جمعیت، شکاف طبقاتی، کمبود فضاهای خدماتی و... مواجه هستند و از طرف دیگر فناوری‌های هوشمند، تحولات گسترده‌ای را در تمامی عرصه‌های زندگی بشر به دنبال داشته است، اما پیشران‌ها و پسران‌های زیادی در این مسیر وجود دارد که باعث شده فاصله معناداری تا هوشمندسازی داشته باشیم (بیات، ۱۴۰۱). سوال اصلی تحقیق اینست که مهمترین پیشران‌ها و پسران‌های پیش‌رو کدامند؟ و ضریب اهمیت، تاثیرگذاری و اولویت بندی آنها در هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل شهری تبریز به چه شکلی می‌باشد؟

ادبیات نظری پژوهش

در طول تاریخ، مفهوم شهر در چهار دوره مختلف دگرگون شده است: شهر اول، شهری برآمده از پیله‌وری و بازرگانی، شهر دوم، شهری در پی نوآوری آغازین با انقلاب فنی در ابزار تولید، شهر سوم، شهری در پس انقلاب صنعتی، مملو از جنبش و حرکت و شهر چهارم، شهری در پی انقلاب الکترونیکی و اطلاعاتی (حبیبی، ۱۳۹۴). کلاوس شواب و مجمع جهانی اقتصاد، فرا رسیدن انقلاب صنعتی چهارم را اعلام کردند و این انقلاب با تلفیقی از فناوری‌های نوین مشخص می‌شود که مرزهای بین حوزه‌های فیزیکی، دیجیتال و بیولوژیکی را محو می‌کند (لی^۵، ۲۰۱۸). در راستای انقلاب چهارم، پیشرفت‌های فناوری بر نحوه زندگی، کار و تعاملات در فضای شهری تأثیر می‌گذارند. ادغام فناوری‌های نوین در ارکان شهرهای هوشمند من جمله در هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل، روز به روز مشهودتر می‌شود و تجربه زندگی شهری را بهبود می‌بخشد (آدیمی^۶، ۲۰۲۲).

با شروع تاریخ علم شهرسازی، بشر همواره به دنبال جامعه‌ای آرمانی بوده تا پاسخی در برابر مسائل زندگی شهری خویش پیدا کند. آرمان شهر دوران معاصر ما نیز شهرهای هوشمند هستند و به همین دلیل هیچ مصداق غایی از شهر هوشمند نمی‌توان یافت که تمامی اصول شهرسازی لازم را در برداشته باشد. نمونه‌ای در شهرهای هوشمند وجود ندارد که طراحان، برنامه‌ریزان یا بهره‌برداران، بر سر آن توافق کنند و ادعا نمایند که به تمامی، به آرمان‌های شهر هوشمند دست یافته است. با این توضیح، در تعریف شهر هوشمند چارچوب مشخصی برای رسیدن به درجه غایی وجود ندارد. بلکه تأکید بر پاسخ‌دهی به نیازهایی است که

1 - H Abdelati

2 - Intelligent transportation systems

3 - Elassy

4 - Tan

5 - Lee

6 - Adeyemi

مستلزم یافتن راه‌حل‌های هوشمندانه‌تر از طریق دانش و فناوری است (خامسی، ۱۳۹۹). با این مقدمه به ارایه تعاریفی در خصوص شهر هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات و پیشران‌ها و پسران‌های موثر در هوشمندسازی شهر و سیستم حمل‌ونقل شهری پرداخته می‌شود.

دامری^۱ بیان می‌کند که شهر هوشمند، اجتماعی است هوشمند که تلاش آگاهانه‌ای برای استفاده مؤثر از فناوری اطلاعات در جهت بهبود و تغییرات اساسی در شرایط زندگی و کار ایجاد می‌نماید و یا در تعریفی دیگر بیان کرده است که شهر هوشمند محصول مشترک شهر دیجیتال با اینترنت اشیاء (IoT)^۲ می‌باشد (دامری، ۲۰۱۷). در تعریف حمل‌ونقل هوشمند نیز تاکید شده است که یکی از جنبه‌های چالش برانگیز و حیاتی شهر هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند (ST)^۳ می‌باشد که به اقتصاد منطقه کمک می‌کند. حمل‌ونقل هوشمند به خصوص در کشورهای در حال توسعه با هدف بهبود حمل‌ونقل عمومی منطقه و به حداقل رساندن ترافیک مورد توجه قرار گرفته است (حالم^۴، ۲۰۲۲) و الزامات حمل‌ونقل هوشمند عبارتند از: زیرساخت‌های الکترونیکی، زیرساخت‌های مکانیکی، سیستم‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء، سیستم‌های کنترل سیگنال ترافیک و استراتژی‌های مدیریتی که هدف آن تبدیل حمل‌ونقل به یک سیستم سبز و پایدار، یعنی یک سیستم حمل‌ونقل هوشمند^۵ می‌باشد (میهای^۶، ۲۰۲۲). در تعریف فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)^۷ بیان شده که مجموعه‌ای است از ابزارها و تکنولوژی‌ها برای جمع‌آوری، ذخیره، پردازش، انتقال و بازیافت اطلاعات و این فناوری شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار، شبکه‌های ارتباطی و مخابراتی بوده که به منظور دستیابی به اطلاعات و برقراری ارتباطات به کار می‌روند (ژانگ^۸، ۲۰۱۷).

در عصر حاضر با وقوع انقلاب در حوزه فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطاتی نظیر اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، داده‌های بزرگ، یادگیری ماشین و... شاهد وقوع اتفاقات جدیدی در حوزه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری بوده و هوشمندسازی سیستم‌های شهری کلانشهرها در سایه فناوری‌های نوین، جزء دغدغه‌های نظام‌های مدیریتی شهری می‌باشد. اما تحقق این آرمان در گرو سرمایه‌گذاری بر روی پیشران‌ها (محرك‌ها) و رفع تاثیرات پسران‌ها (موانع) متعددی است که از شهری به شهر دیگر می‌تواند متفاوت و متغیر باشد. در تحقیقی که طایی‌حق و سینگ‌تان با عنوان حکمروایی شهر هوشمند در کشورهای در حال توسعه انجام داده‌اند، پسران‌ها و پیشران‌های مؤثر در شکل‌گیری شهرهای هوشمند در کشورهای در حال توسعه را ارزیابی کرده‌اند که بر اساس این مطالعه، پیشران‌های شکل‌گیری و پسران‌های عدم شکل‌گیری شهرهای هوشمند و ارکان شهر هوشمند نظیر حمل‌ونقل، در قالب سه عامل کلی (عوامل نهادی، عوامل انسانی و عوامل فناوری) شناسایی و دسته‌بندی گردیده‌اند (تان و تایه‌هاگ^۹، ۲۰۲۰).

سابقه و اجزای حمل‌ونقل هوشمند

گذشت زمان، جمعیت‌پذیری شهرها و پیشرفت‌های فناوریانه، اهمیت حمل‌ونقل هوشمند شهری را آشکار کرده است و شهروندان برای دسترسی سریع به محل کار و سکونت و مراکز خرید، نیاز به زمان‌بندی دقیق دارند. سیستم حمل‌ونقل شهری، یکی از حوزه‌هایی است که می‌تواند از فناوری اطلاعات و فرآیندهای هوشمندسازی شهری متاثر گردد (بخشی سنجدری، ۱۳۹۹)، این مفهوم به طور کلی شامل به‌کارگیری تکنولوژی‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT)^{۱۰} و اینترنت اشیاء (IoT)^{۱۱} برای ارتقاء عملکردهای شهری در زمینه‌هایی مختلف مانند حمل‌ونقل می‌باشد (هالندز^{۱۲}، ۲۰۲۳). این ایده تا اواسط ۱۹۸۰ که ژاپنی‌ها

1 -Dameri

2 -Internet of Things

3 -Smart Transportation

4 - Haleem

5 -Intelligent Transportation System

6 - Mihai

7 -Information and Communications Technology

8 -Zhang

9 -Tan & Taeiahaigh

10- Information Communication Technology

11- Internet of Things

12- Hollands

شهر علم (کان‌سای) و استرالیایی‌ها شهر چندعملکردی را در آدلاید بنا کردند، ایده ناشناخته‌ای بود (ویسی، ۱۳۹۰) و اصطلاح شهر هوشمند برای اولین بار به عنوان راهبرد توسعه در دهه ۹۰ مطرح شد (یوهانس^۱، ۲۰۲۰) و نخستین بار در بریزبن استرالیا و بلکسبرگ آمریکا به کار گرفته شد (آلوارز^۲، ۲۰۱۲). ویژگی اساسی یک شهر هوشمند^۳، شامل استفاده از فناوری‌های مدرن مانند مانند سنسورها، داده‌های کلان^۴، یادگیری ماشین^۵ و شبکه‌های ارتباطی برای بهینه‌سازی خدمات و کاهش مصرف منابع است (بتی^۶، ۲۰۱۲). شهرهای هوشمند به دنبال تحقق توسعه پایدار نیز هستند که شامل ارتقاء کیفیت زندگی، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و افزایش مشارکت شهروندان در فرآیندهای تصمیم‌گیری است (کاراگلیو^۷، ۲۰۲۳). مدل‌های عملیاتی شهرهای هوشمند می‌توانند به دو دسته تقسیم شوند: مدل‌های مبتنی بر فناوری (فناوری‌های پیشرفته و زیرساخت‌های دیجیتال) و مدل‌های مبتنی بر جامعه (تمرکز بر تعاملات اجتماعی و کیفیت زندگی)، (نام و پاردو^۸، ۲۰۱۱).

پیشران‌ها و پسران‌های هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری

نیروهای پیشران (محرک) و پسران (موانع) را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد که عبارتند از: عوامل انسانی (سرمایه انسانی متخصص و مشارکت فعال شهروندان)، عوامل فناوری (اینترنت پرسرعت، زیرساخت‌ها، سیستم‌های اطلاعاتی امن و پایدار و زیست بوم نوآوری) و عوامل نهادی (ظرفیت مالی و سرمایه‌گذاری، وجود قوانین، مقررات و نظارت و کنترل). این نیروها با توجه به شرایط و نیازهای هر شهر می‌توانند متفاوت باشند و نقش مهمی در موفقیت یا ناکامی پروژه‌های هوشمندسازی ایفا می‌کنند (گیل-گارسیا^۹، ۲۰۱۵).



شکل ۱. پیشران‌ها و پسران‌های هوشمندسازی (خامسی، ۱۳۹۹)

پیشران‌های هوشمندسازی

- ظرفیت مالی حکومت (عامل نهادی): استفاده از طیف گسترده ابزارهای مالی مرسوم و نوآورانه برای تقویت سرمایه‌گذاری.
- نظارت و کنترل (عامل نهادی): وضع مجموعه‌ای روشن از قوانین، مقررات و سیاست‌ها و نظارت قوی جهت افزایش اعتماد شهروندان و سرمایه‌گذاران.
- آمادگی فناوری و زیرساخت‌ها (عامل نهادی): فراهم بودن زیرساخت‌های با کیفیت و با امنیت بالا، زیرساخت‌های بی‌سیم و سیستم‌های اطلاعاتی سرویس دهنده.
- سرمایه انسانی (عامل انسانی): داشتن شهروند با تحصیلات کافی و مهارت فنی.
- ثبات در توسعه اقتصادی (عامل نهادی): رشد تولید ناخالص داخلی تأثیر مستقیمی در جذب سرمایه مالی دارد.

1 - Johannes
2 - Alvarez
3 - Smart City
4 - Big Data
5 - Machine Learning
6 - Batty
7 - Caragliu
8 - Nam & Pardo
9 - Gil-Garcia

- تعامل و مشارکت فعال شهروندان (عامل انسانی): مشارکت شهروندان موجب توانمندسازی، شمولیت دیجیتال و حاکمیت مشارکتی می‌شود.
- مشارکت و انتقال دانش از بخش خصوصی (عامل انسانی): بخش خصوصی در تأمین بودجه، نظارت و عملکرد برای آزمودن ایده‌های جدید همکاری می‌کند.
- زیست بوم نوآوری (عامل نهادی): ایجاد اکوسیستم پشتیبان که به پیشرفت نوآوری و یادگیری منجر می‌شود (تان و تایهاگ، ۲۰۲۰).



شکل ۲. پسران‌های هوشمندسازی (تان و تایهاگ، ۲۰۲۰)

پسران‌های هوشمندسازی

- کمبود سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های اولیه (عامل نهادی): مانند شبکه فیبر نوری، حسگرهای ترافیکی، سنسورها و...
- عدم آمادگی زیرساخت‌های مربوط به فناوری (عامل نهادی): آماده نبودن زیرساخت‌های لازم فناوری و ضعف در سیستم اینترنت، کمبود ظرفیت‌های فنی محلی و...
- اقتدار پراکنده (عامل نهادی): شهر هوشمند ذینفعان متعددی از بخش خصوصی تا دولتی دارد و داشتن قدرت مرکزی برای هدایت کل فرآیند توسعه مهم است.
- عدم وجود چارچوب حکمرانی و قوانین نظارتی شهر هوشمند (عامل نهادی): شهروندان، نگران نظارت‌های قانونی و امنیت داده‌ها هستند و مادامی که شهر هوشمند قوانین مشخص و شفاف را در این زمینه مهیا نکند این نگرانی وجود دارد.
- کمبود سرمایه انسانی ماهر (عامل انسانی): کمبود نیروی متخصص در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات مانعی را برای توسعه شهر و حمل‌ونقل هوشمند ایجاد کرده است.
- مخدوش شدن حقوق همگان (عامل انسانی): عدم رعایت حقوق ساکنان اصلی شهر از فقیر و غنی تا گروه‌های آسیب‌پذیر اجتماع.
- ملاحظات زیست محیطی (عامل انسانی): شهر هوشمند و توسعه آن می‌تواند به روند مهاجرت بی‌رویه و شکل‌گیری سکونتگاه‌های برنامه‌ریزی شده منجر شود.

- کمبود مشارکت شهروندان (عامل انسانی): مشارکت حداقلی شهروندان، پروژه‌های شهری هوشمند را با مشکل مواجه می‌کند.
- سواد پایین فناوری و کمبود دانش بین شهروندان (عامل انسانی): پایین بودن دانش عمومی و سواد استفاده از سیستم‌های هوشمند در بدنه جامعه با وجود زیرساخت‌های مناسب، مشکل‌آفرین خواهد بود (تان و تایهاگ، ۲۰۲۰).



شکل ۳. پسران‌های هوشمندسازی (تان و تایهاگ، ۲۰۲۰)

الزامات هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری

زیرساخت‌های الکترونیکی، زیرساخت‌های مکانیکی، سیستم‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء، سیستم‌های کنترل سیگنال ترافیک و استراتژی‌های مدیریتی، الزامات یک سیستم حمل‌ونقل هوشمند^۱ می‌باشند (میهای بورلاکو^۲، ۲۰۲۲) بر این اساس سیستم‌ها و تجهیزات مورد نیاز سیستم حمل‌ونقل هوشمند عبارتند از:

- سیستم تردد شمار^۳ (TCS)
- تجهیزات هوشمندسازی چراغ‌های راهنمایی^۴ (IETL)
- سیستم توزین در حال حرکت^۵ (WIM)
- سیستم اطلاع‌رسانی اتوماتیک رادیویی^۶ (ARNS)
- سنسورهای هواشناسی^۷ (MS)

1 -Intelligent Transportation System

2 - Mihai Burlacu

3 -Traffic Counter System

4 -Intelligent Equipment for Traffic Lights

5 -Weight System in Motion

6 -Automatic Radio Notification System

7 -Meteorological Sensors

- دوربین‌های سرعت‌سنج (^۱SC)
- تابلوهای پیام متغیر (^۲VMS)
- موقعیت‌یاب خودکار وسیله نقلیه (^۳AVL)
- سیستم ثبت و تشخیص پلاک خودرو (^۴VLPRIS)
- سیستم‌های تشخیص خودکار حوادث (^۵AADS)
- سیستم‌های پیشرفته اطلاع‌رسانی به مسافران (^۶APIS)
- دوربین‌های مداربسته و نظارت تصویری (^۷CCTV). (قاسمی نژاد، ۱۳۸۸).

فناوری نوین در هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری

اینترنت اشیاء به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین فناوری‌های نوین، نقشی کلیدی در تحول دیجیتال و هوشمندسازی ایفا می‌کند. این فناوری با اتصال دستگاه‌ها و اشیاء مختلف به اینترنت، امکان جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به صورت بلادرنگ را فراهم می‌سازد و از طریق داده‌های بزرگ، به تصمیم‌گیری هوشمندتر و بهینه‌سازی فرآیندها منجر می‌شود و به عنوان یکی از ارکان اصلی انقلاب صنعتی چهارم شناخته می‌شود. نظریه اینترنت اشیاء برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط "کوین اشتون"^۸ مطرح گردید (صریحی، ۱۳۹۹). اینترنت اشیاء به یک شبکه گسترده جهانی از اشیاء متصل به هم و دارای آدرس‌های منحصر به فرد مبتنی بر پروتکل‌های ارتباطی استاندارد، اشاره می‌کند که نقطه همگرایی آنها اینترنت است. این اشیاء به عنوان حسگر عمل می‌کنند و می‌توانند جهت رسیدن به یک هدف مشترک با یکدیگر تعامل داشته باشند (گوبی،^۹ ۲۰۱۳).

معماری اینترنت اشیاء

اینترنت اشیاء دارای چهار لایه حسگرها/سنسورها، شبکه، پردازش داده و لایه‌های کاربردی است که به کمک قابلیت‌های مدیریتی و امنیتی، کاربردهای آن تحقق می‌یابد.

عناصر و اجزاء اینترنت اشیاء

عناصر و اجزاء فیزیکی اینترنت اشیاء در راستای هوشمندسازی سیستم‌های شهری من جمله حمل‌ونقل، عبارتند از: حسگرها و دستگاه‌ها، زیرساخت‌های ارتباطی، پلتفرم‌های پردازش و ذخیره‌سازی، نرم‌افزارهای مدیریت و کنترل، رابط‌های کاربری، سیستم‌های اجرایی و کنترل، امنیت و حریم خصوصی، مدیریت بحران، هماهنگی، استراتژی‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی (وفا قصاب^{۱۰}، ۲۰۲۰).

1 -Speed Cameras

2 -Variable Message Sign

3 - Automatic Vehicle Locator

4-Vehicle License Plate Registration and Identification System

5-Automatic Accident Detection System

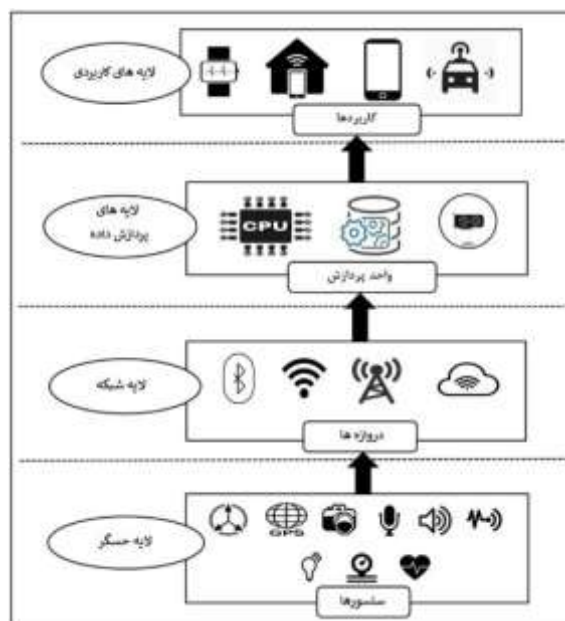
6-Advanced Passenger Information System

7 - Closed-Circuit Television

8 - Kevin Ashton

9 - Gubbi

10 - Wafaa Kassab



شکل ۴. معماری اینترنت اشیا (سیکدر^۱، ۲۰۱۸)

کاربردهای اینترنت اشیا در حمل و نقل

اینترنت اشیا در تمام جنبه‌های سیستم‌های حمل و نقل (خودروها، زیرساخت‌های شهری، رانندگان/شهروندان) کاربرد دارد و تعامل پویا بین اجزای یک سیستم حمل و نقل، ارتباطات وسایل نقلیه، کنترل هوشمند ترافیک، پارکینگ‌های هوشمند و سیستم‌های جمع‌آوری عوارض الکترونیکی را قادر می‌سازند (لوپز^۲، ۲۰۰۵).

پیشینه پژوهش

مطالعات داخلی

فیروزی (۱۳۹۶)؛ در مقاله‌ای با عنوان "کاربرد اینترنت اشیا در حمل و نقل شهری" به بررسی کاربردهای مختلف اینترنت اشیا در سیستم حمل و نقل شهری پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اشیا وقتی بتوانند خود را به صورت دیجیتالی ارایه کنند در نهایت به پدیده‌ای بسیار فراتر از کلیتی که در واقعیت هستند، تبدیل خواهند شد که می‌توان سخن از یک محیط هوشمند به میان آورد. فهم فام و همکاران (۱۳۹۶)؛ در مقاله‌ای با عنوان "عوامل مؤثر بر توسعه و مدیریت شهر هوشمند با استفاده از یک رویکرد ترکیبی از فناوری داده‌های بزرگ، اینترنت اشیا و رایانش ابری" با هدف بررسی نقش اینترنت اشیا و رایانش ابری در هوشمندسازی مدیریت شهری پرداخته و نتایج آن نشان می‌دهد که تحقق بخشیدن به یکپارچگی خدمات شهری، حمل و نقل و سایر زیرسیستم‌های شهری از طریق سنسورها و فناوری اطلاعات و ارتباطات امکان‌پذیر است. احمدی و همکاران (۱۳۹۸)؛ در مقاله‌ای با عنوان "مدل ترکیبی اولویت‌بندی استراتژی‌های حمل و نقل هوشمند مورد پژوهی: کلانشهر تبریز" به بررسی ساختار مدیریت حمل و نقل کلانشهر تبریز پرداخته و بیان می‌کند که مسأله اصلی در خصوص حمل و نقل در کلانشهرها، فقدان و در برخی موارد ضعف طرح‌های راهبردی برای ورود به برنامه‌های حمل و نقل هوشمند می‌باشد که اثر بخشی برنامه‌های سازمان‌های مرتبط با حمل و نقل شهری را تحت تأثیر قرار داده است. هدف این مقاله ارائه مدلی جهت اولویت بندی استراتژی‌های توسعه حمل و نقل هوشمند به منظور پوشش برنامه راهبردی مدیریت حمل و نقل می‌باشد. گودرزی و همکاران (۱۳۹۸)؛ در مقاله‌ای با عنوان "بررسی و تحلیل موانع هوشمندسازی حمل و نقل درون شهری اهواز" با هدف شناسایی مهمترین

1 - Sikder

2 - Lopez

موانع پیش روی هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل شهری اهواز، بیان می‌کند که یکی از مهمترین راهبردهای توسعه حمل‌ونقل هوشمند، شناسایی موانع توسعه حمل‌ونقل هوشمند در ابعاد گوناگون آن بوده و ۶۵ عامل به عنوان موانع هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل اهواز تاثیرگذار هستند و تاثیرگذارترین موانع، عوامل مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و... می‌باشند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹)؛ در مقاله‌ای با عنوان "بررسی تاثیر اینترنت اشیا بر حمل‌ونقل در کلان شهرها" با هدف بررسی تاثیرات اینترنت اشیا در سیستم حمل‌ونقل شهری، نشان می‌دهد که شبکه اینترنت اشیا، فناوری نوظهوری است و در واقع شبکه‌ای است که در آن تمامی اشیا قابلیت ارتباط از طریق شبکه را خواهند داشت. روستایی و همکاران (۱۴۰۱)؛ در مقاله‌ای با عنوان "مدل‌سازی ساختاری تئوری شهر هوشمند بر پایه حکمروایی هوشمند شهری در ایران (شهرداری تبریز)" بیان می‌کند که اجرای شهر هوشمند مستلزم تغییر در ساختار حکومتی (نهادی) و مدیریتی است، لذا ایجاد حکمروایی خوب شهری به عنوان مهمترین عامل ایجاد شهرهای هوشمند در این پژوهش مطرح بوده و هدف از آن شناسایی تاثیر حکمروایی خوب شهری در ایجاد شهر هوشمند تبریز می‌باشد. در این مقاله به بررسی ارتباط بین متغیرهای درونی "شفاف‌سازی، پاسخگویی، مشارکت، اثربخشی، اجماع‌گرایی، قانون‌مندی، مسئولیت‌پذیری و عدالت بر سه متغیر بیرونی عوامل انسانی- سرمایه اجتماعی، مدیریت- سیاست و عوامل فناوری پرداخته و نتایج نشان می‌دهد که حکمروایی خوب شهری شرط علی ایجاد شهر هوشمند در مدیریت شهری تبریز می‌باشد. تقی‌زاد فانید و همکاران (۱۴۰۱)، در مقاله‌ای با عنوان "مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب مکان‌های مناسب صنایع با روش GIS-Fuzzy و Swara از تکنیک Swara برای شناسایی و وزن‌دهی معیارهای موثر در انتخاب مکان مناسب صنایع استفاده کرده و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که وزن تاثیرگذاری هر یک از معیارها به چه میزان تاثیرگذار بوده و مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین مکان‌ها برای استقرار صنایع در سطح استان کرمانشاه به چه شکلی می‌باشد. حقگو (۱۴۰۲)؛ در مقاله‌ای با عنوان "نقش حمل‌ونقل هوشمند و برنامه‌ریزی شهری در توسعه پایدار" به بررسی نقش حمل‌ونقل هوشمند در برنامه‌ریزی شهری و تکنولوژی برای توسعه پایدار پرداخته می‌شود. مسئله مورد مطالعه تاثیر افزایش کارایی و مدیریت حمل‌ونقل هوشمند در ارائه خدمات بهتر به شهروندان است. اهداف این پژوهش شامل بررسی نقش حمل‌ونقل هوشمند در توسعه پایدار، بررسی تکنولوژی‌های حمل‌ونقل هوشمند در برنامه‌ریزی شهری و بررسی کارایی حمل‌ونقل هوشمند در بهبود کیفیت زندگی شهروندان و توسعه بخش‌های مختلف تولیدی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. رحیمی و همکاران (۱۴۰۳)؛ در مقاله‌ای با عنوان "بررسی نقش فناوری RFID در هوشمندسازی حمل‌ونقل با تمرکز بر پرداخت عوارض در بزرگراه‌های شهری" با استفاده از ارتباطات مبتنی بر فرکانس‌های رادیویی، امکان شناسایی خودکار ردیابی و مدیریت اشیا، انسان و حیوانات را فراهم می‌نماید. نتایج حاکی از آنست که با تجهیز خودروها به فناوری RFID شاهد افزایش کارآمدی کاهش خطای ناشی از ورود اطلاعات و عدم نیاز به نیروی انسانی برای انجام کارهای ساده و پر حجم خواهیم بود و متعاقب آن مدیریت و نظارت کامل بر بزرگراه‌ها، مدیریت اطلاعات، مدیریت تصادفات، مدیریت مکان و مدیریت کامل رانندگان بر رانندگی خود تسهیل خواهد شد. پوراحمد و همکاران (۱۴۰۴)؛ در مقاله‌ای با عنوان "تحلیلی بر شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در راستای پایداری حمل‌ونقل، مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر قزوین" بیان می‌کند که استفاده از فناوری‌های هوشمند و توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به عنوان یکی از راهکارهای موثر برای بهبود وضعیت حمل‌ونقل شهری مطرح می‌باشد. در پژوهش حاضر سعی شده است به اولویت‌بندی شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در راستای توسعه حمل‌ونقل پایدار در بخش مرکزی این شهر پرداخته شود. نتایج پژوهش نشان دهنده اهمیت و اولویت شاخص‌های شناسایی شده جهت حمل‌ونقل هوشمند و پایداری حمل‌ونقل آن است.

مطالعات خارجی

ژی^۱ (۲۰۱۸)؛ در گزارش فنی با عنوان "برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا برای ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند" به دنبال بررسی کاربردهای اینترنت اشیا در بخش حمل‌ونقل می‌باشد که این بخش از اولین بخش‌هایی خواهد بود که شاهد رشد قابل توجه این نوع فناوری می‌باشد و به این نتیجه رسیده است که اینترنت اشیا به طرز چشمگیری در حوزه‌های سیستم مشاوره هوشمند رانندگان، خودروهای هوشمند، مدیریت ترافیک هوشمند و نگهداری زیرساخت‌های هوشمند نقش آفرینی می‌کند.

باچ^۱ (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی سیستم‌های کارت هوشمند برای حمل‌ونقل عمومی به کمک تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی Swara-Waspas" به دنبال پیشنهاد چارچوبی برای ارزیابی سیستم‌های مختلف کارت هوشمند برای تعیین بهترین و همچنین اعتبارسنجی مزایای آنها در مقایسه با سیستم سنتی پرداخت کرایه بوده است به این نتیجه دست یافت که همه سیستم‌های کارت هوشمند تحت معیارهای مربوط به عملکرد، قابلیت اطمینان و رضایت کاربر بهبودهایی نشان می‌دهند. با این حال، سیستم‌های پرداخت کرایه سنتی با توجه به حفاظت از داده‌های شخصی، ایمن‌تر هستند و از روش تحلیل نسبت ارزیابی گام به گام وزن Swara برای تعیین وزن معیارها استفاده می‌کند. دانیل^۲ (۲۰۲۰)؛ در مقاله‌ای با عنوان "شهرهای هوشمند مبتنی بر کاربردهای فناوری اینترنت اشیا" با هدف مطالعه، تجزیه و تحلیل تحقیقات جهانی در مورد شهرهای هوشمند مبتنی بر کاربردهای فناوری اینترنت اشیا به روش کتابسنجی پرداخته و به این نکته می‌پردازد که توسعه فناوری‌های نوین امکان استفاده از اینترنت اشیا را در محیط‌های شهری و ایجاد شهرهای هوشمند و ارکان شهر هوشمند نظیر: سیستم حمل‌ونقل هوشمند فراهم می‌کند. یلدیز^۳ (۲۰۲۱)؛ در مقاله‌ای با عنوان "اینترنت اشیا و شهرهای هوشمند" با هدف بررسی مسایل و مشکلات شهرهای بزرگ به این مساله می‌پردازد که شهرها دارای مسایلی مانند رشد بی‌رویه، ترافیک و محدودیت در منابع هستند و مشکل اساسی در این شهرها، پیاده سازی فناوری اطلاعات به ویژه اینترنت اشیا می‌باشد و این مطالعه مروری بر این حوزه و چندین پیش‌بینی در مورد مسیرهای احتمالی آن در آینده ارائه داده است. عبدالرحمن و همکاران^۴ (۲۰۲۲)؛ در مقاله‌ای تحت عنوان "شهرهای هوشمند آینده: الزامات، فناوری‌های نوظهور، برنامه‌های کاربردی، چالش‌ها و جنبه‌های آینده" به بررسی و تجزیه و تحلیل فناوری‌های آینده و الزامات شهرهای هوشمند می‌پردازد و به این نتیجه رسیده است که پیشرفت تکنولوژیکی، سنگ بنای شهر هوشمند می‌باشد. بانسال^۵ (۲۰۲۲)؛ در مقاله‌ای با عنوان "شهر هوشمند، تطبیق‌پذیری وسایل نقلیه با استفاده از IoT" بیان می‌کند که شهر هوشمند بر پایه اینترنت اشیا، روشی است مدرن برای مقابله با عوامل بازدارنده توسعه شهرها در شش حوزه مرکز فرماندهی و کنترل یکپارچه، ایستگاه‌های اتوبوس تعاملی، تیر چراغ برق هوشمند، اتوبوس‌های برقی، جایگاه دوجرخه هوشمند، خودروهای هوشمند. این مقاله توضیح می‌دهد که چگونه عناصر می‌توانند رانندگی هوشمند شهری را به یک پروژه ثمربخش تبدیل کنند. ابوالحسن^۶ و همکاران (۲۰۲۳)؛ در مقاله‌ای با عنوان "سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر هوشمند: یک بررسی سیستماتیک" بیان می‌کند که ایده شهرهای هوشمند برای دیجیتالی کردن مناطق زندگی شهری مرسوم و توسعه مجدد با استفاده از تجهیزات دیجیتالی برای بهبود سبک زندگی و امنیت ساکنان توسعه داده شده است. شهرهای هوشمند طیف گسترده‌ای از کاربردها مانند دولت هوشمند، انرژی هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، سلامت هوشمند و آموزش هوشمند را پوشش می‌دهند. در این مقاله کاربردهای مرتبط با تحرک مانند ایمنی ترافیک، ایمنی مسافر و راننده، تشخیص مانع، پیشگیری از تصادف، پیشگیری و تشخیص جرم و مهمتر از همه، وسایل نقلیه هوشمند مانند پهپادها که نقش کلیدی در آسان کردن استفاده از این ابزارها در محیط‌های شهری داشتند، تمرکز داشته است. بلائید^۷ (۲۰۲۴)؛ در کتابی با عنوان "شهر هوشمند، چالش‌ها و فرصت‌های اجتماعی و زیست‌محیطی برای مقامات محلی" بیان می‌کند که شهرنشینی فزاینده در حال ظهور منجر به چالش‌های پیچیده‌ای از تخریب محیط زیست گرفته تا نابرابری‌های اجتماعی، مصرف ناپایدار انرژی و بلایای طبیعی و انسانی خواهد شد. کاهش این چالش‌ها و مقاوم‌تر کردن فضای شهری نیازمند استراتژی‌های متعددی از جمله شناخت زمینه پایداری جهانی، درک تعاملات اقلیمی و ترکیب تحول فناوری و تغییر رفتاری است. شهرهای هوشمند با مهار فناوری‌های تحول‌آفرین، نویدبخش رسیدگی به این چالش‌ها و تبدیل شهرها به شهرهایی پایدارتر، مقاوم‌تر، سازگارتر با محیط زیست و قابل سکونت‌تر هستند. کومار پاندا^۸ و همکاران (۲۰۲۵)؛ در کتابی با عنوان "ادغام رایانش ابری برای راهکارهای حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای

۱- Ugur Baç

2- Mariana Daniela

3- Bülent Yildiz

4- Abdul Rehman Javed

5- Manav Bansal

6- Muhammad Abul Hassan

7- Fateh Belaïd

8- Aditya Kumar Panda

هوشمند: مروری کوتاه" بیان می‌کند که سیستم‌های حمل‌ونقل شهری با چالش‌های بسیاری مانند تراکم ترافیک، آلودگی و زیرساخت‌های ناکارآمد مواجه هستند. برای مقابله با این مشکلات، شهرها به طور فزاینده‌ای در حال اتخاذ راه‌حل‌های حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر ابر هستند. این راه‌حل‌ها از محاسبات ابری برای ادغام دستگاه‌های اینترنت اشیا، تجزیه و تحلیل داده‌ها و نظارت بلادرنگ استفاده می‌کنند و تحرک شهری را بهینه می‌کنند. پلتفرم‌های ابری امکان جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل کارآمد داده‌ها را فراهم می‌کنند و به مقامات شهری در تصمیم‌گیری آگاهانه کمک می‌کنند.

روش پژوهش

این تحقیق به لحاظ هدف، کاربردی و از نظر نوع و ماهیت و گردآوری داده‌ها از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و به لحاظ روش تحلیل داده‌ها، از نوع پژوهش‌های ترکیبی (کمی و کیفی) است. در بخش مطالعات کیفی با توجه به ناشناخته بودن و پیچیدگی روابط بین ذینفعان و مدل‌های ذهنی متنوع خبرگان و متخصصین موضوع، با هدف شناخت شاخص‌ها از تکنیک تحلیل موضوعی و نرم‌افزار Maxqda استفاده گردید تا مدلی جامع در راستای موضوع تحقیق استخراج گردد. در بخش مطالعات کمی با توجه به هدف تحقیق که تعیین وزن و ضریب اهمیت عوامل و شاخص‌ها بر اساس قضاوت خبرگان می‌باشد از تکنیک Swara که دارای فرآیند ساده، شفاف و گام‌به‌گام بوده و بار شناختی کمتری بر خبرگان وارد می‌کند و در شرایط عدم قطعیت اطلاعات، از کارایی بالایی برخوردار است، استفاده شد. سپس با برآورد ضریب تاثیرگذاری به کمک نرم‌افزار Smart PLS، اقدام به اولویت‌بندی مهمترین پسران‌ها گردید. در بخش کیفی برای نمونه‌گیری از جامعه آماری از روش نمونه‌گیری هدفمند با حداکثر تنوع و تکنیک گلوله برفی استفاده شده و تا حد اشباع نظری پیش رفته و در بخش کمی برای انتخاب نمونه آماری از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده شد. تعداد نمونه آماری در بخش کیفی ۱۲ نفر و در بخش کمی ۱۷۷ نفر است. در بخش مطالعات کیفی، تعداد ۵ نفر از اساتید و خبرگان علمی و ۷ نفر از مدیران و کارشناسان اجرایی و در بخش مطالعات کمی، تعداد ۲۱ نفر از اساتید و خبرگان علمی و تعداد ۱۵۶ نفر از مدیران و کارشناسان اجرایی، مورد مصاحبه قرار گرفتند و به سوالات پرسشنامه پاسخ داده‌اند. همچنین ابزار و روش جمع‌آوری اطلاعات در بخش کیفی استفاده از سوالات باز و در بخش کمی استفاده از سوالات بسته بوده و برای سنجش روایی عوامل استخراج شده از فرایند مصاحبه (روایی صوری) استفاده گردید و طی چند مرحله اصلاحات و اخذ نظرات خبرگان، شاخص‌ها نهایی شد. برای پایایی شاخص‌ها و عوامل نیز از روش آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده گردید.

شناخت محدوده مورد مطالعه

کلانشهر تبریز، بزرگترین شهر اقتصادی، سیاسی، اداری، صنعتی، فرهنگی و ارتباطی شمالغرب ایران می‌باشد که ۲۲۸۹۴ کیلومترمربع وسعت داشته (نقش محیط، ۱۳۹۵) و جمعیت آن در ۱۳۹۵ به ۱۵۵۸۶۹۳ نفر رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). بر اساس داده‌های سازمان فناوری اطلاعات ایران (فاوا، ۱۴۰۳)، وضعیت شاخص‌های توسعه ICT نشان می‌دهد که ضریب نفوذ اینترنت در این شهر ۷۲/۵ درصد و نسبت به میانگین کشوری که ۷۸/۶ درصد می‌باشد، کمی پایینتر و میانگین شاخص استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در آن برابر ۰/۶۹۸ می‌باشد که در مقایسه با میانگین کشوری که ۰/۷۲۲ است، کمتر می‌باشد. الزامات و تجهیزات هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل شهری تبریز در بستر اینترنت اشیا به شرح جدول زیر می‌باشد که با لحاظ نمودن شاخص‌های دسترسی و سطح برخورداری از اینترنت و بررسی الزامات و تجهیزات موجود در محدوده مورد مطالعه، مشخص گردید که برخی از عناصر و اجزاء، موجود و برخی دیگر از آنها بنا به دلایلی مانند ساختار خشک مدیریت شهری، شناخت ناکافی از قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و... موجب کندی هوشمندسازی در این شهر شده است (روستایی، ۱۳۹۶).

جدول ۱. عناصر و اجزاء اینترنت اشیاء در هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری تبریز

الزامات	عناصر و اجزاء	توضیحات		
		وجود دارد (کافی است)	وجود دارد (کافی نیست)	وجود ندارد
حسگرها و دستگاه‌ها	حسگرهای ترافیکی	-	-	✓
	حسگرهای پارکینگ	-	-	✓
	حسگرهای وضعیت جاده	-	-	✓
	دوربین‌های نظارتی	-	✓	-
	حسگرهای محیطی	-	✓	-
زیرساخت‌های ارتباطی	شبکه‌های ارتباطی بی‌سیم و سیمی	-	✓	-
	دروازه‌های ارتباطی	-	✓	-
پلتفرم‌های پردازش و ذخیره‌سازی	پلتفرم‌های تحلیل داده‌ها	-	-	✓
	پایگاه‌های داده	-	✓	-
نرم‌افزارهای مدیریت و کنترل	نرم‌افزارهای مدیریت ترافیکی	-	✓	-
	نرم‌افزارهای پیش‌بینی و برنامه‌ریزی	-	-	✓
	نرم‌افزارهای مدیریت پارکینگ	-	✓	-
	اپلیکیشن‌های موبایل	✓	-	-
رابط‌های کاربری	داشبوردهای مدیریتی	-	✓	-
	سیستم کنترل سیگنال‌های ترافیکی	-	-	✓
سیستم‌های اجرایی و کنترل	سیستم مدیریت حمل‌ونقل عمومی	-	✓	-
	سامانه تشخیص خودکار حوادث	-	-	✓
	سامانه سیستم توزین در حال حرکت	-	-	✓
	مکانیزم‌های امنیتی	-	✓	-
امنیت و حریم خصوصی	مدیریت حریم خصوصی	-	-	✓
	سیستم‌های اطلاع‌رسانی اضطراری	-	✓	-
مدیریت بحران و هماهنگی	استراتژی‌های توسعه شهری	-	✓	-
	مدیریت پروژه‌ها	-	-	✓

منبع: یافته‌های نگارندگان

نتایج

در راستای اهداف و نیز بر اساس روش تحقیق، با استفاده از روش‌های کمی و کیفی به شناسایی، تعیین وزن و اولویت بندی پیرامان‌ها و پیرامان‌های پیش روی کاربرد فناوری نوین نظیر: اینترنت اشیاء در هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری تبریز پرداخته شد که نتایج آن در دو بخش یافته‌های کمی و یافته‌های کیفی به شرح زیر حاصل گردید:

یافته‌های کیفی

بر اساس یافته‌های کیفی و با هدف شناسایی پیرامان‌ها و پیرامان‌های هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل شهری تبریز در بستر فناوری‌های نوین در این تحقیق، داده‌ها از طریق مصاحبه‌های عمیق و پرسشنامه باز و به روش نمونه‌گیری هدفمند با حداکثر تنوع و تکنیک گلوله برفی جمع‌آوری شده و با بهره‌گیری از روش تحلیل موضوعی و نرم‌افزار Maxqda مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج تحقیق بیانگر وجود هفت حوزه کلیدی (پیرامان و پیرامان) شامل سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی، عوامل اقتصادی و سرمایه‌گذاری، ملاحظات امنیتی و حقوقی، زیرساخت‌های فیزیکی و کالبدی، ساختارهای مدیریتی و سازمانی، ابعاد فرهنگی و اجتماعی و جنبه‌های فنی و تکنولوژیکی است. این چارچوب، دیدگاهی جامع و نظام‌مند را برای تحلیل و فهم پیچیدگی‌های فرآیند هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری در تبریز ارائه می‌دهد و می‌تواند مبنایی کارآمد برای اتخاذ تصمیمات راهبردی و تدوین سیاست‌های توسعه‌ای در این حوزه باشد.

جدول ۲. پیشران‌ها و پسران‌های تاثیرگذار در هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری تبریز

عوامل	شاخص‌ها
سیاست‌گذاری - برنامه‌ریزی	نداشتن برنامه بلندمدت و راهبردی (نداشتن چشم‌انداز)، تعدد و تفرق مسئولیت شهر هوشمند و مشخص نبودن متولی اصلی برنامه‌ریزی و اجرای پروژه شهر هوشمند، تناقض و تضاد در دیدگاه‌های مدیران شهری، ضعف سیاست‌های تشویقی، ضعف برنامه‌های تبلیغاتی و...
اقتصادی - سرمایه‌گذاری	کمبود منابع مالی، بالا بودن هزینه تجهیز، تعمیر و نگهداری، عدم امکان تامین اعتبارات کلان برای تجهیز، تعمیر و نگهداری تجهیزات سیستم‌ها، تاثیر تحریم‌های اقتصادی بر سرمایه‌گذاری، مشخص و تعریف نشدن فرصت‌های سرمایه‌گذاری و...
امنیتی - قانونی و حقوقی	عدم رعایت حقوق شهروندی، امنیت پایین شبکه‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات و محافظت ضعیف از اطلاعات، عدم شفافیت مقررات مربوط به ایجاد و توسعه شهر هوشمند، وجود قوانین دست و پاگیر و موازی در دستگاه‌های متولی
فیزیکی - کالبدی	توزیع و مکانیابی نامناسب تجهیزات و زیرساخت‌ها، ناکارآمدی زیرساخت‌های کالبدی موجود، توزیع و پراکنش نامناسب کاربری‌ها، کم توجهی به موضوع شهر هوشمند در طرح‌های توسعه شهری، طراحی غیر هوشمند شهر، عدم سختی کالبد شهر با شبکه حمل‌ونقل موجود
مدیریتی - سازمانی	عدم ثبات مدیریتی، هماهنگی ضعیف مدیران، ضعف تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌ها، نداشتن اولویت‌بندی در طرح‌ها و برنامه‌ها، عدم مسئولیت‌پذیری برخی از مدیران، ضعف دانش فنی مدیران، وجود رویکرد از بالا به پایین، فقدان سیاست‌ها و دستورالعمل‌های نظارتی، عدم تعریف ساختارها و تشکیلات اداری مرتبط، طولانی شدن فرایند اجرا و راه‌اندازی پروژه‌ها، ضعف مدیریت یکپارچه شهری، وجود موانع در برون‌سپاری خدمات حمل‌ونقل هوشمند، اعمال قدرت و تصمیم‌گیری از طرف نهادهای بالادست، رفتارهای سلیقه‌ای مدیران، کمبود نیروهای متخصص، بی‌توجهی به کیفیت زندگی شهری، موازی کاری بین دستگاه‌ها و...
فرهنگی - اجتماعی	عدم آشنایی با مزایای هوشمندسازی، کم توجهی رسانه‌های محلی به فرهنگ‌سازی در حوزه هوشمندسازی، کم توجهی به شهر خلاق فرهنگی، تخریب و سرقت تجهیزات ترافیکی، بی‌توجهی و کم توجهی به برنامه‌های آموزشی، نبود سازمان‌های مردم‌نهاد، پایین بودن سطح سرمایه اجتماعی، ضعف مطالبه‌گری مردم، مقاومت در برابر پرداخت عوارض و هزینه‌ها، مشخص نشدن حقوق و وظایف شهروندان
فنی - تکنولوژیکی	ضعف یا نبود سامانه‌ها و سیستم‌ها، ضعف یا نبود پایگاه داده، زیرساخت‌های سنتی و ضعف زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، خرابی و قطعی مکرر سامانه‌های موجود و پایین بودن سرعت اینترنت، استفاده از تجهیزات و فناوری‌های ناهمگن در سیستم‌ها، ضعف دانش فنی برای طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار، ضعف بستر مخابراتی و عدم تجهیز کامل شهر به فیبر نوری، عدم خودکفایی در تامین تجهیزات (نرم‌افزاری و سخت‌افزاری)

منبع: یافته‌های نگارندگان

یافته‌های کمی

بر اساس یافته‌های بخش کیفی، پرسشنامه اول در برگرفته ۹۱ شاخص، طراحی و نسبت به سنجش روایی محتوایی (CVR^۱) از سطح متخصصان به تعداد ۱۲ نمونه تکمیل گردید. شاخص‌هایی که دارای مقدار CVR بالای ۰/۵۶ (ضریب تاثیرگذاری بالا) بودند انتخاب و پرسشنامه دوم با ۵۶ شاخص نهایی شد، سپس با روش نمونه‌گیری تصادفی، تعداد ۱۷۷ نفر از سطح جامعه آماری تکمیل و بر اساس گام‌های اجرایی تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره Swara به شرح زیر، مورد ارزیابی قرار گرفت:

گام اول (مرتب کردن شاخص‌ها): شاخص‌های مورد نظر براساس میزان اهمیت به ترتیب نوشته می‌شوند. مهمترین شاخص‌ها در رده‌های بالاتر و شاخص‌های کم اهمیت‌تر در رده‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند.

گام دوم (تعیین اهمیت نسبی هر شاخص): اهمیت نسبی هر شاخص نسبت به شاخص‌های قبلی مشخص می‌شود. در فرایند تکنیک Swara این مقدار با S_j نشان داده می‌شود.

گام سوم (محاسبه ضریب K_j): ضریب K_j که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص است با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_{j+1} & j > 1 \end{cases}$$

گام چهارم (محاسبه وزن اولیه هر شاخص): وزن اولیه شاخص‌ها از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه باید توجه داشت که وزن شاخص نخست که مهمترین شاخص است برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j>1 \end{cases}$$

گام پنجم (محاسبه وزن نرمال نهایی): در آخرین گام تکنیک Swara، وزن نهایی شاخص‌ها که وزن نرمال شده نیز محسوب می‌گردد از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^m q_k}$$

همچنین با استفاده از نرم افزار Smart PLS، داده های جمع‌آوری شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج آن در قالب پایایی و روایی سازه‌ها و ضرایب تاثیرگذار به شرح جداول زیر بدست آمد.

جدول ۳. پایایی و روایی سازه‌ها

عوامل	آلفای کرونباخ	پایایی همگون	پایایی ترکیبی	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)
مدیریتی - سازمانی	۰/۹۶۵	۰/۹۶۶	۰/۹۶۹	۰/۶۶۱
فرهنگی - اجتماعی	۰/۹۵۶	۰/۹۵۷	۰/۹۶۱	۰/۶۹۵
فنی - تکنولوژیکی	۰/۹۳۱	۰/۹۳۲	۰/۹۴۳	۰/۶۷۶
فیزیکی - کالبدی	۰/۹۲۰	۰/۹۲۱	۰/۹۳۸	۰/۷۱۷
سیاست گذاری - برنامه ریزی	۰/۹۱۰	۰/۹۱۱	۰/۹۳۰	۰/۶۸۹
اقتصادی - سرمایه گذاری	۰/۸۷۶	۰/۸۸۲	۰/۹۱۰	۰/۶۷۱
امنیتی - حقوقی و قانونی	۰/۸۵۵	۰/۸۵۶	۰/۹۰۲	۰/۶۹۸

منبع: یافته‌های نگارندگان

جدول ۴. ضرایب اهمیت، ضریب تاثیرگذاری و ضریب نهایی پسران‌های هوشمندسازی

عوامل	ضریب اهمیت (Swara)	ضرایب تاثیر (PLS)	ضریب نهایی
مدیریتی - سازمانی	۰/۹۲۴	۰/۹۵۹	۰/۸۸۶
فرهنگی - اجتماعی	۰/۹۲۵	۰/۹۴۹	۰/۸۷۸
سیاست گذاری - برنامه ریزی	۰/۹۴۵	۰/۹۲۳	۰/۸۷۲
فنی - تکنولوژیکی	۰/۹۴۲	۰/۹۲۵	۰/۸۷۱
امنیتی - حقوقی و قانونی	۰/۹۲۲	۰/۹۳۸	۰/۸۶۴
فیزیکی - کالبدی	۰/۹۱۸	۰/۸۹۷	۰/۸۲۳
اقتصادی - سرمایه گذاری	۰/۹۳۳	۰/۸۶۰	۰/۸۰۲

منبع: یافته‌های نگارندگان

بر اساس نتایج بدست آمده، عوامل مدیریتی-سازمانی، فرهنگی-اجتماعی، سیاست‌گذاری-برنامه‌ریزی و فنی-تکنولوژیکی بیشترین تاثیر را در عدم هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل شهری تبریز بر عهده داشته و عوامل امنیتی-قانونی، فیزیکی-کالبدی و اقتصادی-سرمایه‌گذاری کمترین تاثیر را در این میان به خود اختصاص داده‌اند. این تحلیل نشان می‌دهد که برای موفقیت سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، تمرکز اصلی باید بر مدیریت، پذیرش اجتماعی و برنامه‌ریزی استراتژیک باشد، در حالی که تأمین زیرساخت‌های فیزیکی و منابع مالی نیز مهم هستند، اما از اولویت پایین‌تری برخوردارند. با توجه به معناداری بارهای عاملی برای عوامل شناسایی شده و شاخص‌های پایایی و روایی برای الگوی هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل درون شهری

تبریز، الگو دارای برازش مطلوب بوده، از این رو مدیران و برنامه‌ریزان شهری می‌توانند از این الگو برای آسیب‌شناسی و رفع تاثیرات پسران‌های پیش‌رو بهره‌برداری نمایند.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های تحقیق؛ عوامل کیفی و کمی متعددی به عنوان پیشران (محرک) و پسران (مانع) در زمینه هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری تبریز تاثیرگذار می‌باشند. ضعف تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های هوشمندسازی، فقدان سیاست‌ها و دستورالعمل‌های نظارتی، ضعف در مدیریت یکپارچه شهری و نداشتن اولویت‌بندی طرح‌ها و برنامه‌ها به عنوان مهمترین پسران‌های مدیریتی و سازمانی، کم‌توجهی به برنامه‌های آموزشی در زمینه شهر و شهروند هوشمند، مشخص نشدن حقوق و وظایف شهروندان، پایین بودن سطح سرمایه اجتماعی (ضعف اعتماد بین مدیران شهری و شهروندان) جزو مهمترین پسران‌های فرهنگی و اجتماعی، تعدد و تفرق مسئولیت شهر هوشمند میان نهادهای تناقض در دیدگاه‌های مدیران شهری در این خصوص، نداشتن برنامه بلندمدت و راهبردی در زمینه هوشمندسازی و نداشتن چشم انداز و مشخص نبودن متولی اصلی برنامه‌ریزی و اجرای پروژه شهر هوشمند به عنوان مهمترین پسران‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مطرح می‌باشند، زیرساخت‌های سنتی، ضعف زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ضعف و عدم همخوانی سامانه‌ها و سیستم‌ها با یکدیگر به عنوان مهمترین پسران‌های فنی و تکنولوژیکی، عدم شفافیت مقررات ایجاد و توسعه شهر هوشمند، امنیت پایین شبکه‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات و محافظت ضعیف از اطلاعات کاربران به عنوان پسران‌های حقوقی- قانونی و امنیتی و بالا بودن هزینه تجهیز، تعمیر و نگهداری، عدم تامین اعتبارات کلان و کمبود منابع مالی به عنوان مهمترین پسران‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاری می‌باشند.

مقایسه نتایج بدست آمده با تحقیق گودرزی و همکاران (۱۳۹۸)؛ که به بررسی موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل درون شهری اهواز پرداخته‌اند، نشان می‌دهد که عوامل مدیریتی، اقتصادی، فرهنگی- اجتماعی به عنوان مهمترین موانع هوشمندسازی عمل می‌کنند و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مقایسه با تحقیق فیروزی (۱۳۹۶)؛ که بیان می‌کند اشیاء در برخورد با اینترنت، خود را به صورت دیجیتالی ارایه می‌کنند و منجر به ایجاد محیط هوشمند می‌گردند، با یافته‌های تحقیق در تطابق است. در مقایسه با تحقیق بخشی سنجدری و همکاران (۱۳۹۹)؛ که بیان کرده‌اند عواملی نظیر موانع مدیریتی، کالبدی، فنی، فرهنگی- اجتماعی، اقتصادی و... نقش بسیار مهمی را در عدم تحقق حمل‌ونقل هوشمند در سطح شهر تهران ایفا می‌کنند، کاملاً در تطابق با یافته‌های این تحقیق می‌باشد. در مقایسه با تحقیق ژیاوفینگ (۲۰۱۸) که بیان کرده بود که اینترنت اشیاء، امکان هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری را میسر می‌نماید در تطابق می‌باشد. در مقایسه با تحقیق یلدیز (۲۰۲۱)؛ که بیان کرده بود مشکل اساسی هوشمندسازی شهرها، پیاده سازی فناوری اطلاعات در شهرها می‌باشد، یافته‌های این تحقیق که ضعف زیرساخت‌های فنی و تکنولوژیکی شهر تبریز را به عنوان یکی از موانع معرفی کرده است، در تطابق می‌باشد. در مقایسه با تحقیق جاوید و همکاران (۲۰۲۱)؛ که بیان کرده بودند که پیشرفت تکنولوژیکی، سنگ بنای شهر هوشمند می‌باشد، در تطابق می‌باشد. نهایتاً مقایسه یافته‌های تحقیق حاضر با سایر تحقیقات نشان می‌دهد که عوامل شناسایی شده در برخی از موارد با سایر تحقیقات در تطابق بوده و با برخی دیگر در تطابق نمی‌باشد. من جمله عوامل حقوقی و قانونی و امنیتی یکی از نوآوری‌های این تحقیق می‌باشد که در سایر تحقیقات به آنها پرداخته نشده است.

پیشنهادهای

بر اساس رهیافت آینده پژوهی و با یک نگرش راهبردی، پیشنهاداتی متناسب با شرایط، ویژگی‌ها، فرهنگ، ساختار و مشکلات ترافیکی کلانشهر تبریز، جهت رفع موانع و کاهش تاثیرات منفی پسران‌ها، به تفکیک زیر ارایه می‌گردد:

الف) پیشنهادات سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی: تقویت مدیریت یکپارچه شهری، برنامه‌ریزی هدفمند و تعریف چشم انداز جهت رسیدن به شهر و حمل‌ونقل هوشمند و اولویت بندی آنها، شناخت نقاط ضعف و قوت، فرصت‌ها و تهدیدات حوزه هوشمندسازی حمل‌ونقل شهری بر بستر فناوری‌های نوین و...

ب) پیشنهادات عملیاتی: نصب سنسورهای هوشمند در تقاطع‌ها، خیابان‌ها و مراکز پرتردد (به خصوص هسته مرکزی شهر تبریز)، افزایش تعداد حسگرهای ترافیکی، نظارتی، تحلیل محیطی، توسعه شبکه فیبر نوری و گسترش اینترنت Wi-Fi و اینترنت 4G و 5G، راه اندازی سامانه تشخیص خودکار حوادث، راه‌اندازی سامانه سیستم توزین در حال حرکت، توسعه نرم‌افزارهای مدیریت ترافیکی، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی و مدیریت پارکینگ، فعال‌سازی سیستم‌های کنترل سیگنال‌های ترافیکی و سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل عمومی، فعال‌سازی سیستم‌های هوشمند واکنش اضطراری، توسعه تابلوهای پیام متغیر، فعال‌سازی تابلوهای غیرفعال و...

نهایتاً پیشنهاد می‌شود تا با پیاده‌سازی و عملیاتی نمودن این موارد، به خصوص در سطح معابر و تقاطع‌های اصلی و هسته مرکزی شهر تبریز که با توجه به استقرار کاربری‌های جاذب سفر مثل: بازار بزرگ تبریز، استانداری، فرمانداری و... داشتن بافت کالبدی ارگانیک (بافت تاریخی-فرهنگی شهر تبریز)، تحقق هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل شهری در بستر فناوری‌های نوین مورد تدقیق و برنامه‌ریزی قرار گیرد. البته پیشنهادات مذکور دارای اهمیت و تأثیرگذاری یکسانی نبوده و اولویت‌بندی آنها می‌تواند در تحقیقی دیگر، بر اساس معیارهای بومی شهر تبریز و معیارهای دیگری نظیر: هزینه، زمان اجرا، میزان اثربخشی و میزان تطابق با زیرساخت‌های موجود، مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- ابراهیمی، ناهید؛ بشکنی، محمدکاظم (۱۳۹۹). بررسی تاثیر اینترنت اشیا بر حمل‌ونقل در کلان شهرها؛ نشریه پژوهش‌های معاصر در علوم و تحقیقات، سال دوم، شماره ۹، ۴۹-۴۲.
- احمدی، توحید؛ فنی، زهره؛ رضویان، محمدتقی؛ توکلی‌نیا، جمیله (۱۳۹۸). مدل ترکیبی اولویت بندی استراتژیهای حمل‌ونقل هوشمند، مورد پژوهی؛ کلانشهر تبریز، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۳، شماره ۶۷، ۴۴-۲۵.
- امیرپورکلمه، حمیدرضا (۱۳۹۶). بررسی حمل‌ونقل هوشمند با به کارگیری اینترنت اشیا در شبکه‌های شهری هوشمند، کنفرانس بین‌المللی مهندسی و فناوری اطلاعات (I.C.E.T)، امارات متحده عربی، ۱۰-۱.
- بخشی سنجدری، رضا؛ دریاباری، سیدجمال الدین (۱۳۹۹). بررسی هوشمندسازی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری در راستای توسعه پایدار شهرها (مورد مطالعه: کلان شهر تهران)، فصلنامه علمی اقتصاد و مدیریت شهری، ۸ (۴ پیاپی)، ۳۲-۳۱.
- پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌الله؛ حاتمی نژاد، حسین؛ پارسا‌پناه‌آبادی، شهرام (۱۳۹۷). تبیین مفهوم و ویژگی‌های شهر هوشمند، مجله باغ نظر، سال ۱۵، شماره ۵۸، ۲۶-۵.
- پوراحمد، احمد؛ منصوریان، حسین؛ زنگنه شهرکی، سعید؛ عطاران مرضیه، باقر (۱۴۰۴). تحلیلی بر شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در راستای پایداری حمل‌ونقل مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر قزوین، فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده، دوره ۶، شماره ۱ (آتی).
- تقی زاد فانید، ابوالقاسم؛ قدسی، پیمان؛ بساک، سعید (۱۴۰۱). مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب مکانهای مناسب صنایع بر اساس روشهای Swara و GIS-Fuzzy، مطالعه موردی: استان کرمانشاه، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، دوره ۳، شماره ۹، ۷۷-۹۶.
- جعفری، محمد؛ حشمتی، حامد (۱۳۹۸). بررسی تاثیر اینترنت اشیا، کلان داده بر توسعه شهر هوشمند، هشتمین کنفرانس بین‌المللی فناوری اطلاعات، کامپیوتر و مخابرات، ۲۶-۱.
- حبیبی، سید محسن (۱۳۹۴). دگردیسی و پایداری شهر و مفهوم آن، فصلنامه علمی معماری و شهرسازی صفا، شماره ۶۸، ۴۶-۳۵.
- خامسی، آرزو (۱۳۹۹). شهر هوشمند (کتاب سبز ۱۴۰۰- راهنمای عمل شهرداری‌ها، شماره ۱۹)، انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری و روستایی، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
- رحیمی، حسین؛ گلستانی، نرگس؛ وحیدی، فاطمه (۱۴۰۳). بررسی نقش فناوری RFID در هوشمندسازی حمل‌ونقل با تمرکز بر پرداخت عوارض در بزرگراه‌های شهری (مورد مطالعه بزرگراه مشهد-باغچه)، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۲۸، شماره ۸۷، ۱۸۳-۱۹۷.
- روستایی، شهرپور؛ پورمحمدی، محمدرضا؛ قنبری حکیمه (۱۴۰۱). مدل‌سازی ساختاری تئوری شهر هوشمند بر پایه حکمروایی شهری در ایران (شهرداری تبریز)، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۶، شماره ۷۹، ۱۶۹-۱۵۵.
- روستایی، شهرپور، محمدرضاپورمحمدی، حکیمه قنبری (۱۳۹۶). بررسی نقش ساختاری حکمروایی خوب شهری در ایجاد شهرهای هوشمند (نمونه موردی: شهرداری تبریز)، نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره ۳۱، ۱۴۶-۱۲۳.
- سازمان فناوری اطلاعات ایران (۱۴۰۳). وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات ایران.
- صریحی، ثمین؛ کریم‌زادگان‌مقدم، داود؛ وحدت، داود؛ باقری، محمدرضا (۱۳۹۹). شناسایی و ارزیابی میزان اثربخشی اینترنت اشیا بر متغیرهای چابکی زنجیره تامین و تاثیر آن در سودآوری، فصلنامه علمی تخصصی هوشمندسازی و اینترنت اشیا، شماره ۲، ۱۲-۳.
- فهم فام، قدسیه؛ حمیدی، حجت‌اله (۱۳۹۶). عوامل مؤثر بر توسعه و مدیریت شهر هوشمند با استفاده از یک رویکرد ترکیبی از فناوری‌های داده‌های بزرگ اینترنت اشیا و رایانش ابری، فصلنامه علمی پژوهشی پردازش و مدیریت اطلاعات، دوره ۳۴، شماره ۲، ۵۸۴-۵۵۷.
- فیروزی، آرش (۱۳۹۶). کاربرد اینترنت اشیا (IoT) در حمل‌ونقل شهری، کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در علوم و مهندسی قرن ۲۱، ۱-۹.

- قاسمی نژاد، حسین (۱۳۸۸). سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)، *اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی*، ایران، زنجان (دانشگاه آزاد اسلامی زنجان)، ۵-۱.
- کاشانی جو، خشایار؛ مفیدی شمروانی، سیدمجید (۱۳۸۸). سیر تحول نظریه‌های مرتبط با حمل‌ونقل شهری، *نشریه هویت شهر*، سال ۳، شماره ۴، ۱۴-۳.
- گودرزی، مجید؛ فیروزی، محمدعلی؛ سعیدی، امید (۱۳۹۸). بررسی و تحلیل موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل درون شهری اهواز، *نشریه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای*، سال ۹، شماره ۳۳، ۸۲-۵۷.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). *سرشماری عمومی نفوس و مسکن*.
- مهندسین مشاور نقش محیط (۱۳۹۵). *طرح جامع تبریز*.
- ویسی، اکبر؛ قیسوندی، آرمان (۱۳۹۰). *شهر هوشمند، تکوین انقلاب شهری نوین، شهر الکترونیک واقعیت شهرهای فردا، ماهنامه تخصصی کتاب ماه (هنر)*، شماره ۱۵۵، ۴۵-۳۶.
- Adeyemi, O. A., Olagoke, O. I., & Olatunji, O. S. (2022). Management of Information Technology in the 4th Industrial Revolution Era. *International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR)*, 3(7), 1–9. <http://eprints.federalpolyilaro.edu.ng/2254>.
- Ahmadi, T., Fani, Z., Rezavian, M. T., & Tavakolinia, J. (2019). Hybrid model for prioritizing smart transportation strategies (Case study: Tabriz metropolis). *Scientific-Research Journal of Geography and Planning*, 23(67), 25–44. [In Persian].
- Ait Ouallane, A., Bahnasse, A., Bakali, A., & Talea, M. (2021). Overview of Road Traffic Management Solutions based on IoT and AI. *The Second International Workshop of Innovation and Technologies*, 518–523. <https://Doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.279>.
- Alvarez, F. (2012). *The Future Internet*. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. <https://Doi.org/10.1007/978-3-642-30241-1>.
- Amir pourkalmeh, H. (2017). *Study of smart transportation using the Internet of Things in smart city networks*. Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Technology (ICET), UAE, 1–10. [In Persian].
- Bağ, B. (2020). An Integrated SWARA-WASPAS Group Decision Making Framework to Evaluate Smart Card Systems for Public Transportation. *Mathematics*, 8(10), 1723. <https://Doi.org/10.3390/math8101723>.
- Bakhshi Sanjdari, R., & Daryabari, S. J. (2020). Investigating the smartization of urban transportation systems towards sustainable development of cities (Case study: Tehran metropolis). *Quarterly Journal of Urban Economics and Management*, 8(32), 31–45. <https://Doi.org/20.1001.1.23452870.1399.8.32.3.0> [In Persian].
- Bansal, M., Chhabra, A., & Singhal, N. (2022). Smart city-shrewd vehicle versatility utilizing IoT. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 29–36. <https://Doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I3P204>.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481–518. <https://Doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>.
- Burlacu, M., Boboc, R. G., & Butilă, E. V. (2022). Smart Cities and Transportation: Reviewing the Scientific Character of the Theories. *Sustainability*, 14, 8109. <https://Doi.org/10.3390/su14138109>.

- Caragliu, A., & Del Bo, C. (2023). Smart cities and the urban digital divide. *Journal of Urban Technology*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00117-w>.
- Daniela, M., Gonzalez-Zamar, E., Abad-Segura, E., Vazquez-Cano, E., & Lopez-Meneses, E. (2020). IoT Technology Applications-Based Smart Cities: Research Analysis. *Electronics*, 1–36. <https://doi.org/10.3390/electronics9081246>.
- Ebrahimi, N., & Beshkani, M. K. (2020). Investigating the impact of the Internet of Things on transportation in metropolitan cities. *Journal of Contemporary Research in Sciences and Research*, 2(9), 42–49. [In Persian].
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 100252, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252>.
- Fahm Fam, G., & Hamidi, H. (2017). Factors affecting the development and management of smart cities using a combined approach of big data technologies, Internet of Things and cloud computing. *Quarterly Scientific Research Journal of Information Processing and Management*, 34(2), 557–584. <http://doi.org/10.35050/JIPM010.2019.048>. [In Persian].
- Ghasemi Nejad, H. (2009). Intelligent transportation systems (ITS). *First National Conference on Road and Rail Accidents and Incidents*, Zanjan, Iran: Islamic Azad University of Zanjan, 1–5. [In Persian].
- Goodarzi, M., Firouzi, M. A., & Saeedi, O. (2019). Study and analysis of obstacles to smart transportation in Ahvaz. *Journal of Geography and Urban-Regional Planning*, 9(33), 57–82. <http://doi.org/10.22111/GAIJ.2019.5085>. [In Persian].
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.
- Habibi, S. M. (2015). Transformation and sustainability of the city and its concept. *Soffeh Scientific Quarterly Journal of Architecture and Urban Planning*, (68), 35–46. <http://doi.org/10.1001.1.1683870.1394.25.1.3.9>. [In Persian].
- H Abdelati, M. (2024). Smart traffic management for sustainable development in cities: Enhancing safety and efficiency. *International Journal of Advanced Engineering and Business Sciences*, 5(1), 39–61. <https://doi.org/10.21608/ijaeb.2024.242361.1088>.
- Hollands, R. (2023). Critical Reflections on the Smart City Concept. *City, Culture and Society, Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 61–77. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu011>.
- Iran Information Technology Organization. (2024). Ministry of Communications and Information Technology of Iran. <https://ito.gov.ir>. [In Persian].
- Jafari, M., & Heshmati, H. (2019). Investigating the impact of the Internet of Things, big data on the development of smart cities. *Proceedings of the 8th International Conference on Information Technology, Computers and Telecommunications*, 1–26. [In Persian].
- Javed, A. R., Shahzad, F., ur Rehman, S., Zikria, Y. B., Razzak, I., Jalil, Z., & Xu, G. (2022). Future smart cities: Requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. *Cities*, 129, 103794. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103794>.

- Johannes, M., & Lucas, S. (2020). Smart City and Urbanization Challenges. *Sustainability*, 12, 8460. <https://Doi.org/10.3390/su12208460>.
- Kashanijou, K., & Mofidi Shamrani, S. M. (2009). The evolution of theories related to urban transportation. *City Identity Journal*, 3(4), 3–14. [In Persian].
- Kassab, W., & Darabkh, K. (2020). A–Z survey of Internet of Things: Architectures, protocols, applications, recent advances, future directions and recommendations. *Journal of Network and Computer Applications*, 2–60. <https://Doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102663>.
- Khamesi, A. (2020). *Smart city* (Green Book 1400 – Municipalities' practice guide, No. 19). Publications of the Center for Urban and Rural Planning Studies, National Organization of Municipalities and Rural Development. [In Persian].
- Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., ... & Zhao, X. (2018). How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21. <https://Doi.org/10.3390/joitmc4030021>.
- Naghshe Mohit Consulting Engineers. (2016). *Tabriz master plan*. [In Persian].
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. *Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research*, 282–291. <https://Doi.org/10.1145/2037556.2037602>.
- Pour ahmad, A., Mansoorian, H., Zanganeh Shahraki, S., & Attaran, M. B. (2025). An analysis of smart transportation indicators towards transportation sustainability (Case study: The central part of Qazvin city). *Future Cities Perspectives Quarterly*, 6(1), forthcoming. [In Persian].
- Pour ahmad, A., Ziari, K., Hatami nejad, H., & Parsa peshah abadi, S. (2018). Explanation of Concept and Features of a Smart City, *Bagh Nazar Magazine*, 15(58), 5–26. https://www.bagh-sj.com/jufile?ar_sfile=1025300. [In Persian].
- Rahimi, H., Golestani, N., & Vahidi, F. (2024). Investigating the role of RFID technology in smart transportation with a focus on toll payment on urban highways (Case study of Mashhad–Baghcheh highway). *Scientific Research Journal of Geography and Planning*, 28(87), 183–197. <https://Doi.10.22034/GP.2024.52203.3016>. [In Persian].
- Roustaei, S., Pour mohammadi, M. R., & Ghanbari, H. (2017). Investigating the structural role of good urban governance in creating smart cities (Case study: Tabriz Municipality). *Journal of Urban Research and Planning*, 8(31), 123–146. <http://Dor:20.1001.1.22285229.1396.8.31.7.5>. [In Persian].
- Roustaei, S., Pour mohammadi, M. R., & Ghanbari, H. (2022). Structural modeling of smart city theory based on urban governance in Iran (Tabriz Municipality). *Scientific-Research Journal of Geography and Planning*, 26(79), 155–169. <http://Doi:10.22034/gp.2022.10828>. [In Persian].
- Sareehi, S., Karimzadegan Moghaddam, D., Vahdat, D., & Bagheri, M. R. (2020). Identifying and evaluating the effectiveness of the Internet of Things on supply chain agility variables and its impact on profitability. *Quarterly Scientific Journal of Smartization and Internet of Things*, (2), 3–12. [In Persian].
- Sikder, A. K., Petracca, G., Aksu, H., Jaeger, T., & Uluagac, A. S. (2018). A Survey on Sensor-based Threats to Internet-of-Things (IoT) Devices and Applications. *Georgia Institute of Technology*, 1–35. <https://Doi.org/10.1109/COMST.2021.3064507>.

- Statistical Centre of Iran. (2016). *population-and-housing-census*, <https://amar.org.ir/statistical-information/statid/48485>.
- Taghi zad Fanid, A., Ghodsi, P., & Basak, S. (2022). Multi-criteria decision-making model for selecting suitable industrial locations based on SWARA and GIS-Fuzzy methods (Case study: Kermanshah Province). *Quarterly Journal of Economic Geography Research*, 3(9), 77–96. <http://Dor: 20.1001.1.27173747.1401.3.9.4.5>. [In Persian].
- Tan, S. Y., & Taeihagh, A. (2020). Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(3), 899. <https://Doi.org/10.3390/su12030899>.
- Veisi, A., & Gheisvandi, A. (2011). Smart city, the evolution of the new urban revolution: The electronic city, the reality of tomorrow's cities. *Specialized Monthly Book of the Mah (Art)*, (155), 36–45. [In Persian].
- Xie, X. F. (2018). Key Applications of the Smart IoT to Transform Transportation Systems. *WIOMAX*, 1–4. <http://Doi.org/10.13140/RG.2.2.25459.84009>.
- Yıldız, B. (2021). Internet of Things and Smart Cities: A Bibliometric Analysis. *Quantrade Journal of Complex Systems in Social Sciences*, 3(1), 27–44. <https://www.researchgate.net/publication/353015084>.
- Zhang, S., & Ingrid, P. (2017). The role of information and communication technology for smart city development in China. *Tallinn University of Technology, Faculty of Information Technology*. <http://www.digikogu.taltech.ee>.