



<https://sppl.ui.ac.ir/?lang=en>

Spatial Planning

E-ISSN: 2476-3357

Document Type: Research Paper

Vol. 13, Issue 4, No.51, Winter 2023, pp. 1- 2

Received: 15/06/2023

Accepted: 22/10/2023

Spatial Analysis of Smart City Indicators Based on the Internet of Things (IoT) in the Metropolis of Mashhad

Aliakbar Anabestani¹ *, Mohsen Kalantari², Nasim Niknami³

1- Professor in the Department of Human Geography and Spatial Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
a_anabestani@sbu.ac.ir

2- Associate Professor in the Department of Human Geography and Spatial Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
mo_kalantari@sbu.ac.ir

3- MSc. Student in Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
nasiimniii1374@gmail.com

Abstract

The concept of a smart city involves utilizing information and communication technology to improve the livability and sustainability of urban areas and unique locations, thereby promoting innovation and entrepreneurship. The extensive use of digital sensors and control systems for managing urban infrastructure has led to the development of various applications with the Internet of Things (IoT) playing a crucial role in enabling new services and enhancing interaction levels. As this technology continues to progress, it holds the potential to transform every aspect of human life. This research aimed to conduct a spatial analysis of smart city indicators, particularly those related to the IoT across 13 regions of Mashhad metropolis. This study took an applied approach with a descriptive-analytical nature by utilizing both documentary (library) and field (questionnaire) data collection methods. The sample consisted of residents from 13 regions within Mashhad metropolis with a sample size of 171 questionnaires determined based on the 2016 population of 3,062,242. The questionnaires were distributed proportionately across each region. The data analysis was conducted by using SPSS software and decision-making methods, such as MEREC and COCOSO. Furthermore, the structural equation modeling approach (Smart PLS) was employed for a comprehensive analysis. The research findings indicated that Regions 9, 1, and 4 showed the highest levels of smart city indicators based on IoT in Mashhad, while Regions 3, 12, and 10 exhibited the lowest levels. According to the results of the PLS structural equation modeling test, the variable of smart governance showed the highest overall impact coefficient (1.523) on the IoT-based smart city followed by smart economy (1.256), smart citizen (0.895), smart environment (0.687), smart mobility (0.622), and smart living (0.160).

Keywords: Smart City, Internet of Things (IoT), Information and Communication Technology, Mashhad Metropolis.

*Corresponding Author

Anabestani, A., Kalantari, M., & Niknami, N. (2023). Spatial Analysis of Smart City Indicators Based on the Internet of Things in the Metropolis of Mashhad. *Spatial Planning*, 13 (4), 1 - 2 .



2476-3357 © The Author(s).

Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



10.22108/SPPL.2023.138037.1732

Introduction

A smart city is a sophisticated ecosystem that leverages advanced information and communication technologies to enhance the appeal and sustainability of urban areas and distinctive locations, fostering innovation and entrepreneurship. The widespread adoption of digital sensors and control systems for managing urban infrastructure has facilitated various applications with the Internet of Things (IoT) emerging as a solution for delivering new services and enhancing interactive experiences. In recent years, the concept of smart cities has gained traction in Iran with cities, such as Urmia, Isfahan, Tehran, Mashhad, and Tabriz, being recognized as smart cities. Due to its rapid growth and development, as well as social, economic, and environmental changes in line with new needs, Mashhad City needs to provide services that are suitable and deserving for its residents, especially considering the significant number of domestic and foreign pilgrims, who visit the holy shrine of Imam Reza annually. Therefore, the indigenous capacities of the city alone are not sufficient for its development and the collaboration of various sectors, especially the communication and IT sectors, is necessary to elevate and progress it in new areas. Hence, this paper aimed to examine the distribution status of IoT-based smart city indicators in 13 districts of Mashhad municipality and answer the question of how the current status of IoT-based smart city indicators was in the mentioned districts.

Materials and Methods

This research was applied in terms of its objective and descriptive-analytical in terms of its nature and method. The data collection method included both documentary (library) and field (questionnaire) researches. The sample consisted of residents from the 13 districts of Mashhad metropolis. Cochran formula was used to determine the sample size for each district, resulting in a total of 171 questionnaires based on a coefficient of 0.075 and population of 3,062,242 in 2016. The questionnaire was designed in a 5-point Likert scale format and distributed and completed across the districts of Mashhad. The questionnaire was validated based on the input from university professors and the necessary modifications were implemented. After collecting the questionnaires and assessing their reliability using the Cronbach's alpha method, the gathered data were analyzed by using descriptive and inferential statistics, including the Chi-square test, skewness and kurtosis tests, and one-sample t-test, within the SPSS software environment. Additionally, decision-making methods, such as MEREC and COCOSO, were utilized for data and information analysis. Finally, the Smart PLS software was employed to construct the structural equation model and determine the impact levels of the desired indicators on the IoT-based smart city.


Research Findings

Upon confirming the normal distribution of the data through skewness and kurtosis tests, the results of the one-sample t-test indicated that all the indicators were significant. Among the IoT-based smart growth indicators, the first factor (smart mobility) exhibited the highest mean of 2.7154, while the component of smart citizen had the lowest score of 2.1287 compared to the other components. Following the weighting of the indicators by using the MEREC method and application of the COCOSO technique for ranking the districts, the results revealed that District 9 secured the 1st rank with a score of 3.412 and District 1 showed the 2nd rank with a score of 3.349 with the remaining districts following in subsequent ranks. Furthermore, the results of the structural equation modeling by using SMART PLS indicated that the variable of smart government exhibited the highest overall influence coefficient of 1.523 followed by smart economy (1.256), smart citizen (0.895), smart environment (0.687), smart mobility (0.622), and smart living (0.160), showcasing their influences in the IoT-based smart city.

Discussion of Results & Conclusion

A smart city represents a comprehensive framework that assesses various facets of intelligent initiatives, empowering cities to leverage urban networks, bolster their economic prowess, and establish more efficient systems. This network relies on wireless networks, broadcasting networks, internet networks, telecommunication networks, and sensor networks with the Internet of Things (IoT) at its core. The research findings were consistent with the conclusions of other researchers, such as Mafi and Gholizadeh (2015), Amelifar et al. (2022), and Sudeep et al. (2018), highlighting the impact of IoT in urban settings, resulting in savings in time, cost, energy, materials, and human resources, and ultimately enhancing the quality of urban life. The high rankings of Regions 9 and 1 in Mashhad metropolis in terms of smart city indicators validated this assertion as evidenced by the high quality of urban life in these areas and the residents' preference to live there.

تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلانشهر مشهد

علی‌اکبر عنابستانی* ، استاد گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

a_anabestani@sbu.ac.ir

محسن کلانتری، دانشیار گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

mo_kalantari@sbu.ac.ir

نسیم نیکنامی، کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

nasiimniii1374@gmail.com

چکیده

شهر هوشمند یک اکوسیستم پیچیده فشرده از فناوری اطلاعات و ارتباطات است که در آن هدف جذاب‌تر و پایدارتر کردن شهرها و مکان‌های بی‌نظیر برای نوآوری و کارآفرینی است. فراگیر شدن حسگرهای دیجیتال و سیستم‌های کنترل دیجیتال برای مدیریت زیرساخت‌های شهری کاربردهایی متعددی را ممکن کرده است که در این میان، اینترنت اشیا به‌عنوان راهکاری برای ارائه خدمات جدید و افزایش سطح تعاملات تجلی یافته است که با پیشرفت و توسعه این فناوری مادر همه جوانب زندگی بشر متحول خواهد شد. هدف از پژوهش حاضر تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در سطح منطقه‌های سیزده‌گانه کلانشهر مشهد است. پژوهش حاضر به‌لحاظ هدف، کاربردی، به لحاظ ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات در آن اسنادی (کتابخانه‌ای) و میدانی (پرسشنامه) است. حجم نمونه آماری شامل شهروندان ساکن منطقه‌های سیزده‌گانه کلانشهر مشهد است که با توجه به جمعیت ۳۰۶۲۲۴۲ نفر در سال ۱۳۹۵، ۱۷۱ پرسشنامه برآورد و به‌دنبال آن پرسشنامه‌ها با توجه به جمعیت هر منطقه به روش تصادفی توزیع شده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات از نرم‌افزار SPSS، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند MEREC و COCOSO و روش معادله‌های ساختاری (Smart PLS) بهره گرفته شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که منطقه‌های ۹، ۱ و ۴ به ترتیب بالاترین و منطقه‌های ۳، ۱۲ و ۱۰ پایین‌ترین سطح برخورداری از شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا را در شهر مشهد دارند. براساس نتایج آزمون معادله‌های ساختاری PLS متغیر دولت هوشمند با ضریب تأثیر کل (۱/۵۲۳) بیشترین تأثیر را بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا داشته است و سپس به ترتیب مؤلفه‌های اقتصاد هوشمند (۱/۲۵۶)، شهروند هوشمند (۰/۸۹۵)، محیط هوشمند (۰/۶۸۷)، تحرک هوشمند (۰/۶۲۲) و زندگی هوشمند (۰/۱۶۰) بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا مؤثر بوده است.

واژه‌های کلیدی: شهر هوشمند، اینترنت اشیا، فناوری اطلاعات و ارتباطات، کلانشهر مشهد.

مقدمه

*نویسنده مسئول

عنابستانی، علی‌اکبر، کلانتری، محسن، نیکنامی، نسیم. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلانشهر مشهد. *برنامه‌ریزی*

فضایی، ۱۳ (۴)، ۹۶-۷۱.



شهر هوشمند اصطلاحی آشناست که در سال‌های اخیر با استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ایجاد و یکپارچه سازی زیرساخت‌ها و خدمات‌رسانی بهتر به شهروندان، گام‌های ویژه‌ای از جهت کاهش معضل‌های محلی و رفع مشکلات متداول شهری با هدف تبدیل شهرها به مکانی بهتر برای امرار معاش و زندگی مرفه برداشته است. شهر هوشمند شهری نوآور است که در آن از فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) و وسایل دیگر استفاده بهینه می‌شود تا در آن کیفیت زندگی، کارایی عملیات شهری و خدمات رقابت‌پذیری ارتقا پیدا کند؛ درحالی که سازگاری و مطابقت با نیازهای نسل‌های کنونی و آتی را با توجه به جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تضمین می‌کند ([موسوی حسینی، ۱۴۰۱](#)). گسترش چشمگیر شهرنشینی در شهرهای مدرن مستلزم راه‌حل‌های هوشمند برای رسیدگی به مسائل مهمی مانند تحرک، مراقبت‌های بهداشتی، انرژی و زیرساخت‌های عمرانی است. اینترنت اشیا یکی از امیدوارکننده‌ترین فناوری‌های توانمند برای مقابله با این چالش‌هاست که با ایجاد یک شبکه گسترده جهانی از اشیا فیزیکی بهم پیوسته، تعبیه‌شده با الکترونیک، نرم‌افزار، حسگرها و اتصال شبکه به وجود آمده است ([Alavi et al., 2018](#)). شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با بهم پیوستن دنیای فیزیکی و مجازی و نیز با مقدارهای عظیمی از دستگاه‌های الکترونیکی توزیع شده در خانه‌ها، وسایل نقلیه، خیابان‌ها، ساختمان‌ها و بسیاری از محیط‌های عمومی دیگر می‌توانند انواع مختلفی از خدمات را به شهروندان و مدیران ارائه دهند. از جمله این خدمات خانه‌های هوشمند، پارکینگ‌های هوشمند، سیستم‌های آب‌وهوا، ترافیک و سایل نقلیه، آلودگی محیط زیست، سیستم‌های نظارتی، انرژی هوشمند و شبکه‌های هوشمند است ([Qian et al., 2019](#)). همان‌طور که مشهود است یک شهر هوشمند از شش مؤلفه اصلی دولت هوشمند، اقتصاد هوشمند، شهروندان باهوش، تحرک هوشمند، محیط هوشمند و زندگی هوشمند تشکیل شده است ([Ganchev et al., 2014](#)). شهر هوشمند با نگاهی آینده‌نگر به اقتصاد، مردم، حاکمیت، عبور و مرور، محیط و منابع طبیعی و محیط‌زیست و نیز برپایه ترکیبی هوشمند از منابع موجود و فعالیت‌های مستقل و قابل برنامه‌ریزی و شهروندان آگاه ساخته شده است و مدیریت می‌شود ([Giffinger et al., 2007](#)). شهرهای هوشمند با اینترنت اشیا کاربردهای مختلفی از قبیل روشنایی، کنترل ترافیک، اتصال چندین شهر، مصرف انرژی و کنترل آلودگی را برعهده می‌گیرند و ایفای نقش می‌کنند ([موسوی داویجانی، ۱۳۹۹](#)). برای مثال، در سیستم مدیریت ترافیک با استفاده از IOT امکان نظارت بر ترافیک و جلوگیری از احتقان‌ها وجود خواهد داشت. علاوه بر آن، یک سیستم پارکینگ هوشمند می‌تواند با استفاده از دوربین‌ها (Automatic Number Plate Recognition) و سنسورهای فشار و نیز با محاسبه‌های تعداد و سرعت اتومبیل‌ها فضاهای پارکینگ را کنترل و رانندگان را با پارکینگ خودکار نظارت کند که این خود باعث افزایش جابه‌جایی و آرامش شهروندان در دستیابی به پارکینگ و اندازه‌گیری جریان‌های ترافیکی خواهد شد ([Miorandi et al., 2012](#)). درنهایت، باید اشاره کرد که ضرورت هوشمندسازی در شهرها به دلیل وجود نیازهای مختلف و پیچیدگی آن احساس می‌شود که این پیچیدگی از طرفی، حاصل ارتباطات بین سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل، شبکه ارتباطی و سیستم‌های تجاری است و از طرفی دیگر، به دلیل شهروندانی است که با این سیستم‌ها در ارتباط هستند ([حاجی شاه کرم و محمدی، ۱۳۹۴](#)). بنابراین می‌توان گفت افزایش سطح کیفیت زندگی مردم مسئله اصلی در تحقق‌پذیری شهر هوشمند است که این امر مستلزم توسعه شهر هوشمند در همه ابعاد آن است. همچنین،

اینترنت اشیا در توسعه شهر هوشمند نقش اساسی دارد که هم‌اکنون کمبود پژوهش درباره توسعه شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در اقتصادهای در حال ظهور مانند ایران احساس می‌شود.

طی سال‌های آینده چالش‌های اصلی پیش روی شهرها عبارت است از: تغییرات آب‌وهوایی، عرضه و تقاضای انرژی، کمبود سوخت و منابع طبیعی، رشد جمعیت، مراقبت‌های بهداشتی، قابلیت ردیابی و ایمنی مواد غذایی، کاهش اکوسیستم طبیعی و... است که شهرها نیازمند آمادگی و تمهیداتی برای کنترل وضعیت است (Bonino et al., 2015). همچنین، با روند رشد اشاره شده در جمعیت و میزان شهرنشینی در جهان، تقاضا برای انرژی به‌طور مداوم، افزایش خواهد یافت. شبکه‌های انرژی کنونی، ده‌ها سال پیش ساخته شده است و برخلاف اینکه به‌طور منظم، به‌روزرسانی می‌شود، توانایی آنها برای تحقق خواسته‌های آینده نامشخص است. ذخایر موجود سوخت‌های فسیلی محدود است که با انتشار مواد مضر آن تأثیرهای زیست‌محیطی و اجتماعی اجتناب‌ناپذیری دارد. مفهوم اینترنت اشیا با اندازه‌گیری هوشمند ترکیب شده است که پتانسیل این را دارد که خانه‌ها، اداره‌ها و... را به محیط‌های آگاه انرژی تبدیل کند (Stojkoska & Trivodaliev, 2017). در این میان، اینترنت اشیا یک حوزه علمی در حال ظهور است که با بسیاری از کاربردهای علمی برای انواع مختلفی از حوزه‌ها مانند شهرهای هوشمند، اتوماسیون خانگی، و سایل نقلیه مستقل و فناوری‌های مراقب بهداشتی گسترش یافته است. همچنین، اینترنت اشیا می‌تواند با کنترل و نظارت بر تولید مصرف انرژی را در شهر تسهیل کند (Beligianni et al., 2016). مطالعات سراسر جهان طی دو دهه گذشته نشان داد که پروژه‌هایی با تأکید بر شهرهای هوشمند یا شهرهای دیجیتالی، شهر اطلاعاتی، شهر مبتنی بر دانش، جوامع الکترونیکی و یا شهر سایبری روزبه‌روز در حال افزایش است که این امر توجه برنامه‌ریزان و مدیران شهری را به خود جلب کرده است (یزدانی و همکاران، ۱۴۰۰).

موضوع شهر هوشمند در سال‌های اخیر در ایران مطرح و حتی شهرهای ارومیه، اصفهان، تهران، مشهد و تبریز به‌عنوان شهرهای هوشمند ایران معرفی شده است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۹) که در این میان، شهر مشهد از جمله شهرهایی است که به‌دلیل رشد و توسعه سریع و تغییرات اجتماعی، اقتصادی و محیطی متناسب با نیازهای جدید و نیز وجود بارگاه منور رضوی که سالانه پذیرای تعداد فراوانی زائر داخلی و خارجی است باید خدمات ارائه‌شده شایسته آنها باشد؛ بنابراین ظرفیت‌های بومی برای توسعه این شهر به‌تنهایی کفایت نمی‌کند و همراهی بخش‌های مختلف به‌ویژه حوزه‌های ارتباطی و IT ضروری است تا این شهر را بنا به جایگاه و وسعتش ملزم به ارتقا و پیشرفت در زمینه‌های نوین کند. بنا بر مطالعات صورت‌گرفته می‌توان گفت که مطالعات شهر هوشمند بر مبنای اینترنت اشیا در شهر مشهد ثمربخش واقع خواهد شد؛ زیرا اینگونه مطالعات در بهبود مدیریت منابع، بهبود کیفیت زندگی، مزایای اقتصادی و نوآوری و کارآفرینی بسیار مؤثر خواهد بود؛ از این رو محققان در پژوهش حاضر کو شیده‌اند تا وضعیت پراکنش شاخص‌های شهر هوشمند را مبتنی بر اینترنت اشیا در سطح منطقه‌های سیزده‌گانه شهرداری مشهد بررسی کنند و سپس به این سؤال پاسخ دهند که وضع موجود شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در منطقه‌های سیزده‌گانه شهر مشهد چگونه است؟

مبانی نظری پژوهش

شهر هوشمند

امروزه شهر هوشمند به تدریج به اصلی‌ترین جریان ساخت و سازهای شهری تبدیل شده است که آن را می‌توان به‌عنوان یک شبکه فشرده فناوری با استفاده از فناوری پیشرفته برای پیوند اطلاعات، جمعیت و وسایل نقلیه در نظر گرفت (Yang et al., 2020). شهر هوشمند به لحاظ مفهومی به‌عنوان شکلی جدید از توسعه پایدار در شهر نمایان شده است که در آن رویکردهایی برای بهبود کیفیت و عملکرد خدمات شهری با هدف تعامل بهتر میان شهروندان و دولت ارائه می‌شود تا کیفیت زندگی جمعیت شهری به نهایت مطلوبیت برسد (سعادت‌ی و مهرشاد، ۱۳۹۶). شهرهای هوشمند به شهرهایی گفته می‌شود که از فناوری مخابرات و سیستم‌های اطلاعاتی برای بهبود زندگی شهروندان استفاده می‌کنند. در واقع، یک شهر هوشمند می‌تواند با رسیدن به دو هدف اصلی هوشمند شود: ۱- فراهم آوردن زیرساخت شهری پیشرفته با توانایی جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و نیز با استفاده از فناوری‌های در حال ظهور مانند شبکه هوشمند، کتورهای هوشمند، ساختمان‌های هوشمند، اشیاء متصل و داده‌های بزرگ؛ ۲- اجازه دادن به کاربران برای تعامل با محیط از طریق برنامه‌های هوشمند برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، کاهش سطح آلودگی محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی (Hammi et al., 2018).

ایده شهر هوشمند در یک محیط شهری چالش‌برانگیز (از جمله زیرساخت، رفتار انسانی، فناوری، ساختارهای اجتماعی-سیاسی و اقتصاد) کار می‌کند و روشی هوشمندانه برای مدیریت وسایلی مانند حمل و نقل، بهداشت، آموزش، انرژی، خانه‌ها و ساختمان‌ها و محیط زیست است که شیوه‌های توسعه پایدار را برای رویارویی با چالش‌های افزایش شهرنشینی نمایان می‌کند (Jasim et al., 2021). زمانی شهری را می‌توان هوشمند نامید که سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی و اجتماعی و زیرساخت‌های ارتباطی سنتی و مدرن (با مدیریت خردمندانه منابع طبیعی از طریق حاکمیت مشارکتی) باعث رشد اقتصادی پایدار و کیفیت زندگی بالا شود. این شهر زیرساخت‌های فیزیکی، زیرساخت‌های ICT، زیرساخت‌های اجتماعی و زیرساخت‌های تجاری را به یکدیگر متصل می‌کند تا از هوش جمعی شهر استفاده کند (Qian et al., 2019). شهرهای هوشمند علاوه بر پیاده‌سازی راه‌حل‌های تکنولوژیکی با هدف حاکمیت بهتر شهر و افزایش راحتی به دنبال بهبود فرآیندهای صنعتی و قادر کردن انتقال صنایع سنتی به حوزه اینترنت و فناوری‌های دیجیتال هستند که این امر از طرفی، منجر به کاهش استفاده از منابع طبیعی و تشویق استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش هزینه‌ها و نیروی کار و از طرف دیگر، سبب کاهش سطح‌های آلودگی و نارضایتی از حفاظت محیط زیست می‌شود (Silva et al., 2018). در مجموع، برنامه‌ریزی شهر هوشمند مسائل مهمی همچون تراکم ترافیک، مدیریت پسماند، آگاهی شهروندان، تحولات برنامه‌ریزی نشده در شهرها، افزایش سطح ناهمگونی، مقیاس‌پذیری و قابلیت تعامل، تحرک، نیاز به پشتیبانی از هر دستگاہی را با حداقل قابلیت‌های ارتباطی و محاسباتی پوشش می‌دهد (Tanwar et al., 2018) که همگی این موارد بایدهای مهم برای هرچه بهتر شدن کیفیت زندگی بشر در حال و آینده خواهد بود.

گفتنی است که مالزی و سنگاپور از پیشرفته‌ترین شهرهای جنوب شرقی آسیا هستند و چند سالی است که برای تبدیل

شدن به یک شهر هوشمند تلاش می‌کنند؛ برای مثال، کوالا لامپور به ساخت (ICT) جهانی فناوری اطلاعات و ارتباطات زیرساخت‌هایی مانند اتصال به اینترنت پرسرعت، ایجاد مراکز داده و امکانات تحقیقاتی و سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی به خصوص حمل‌ونقل ریلی اقدام کرده است. همچنین، سنگاپور با تکنولوژی زیاد ابتکارات مختلفی را برای تبدیل شدن به یک شهر هوشمند از جمله استفاده از حسگرها، تجزیه و تحلیل داده‌ها و دستگاه‌های اینترنت اشیا را برای بهبود برنامه‌ریزی شهری، حمل‌ونقل و پایداری محیط زیست شهری اجرا کرده است (Chenge & Cheah, 2020).

شهرها در ایران نیز برای رسیدن به هوشمندسازی و هدف‌های حاصل از آن موانعی همچون کمبود بودجه و منابع و مهارت‌های لازم، موارد مرتبط با زیرساخت‌ها و موانع فرهنگی و نگرانی‌های امنیتی را پیش رو دارند. به عبارتی، ضعف سیاست و چشم‌اندازهای شفاف، هزینه‌های زیاد، ضعف زیرساخت‌های فنی در سرعت انتقال داده‌ها و عملکرد شبکه، نابرابری اجتماعی، نداشتن حکمرانی و مدیریت مناسب و کمبود دانش فنی از مشکلات و موانع هوشمندسازی شهرها و بحث اینترنت اشیاست (فلاحی و همکاران، ۱۴۰۰).

اینترنت اشیا

عبارت اینترنت اشیا (IOT) اولین بار در سال 1991 پس از ظهور تکنیک‌های مبتنی بر اینترنت در دهه 1990 گزارش شد. اینترنت اشیا را می‌توان به‌عنوان یک زیرساخت جهانی تعریف کرد که خدمات پیشرفته را با بهم پیوستن چیزهای فیزیکی و مجازی و نیز با استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی (ICT) امکان‌پذیر می‌کند (Alavi et al., 2018). تعداد نوظهوری از اشیا با سرعت ویژه‌ای به اینترنت وصل شده‌اند که دانش اینترنت اشیا (IoT) را درک می‌کنند. در سال 2008، CISCO گزارش کرد که تعداد اشیا متصل به اینترنت بیشتر از تعداد افرادی است که روی کره زمین زندگی می‌کنند (Rathore et al., 2016). طبق این تعریف، اینترنت اشیا به افراد و اشیا اجازه می‌دهد که در هر زمان و مکان با هر چیزی و هر کسی به‌طور ایمن، با استفاده از مسیر یا شبکه و هر سرویسی بهم متصل شوند (Perera et al., 2014). IOT ممکن است به‌عنوان «اشیا دارای هویت و شخصیت‌های مجازی در فضاهای هوشمند» با استفاده از رابط‌های هوشمند برای اتصال و ارتباط در زمینه اجتماعی، پزشکی، محیطی و کاربران تعریف شود (He & Zeadally, 2015). هدف از پیاده‌سازی اینترنت اشیا ارتباطات مستقل، قوی، ایمن و تبادل داده‌ها میان دستگاه‌ها و برنامه‌های کاربردی جهان واقعی است (He et al., 2014). اینترنت اشیا که رهبری فاز چهارم انقلاب صنعتی را برعهده دارد، به شبکه‌ای اشاره می‌کند که در آن هر شیء فیزیکی با برچسبی که هویت‌دار شده به همراه سایر اشیا شبکه‌ای را تشکیل می‌دهد که ضمن برقراری ارتباط با یکدیگر به تبادل داده می‌پردازد (میر سپاسی، ۱۳۹۹). چراغ‌های راهنمایی هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، سیستم کارآمد انرژی، مدیریت آب هوشمند، پارکینگ هوشمند، ساختمان‌های هوشمند و سیستم‌های نظارتی نمونه‌های واقعی از کاربرد اینترنت اشیا در شهر هوشمند است (موسوی داویدجانی، ۱۳۹۹). IOT قابلیت‌های شنیدن، دیدن، گوش کردن و ارتباط اشیا با یکدیگر را توانمند می‌کند؛ بنابراین IOT با بهره‌گیری از محاسبه‌های فراگیر، وسایل تعبیه شده (عملکرها، تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها و سایر وسایل شبکه‌بندی شده)، فناوری‌های ارتباطات، شبکه‌های حسگر، پروتکل‌ها و اپلیکیشن‌های اینترنت، اشیا را از سنتی به هوشمند تبدیل و بدین طریق

در شیوه بشر انقلاب ایجاد می‌کند (Rathore et al., 2016). IOT. بهترین راه را برای هوشمند کردن شهر ارائه می‌دهد. درحقیقت، اینترنت می‌تواند در سناریوهای چندگانه از جمله نظارت بر وضعیت ساختمان با WSNS منفعل، نظارت بر محیط زیست، سطح آب برای دریاچه‌ها یا رطوبت خاک، مدیریت پسماند، پارکینگ هوشمند، کاهش اثر CO₂ یا رانندگی مستقل اعمال شود. دستیابی به چنین هدف‌هایی به تعداد زیادی از اجسام متصل نیاز دارد. در واقع، تعداد اشیا متصل به صورت نمایی در حال افزایش است و تخمین زده می‌شود که ۵۰ میلیارد شیء متصل به صورت هوشمند در جهان مستقر خواهد شد (Hammi et al., 2018). معماری اینترنت اشیا را می‌توان به ۳ لایه تقسیم کرد: اولین لایه حسگر (درک) است که شامل مجموعه‌ای از گره‌هاست که می‌تواند برای نظارت، سنجش، جمع‌آوری داده‌ها و مبادله اطلاعات با اشیا دیگر استفاده شود. لایه ارتباطی دوم، شبکه است که وظیفه انتقال داده‌های جمع‌آوری شده از لایه سنجش را به لایه کاربردی بر عهده دارد و هدف اصلی آن، این است که برنامه کاربردی به خودی خود این اطلاعات را به کاربر نهایی یا به پلتفرم مربوط به آن موضوع ارائه دهد. لایه سوم، برنامه است که هدف آن دریافت و پردازش داده‌های سنجش از لایه‌های پایینی بسته به نوع برنامه کاربردی است (Jasim et al., 2021). در نهایت، باید گفت که اینترنت اشیا یک الگوی ارتباطی انقلابی است که هدف آن ارائه یک چارچوب جدید برای اتصال تعداد زیادی از دستگاه‌های دیجیتال با اینترنت برای رفع نیازهای هرچه بیشتر و بهتر بشر است.

درباره اینترنت اشیا در جوامع شهری کمتر مطالعاتی در ایران صورت گرفته است؛ اما در حوزه شهر هوشمند مطالعات بیشتری انجام شده است که در ادامه، به تعدادی از آنها در داخل کشور اشاره و سپس به مطالعات خارجی در این حوزه نیز پرداخته شده است.

نسترن و پیرانی (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان «تدوین و اعتبار سنجی معیارها و شاخص‌های توسعه شهر هوشمند: مورد مطالعه: منطقه سه شهر اصفهان» انجام دادند. محققان در این پژوهش ۸۵ شاخص را در ۶ بُعد مردم هوشمند، اقتصاد هوشمند، زندگی هوشمند، حرکت هوشمند، حکمرانی هوشمند و محیط هوشمند بررسی کردند و در نتیجه، از میان ۸۵ شاخص ۶۰ شاخص مناسب شناسایی شد. نتایج نشان داد که از این شاخص‌ها می‌توان در امور برنامه‌ریزی شهر هوشمند بهره برد.

درویشی و همکاران (۱۳۹۹) پژوهشی با عنوان «تحلیل فضایی شاخص‌های رشد هوشمند مناطق شهری با استفاده از مدل ویکور: مطالعه موردی: شهر اردبیل» انجام دادند. نتایج نشان داد که منطقه یک بیشترین میزان برخورداری و منطقه دو کمترین میزان برخورداری را دارد که این امر نشان‌دهنده نابرابری و تفاوت چشمگیر در برخی از شاخص رشد هوشمند در منطقه‌های شهر اردبیل است.

فلاحی و همکاران (۱۴۰۰) پژوهشی با عنوان «تحلیل موانع کلیدی کاربرد اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند ایران (روش تحلیل ساختاری)» انجام دادند. در این پژوهش عواملی چون نبود سیاست‌ها، چشم‌اندازها و شیوه‌نامه نظارتی، هزینه‌های آموزشی، عملیاتی و نگهداری زیاد، نابرابری اجتماعی، عدم شفافیت و مسئولیت، کمبود دانش فنی در بین برنامه‌ریزان و ضعف زیرساخت فناوری و کمبود هوشمندی به عنوان چالش‌های اصلی کاربرد اینترنت اشیا در توسعه شهرهای هوشمند در ایران معرفی شد.

لطفی (۱۴۰۰) پژوهشی با عنوان «حفظ امنیت در شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا: مطالعه موردی: شهر

اصفهان» انجام داد. محقق در این پژوهش ضمن ارائه چالش‌های امنیتی و اخلاقی IOT و راه‌حل‌هایی برای حفظ امنیت در شهر هوشمند اصفهان معتقد بود با افزایش سطح آگاهی مردم اصفهان از اینترنت اشیا و انواع پروتکل‌های امنیتی و زیرساخت‌های آن می‌توان راهکارهای مؤثرتری را در افزایش میزان امنیت دستور کار قرار داد.

عاملی‌فر و همکاران (۱۴۰۱) پژوهشی با عنوان «بررسی نقش اینترنت اشیا، اینترنت سرویس، اینترنت مردم و اینترنت انرژی در شهرهای هوشمند: مطالعه موردی: شهر تهران» انجام دادند. نتایج نشان داد که در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم و استفاده از اینترنت که در آن اشیا، مردم، خدمات و انرژی به یکدیگر متصل است، اینترنت اشیا تأثیر بسزایی را در حمل‌ونقل عمومی، کاهش مصرف انرژی، مدیریت بهداشت و درمان و بهبود ارتباط مردم در شهرها دارد.

رجبی و همکاران (۱۴۰۲) پژوهشی با عنوان «ارزیابی تحقق شهر هوشمند با تأکید بر رویکرد کیفیت زندگی شهری: مورد مطالعه: منطقه ۲ شهر تهران» انجام دادند. نتایج نشان داد که مردم هوشمند و زندگی هوشمند مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند است که در تحقق این امر حکمروایی هوشمند کمترین تأثیر را دارد. کیفیت اقتصادی مهم‌ترین شاخص کیفیت زندگی شهری است که در این میان، شاخص کیفیت کالبدی کمترین تأثیر را دارد. در نهایت، کیفیت زندگی با توجه به بار عاملی متغیر تأثیر قوی و تعیین‌کننده‌ای در تحقق شهر هوشمند دارد. همچنین، شهر هوشمند خود تأثیری با شدت کمتر بر ارتقا کیفیت زندگی دارد.

پرا و همکاران پژوهشی با عنوان «سنجش به‌عنوان یک مدل خدماتی برای شهرهای هوشمند با پشتیبانی اینترنت اشیا» انجام دادند. محققان در این پژوهش سنجش را به‌عنوان یک سرویس و نحوه تطابق آن با اینترنت اشیا بررسی کردند. هدف آنها بررسی مفهوم حس به‌عنوان یک مدل خدماتی در دیدگاه‌های تکنولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی و شناسایی چالش‌ها و مسائل باز اصلی بود (Perera et al., 2014).

هارمون و همکاران پژوهشی با عنوان «شهرهای هوشمند و اینترنت اشیا» انجام دادند. محققان در این پژوهش الگویی را برای توسعه استراتژی از جهت اجرای سیستم‌های IOT در بافت شهر هوشمند ارائه کردند. آنان این الگو را با اجرای مراحل کاهش هزینه‌ها، مهندسی مجدد محصولات و فرآیندها، تغییر کسب‌وکار اصلی و ایجاد مدل کسب‌وکار جدید نمایان کردند (Harmon et al., 2015).

دیکین و رید پژوهشی با عنوان «شهرهای هوشمند: زیرساخت‌سازی پایداری نواحی شهر به‌عنوان مناطق کارآمد انرژی با کربن پایین» انجام دادند. در این پژوهش اجزای استراتژی رشد از قبیل زیرساخت‌های دیجیتال، سیستم‌های مدیریت داده، انرژی تجدیدپذیر، ساختمان‌های هوشمند و حمل‌ونقل هوشمند معرفی و سپس عواملی که در این موارد مؤثر بوده، بررسی شده است. براساس پیشنهاد این مقاله لازم است شهرهای هوشمند ابتدا ساختار اجتماعی-دموگرافیک شهر را برای صرفه‌جویی مهم انرژی و کاهش CO2 که اینترنت اشیا به شهرها برای هوشمند بودن پیشنهاد می‌کند، بررسی کنند و سپس از نمایه زیست‌محیطی که این ارزیابی ایجاد می‌کند، استفاده کنند (Deakin & Reid, 2016).

محمود و همکاران پژوهشی با عنوان «انجام دادند» محققان در این پژوهش یک طبقه‌بندی از جهت ارائه یک نمای کلی از الگوی اینترنت اشیا برای شهرهای هوشمند، ICT یکپارچه، انواع شبکه، فرصت‌های احتمالی و الزام‌های اصلی ارائه دادند. همچنین، آخرین هم‌افزایی‌ها و ابتکارات انجام شده در سراسر جهان را برای ترویج

اینترنت اشیا در زمینه شهرهای هوشمند خلاصه کردند و در نهایت، چندین چالش را برای ارائه مسیرهای پژوهش‌های آینده برجسته کردند (Mehmood et al., 2017).

حامی و همکاران پژوهشی با عنوان «فناوری‌های اینترنت اشیا برای شهرهای هوشمند» انجام دادند. محققان در این پژوهش روندهای فعلی و آینده شهر هوشمند و اینترنت IOT را شرح دادند. همچنین، درباره اندرکنش میان شهرهای هوشمند و اینترنت IOT بحث و گفت‌وگو کردند و برخی از عوامل محرک را در تحول و توسعه IOT و شهر هوشمند توضیح دادند. در نهایت، برخی از نقطه‌ضعف‌های IOT و اینکه چگونه باید به این نقاط ضعف در هنگام استفاده از شهرهای هوشمند توجه شود، بررسی شد (Hammi et al., 2018).

تانوار و همکاران پژوهشی با عنوان «نقش اینترنت اشیا و شبکه هوشمند برای توسعه شهر هوشمند» انجام دادند. محققان در این پژوهش نقش اینترنت اشیا را برای توسعه شهر هوشمند بررسی و به معماری ویژه برای کارآمدی شهر هوشمند و زیرساخت‌های آن اشاره کردند. در ادامه، به چالش‌های توسعه زیرساخت اینترنت اشیا و راه‌حل‌های آن پرداختند و سپس برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا را براساس دامنه آنها فهرست کردند. این پژوهش به صورت تحلیلی و ارائه مطالب ذکر شده، آورده شده که نتیجه آن نیز همان مطالب اشاره شده است (Tanwar et al., 2018).

فوسو و همکاران پژوهشی با عنوان «کلان‌داده، اینترنت اشیا و تحقیقات شهرهای هوشمند: بررسی ادبیات و دستور کار تحقیق» انجام دادند. این پژوهش بر مبنای مروری بر ادبیات کلان‌داده، اینترنت اشیا و تحقیقات شهرهای هوشمند است که در آن ۱۴۳ مقاله مرتبط شناسایی شده و در دستور کار پژوهش‌هایی برای آینده قرار گرفته است. این پژوهش به صورت تحلیلی است که با ارائه نتایج ۱۴۳ مقاله در زمینه شهر هوشمند و اینترنت اشیا نمی‌توان نتیجه آن را به صورت کوتاه آورد (Fosso Wemba et al., 2019).

اورتنز و همکاران پژوهشی با عنوان «اینترنت اشیا به عنوان فعال‌کننده شهر هوشمند: موارد پالو آلتو، نیس و استکهلم» انجام دادند. محققان در این پژوهش با بررسی سه شهر معروف نیس، پالو آلتو و استکهلم نشان دادند که اجرای موفقیت‌آمیز یک مدل شهر هوشمند مستلزم پرداختن به تعدادی چالش حیاتی است. مشارکت شهروندان، همکاری تجاری و رهبری قوی عوامل کلیدی موفقیت در فرآیند توسعه شهر هوشمند است (Evertzen et al., 2019).

بلینی و همکاران پژوهشی با عنوان «شهرهای هوشمند مجهز به اینترنت اشیا: مروری بر مفاهیم، چارچوب‌ها و فناوری‌های کلیدی» انجام دادند. محققان در این پژوهش برای چارچوب‌های اینترنت اشیا، فناوری‌های کلیدی را معرفی و سپس با مروری بر رویکردها و چارچوب‌های اصلی شهر هوشمند در شش دامنه اصلی آن جدولی با طبقه‌بندی در ۸ حوزه ارائه کردند (Bellini et al., 2022).

رجب و همکاران از اولین تلاش‌ها برای مطالعه پژوهش‌های جهانی اینترنت اشیا در بافت شهر هوشمند است که در آن از مجموعه مقاله‌ها و تکنیک‌ها استفاده شده است تا به محققان و دست‌اندرکاران یک نمای کلی از آنچه مطالعه شده و شکاف‌های پژوهشی در تقاطع اینترنت اشیا و شهر هوشمند را بشناسانند (Rejeb et al., 2022).
مرور منابع و پژوهش‌های پیشین مرتبط با شهر هوشمند و اینترنت اشیا نشان‌دهنده این مطلب است که در بیشتر

آنها شاخص‌های شهر هوشمند و عوامل مؤثر بر آنها در حوزه‌های شش‌گانه بررسی و تحلیل شده است. مقوله اینترنت اشیا و شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در پژوهش‌ها به‌ندرت به چشم می‌خورد. به‌خصوص بحث تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا که در هیچ یک از پژوهش‌ها بررسی نشده است؛ از این رو پژوهش حاضر حاوی نوآوری است. در این راستا، محققان در این پژوهش کوشیده‌اند تا شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا را در کلانشهر مشهد ارزیابی و تحلیل فضایی کنند.

روش‌شناسی پژوهش

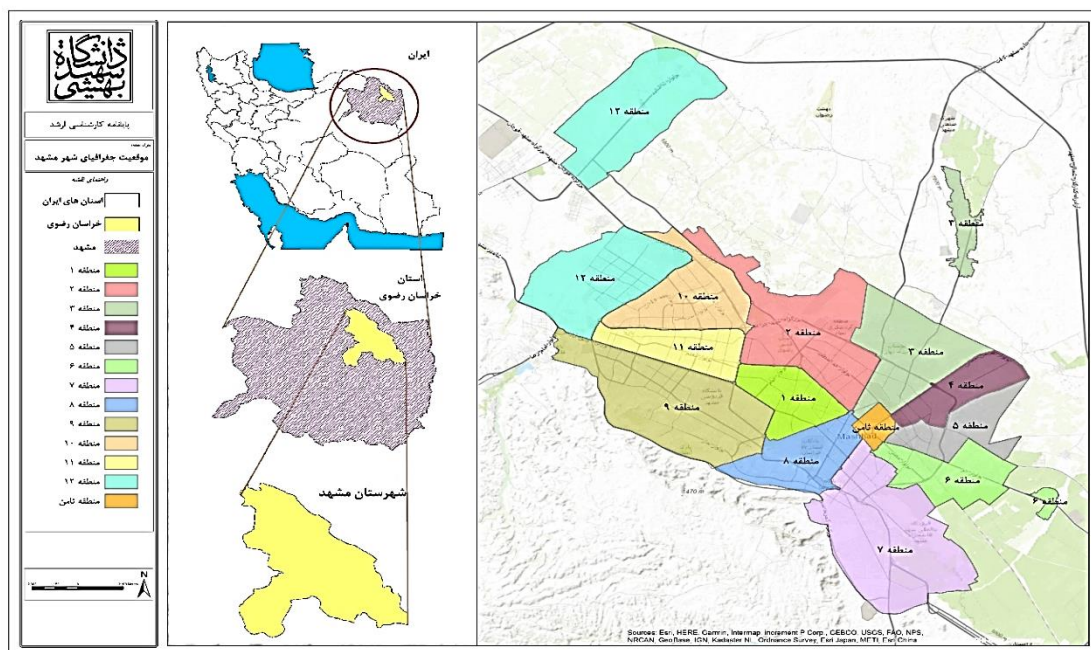
قلمرو مکانی پژوهش حاضر کلانشهر مشهد در شمال شرقی ایران است. این شهر مطابق سرشماری سال ۱۳۹۵ با جمعیت ۳/۱ میلیونی، دومین شهر پرجمعیت ایران، مرکز استان خراسان رضوی با مساحتی حدود ۳۴۳/۵ کیلومتر مربع است که ۱۳ منطقه دارد (شهرداری مشهد، ۱۳۹۸ ب). پژوهش حاضر به‌لحاظ هدف، کاربردی، به‌لحاظ ماهیت و روش توصیفی-تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات در آن اسنادی (کتابخانه‌ای) و میدانی (پرسشنامه) است. حجم نمونه آماری شامل شهروندان ساکن منطقه‌های سیزده‌گانه کلانشهر مشهد است. در این پژوهش برای تعیین حجم نمونه منطقه‌ها به صورت تصادفی از فرمول کوکران استفاده شده است که براساس ضریب d برابر ۰/۰۷۵ است. همچنین، حجم نمونه باتوجه به جمعیت ۳۰۶۲۲۴۲ نفر در سال ۱۳۹۵ برابر ۱۷۱ پرسشنامه خواهد بود که باتوجه به جمعیت هر منطقه توزیع و انتخاب نمونه‌ها به روش تصادفی انجام شده است. در ادامه، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات از نرم‌افزار SPSS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند MEREC و COCOSO بهره گرفته شده است.

جدول ۱: مشخصات منطقه‌های مطالعه‌شده و حجم تعداد نمونه در هر منطقه

Table 1: Details of the studied areas and the number of samples in each area

| منطقه‌های شهری | جمعیت | درصد | حجم نمونه |
|----------------|---------|-------|-----------|
| منطقه ۱ | ۱۶۷۰۰۸ | ۵٫۵٪ | ۱۲ |
| منطقه ۲ | ۵۱۴۴۱۱ | ۱۶٫۸٪ | ۱۸ |
| منطقه ۳ | ۴۱۷۹۵۰ | ۱۳٫۶٪ | ۱۶ |
| منطقه ۴ | ۲۶۱۹۳۸ | ۸٫۶٪ | ۱۴ |
| منطقه ۵ | ۱۷۵۸۴۴ | ۵٫۷٪ | ۱۲ |
| منطقه ۶ | ۲۳۲۶۰۹ | ۷٫۶٪ | ۱۳ |
| منطقه ۷ | ۲۵۶۵۶۳ | ۸٫۴٪ | ۱۴ |
| منطقه ۸ | ۸۹۲۱۶ | ۲٫۹٪ | ۱۱ |
| منطقه ۹ | ۳۲۷۰۰۱ | ۱۰٫۷٪ | ۱۵ |
| منطقه ۱۰ | ۲۹۶۸۲۳ | ۹٫۷٪ | ۱۴ |
| منطقه ۱۱ | ۲۰۰۱۶۱ | ۶٫۵٪ | ۱۲ |
| منطقه ۱۲ | ۱۰۸۸۶۹ | ۳٫۶٪ | ۱۱ |
| منطقه ثامن | ۱۳۸۴۹ | ۰٫۵٪ | ۹ |
| جمع | ۳۰۶۲۲۴۲ | ۱۰۰٪ | ۱۷۱ |

منبع: شهرداری مشهد (۱۳۹۸ الف) و محاسبه‌های نگارندگان



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعه‌شده (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Figure 1: Location of the study area

برای بررسی وضعیت شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلانشهر مشهد پرسشنامه‌ای در قالب طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت تهیه و در بین منطقه‌های شهر مشهد توزیع و تکمیل شده است. همچنین، برای روایی آن از نظرهای استادان دانشگاه استفاده و اصلاحات لازم انجام شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه و برای سنجش پایایی آن از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. میزان آلفا کرونباخ در جدول ۲ نشان می‌دهد که پایایی آنها پذیرفتنی و مناسب است. در کل آلفای کرونباخ پرسشنامه ۰/۹۳۴ به دست آمده که نشان‌دهنده پایایی خوب پرسشنامه و تأیید آن است. [جدول ۲](#) حاصل مطالعات بخش پیشینه نظری پژوهش و شاخص‌های نهایی هم‌پوشانی شده از شهر هوشمند و اینترنت اشیا است.

جدول ۲: مؤلفه‌ها و شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و میزان پایایی آن

Table 2: Components and indicators of IOT-based Smart city and its reliability

| آلفا | شاخص‌های شهر هوشمند مرتبط با فناوری اینترنت اشیا | ابعاد شهر هوشمند |
|-------|---|--------------------------|
| ۰/۷۵۳ | <ul style="list-style-type: none"> - مدیریت ترافیک (اینترنت اشیا و سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITC)، دوربین‌های ثبت تخلفات و...) - مسیریابی پویا (سنسورها و محرک‌های شهری، دستگاه‌های شخصی)؛ - پارکینگ هوشمند (اینترنت اشیا، گوشی تلفن همراه و یا سیستم هوشمند خودرو)؛ - پرداخت الکترونیک (تلفن همراه مجهز به NFC)؛ - اشتراک‌گذاری خودرو (ارتباط خودرو به خودرو (V2V)، ارتباط خودرو به زیرساخت (V2I))؛ - تحرک پایدار و ابزار OBD؛ - مدیریت حوادث؛ - مدیریت ساخت و نگهداری؛ - حمل‌ونقل عمومی متصل و اپلیکیشن‌های تلفن همراه و تابلوهای الکترونیکی اطلاع‌رسانی. | پویایی (حمل‌ونقل) هوشمند |

| | | |
|-------|---|--|
| ۰/۷۳۱ | <ul style="list-style-type: none"> - ساختمان‌ها و خانه‌های هوشمند (مدل‌های BIM، سنسورهای داخلی و خارجی و فناوری WSN، منزل‌های مجهز به سیستم ایمنی حریق و...) - گردشگری هوشمند (برنامه‌های وب و تلفن همراه، خدمات آگاه از موقعیت مکانی، واقعیت افزوده مجازی و رسانه‌های اجتماعی)؛ - آموزش هوشمند (سیستم‌های یادگیری الکترونیکی و آموزش غیرمتمرکز)؛ - پزشکی و نظارت از راه دور بیمار و ردیابی مراقبت‌های بهداشتی (دستگاه‌های پوشیدنی یا کاشته‌شده برای نظارت از راه دور بیمار (RPM)، شبکه‌های حسگر بدن (BSN) و شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن (WBAN))؛ - بیمارستان‌های هوشمند (سیستم حمل‌ونقل داخلی، سیستم بررسی خودکار، امنیت هوشمند و...) - مدیریت سوابق سلامت الکترونیک و پیش‌بینی و پیشگیری از بیماری‌ها (استانداردهای مدیریت اطلاعات، سرویس واقعیت افزوده). | زندگی هوشمند (زیرساخت و بهداشت) |
| ۰/۷۶۹ | <ul style="list-style-type: none"> - سطح تحصیلات؛ - میزان دسترسی به اینترنت پرسرعت؛ - تسلط به زبان‌های خارجی؛ - تعداد ساعت‌های مطالعه؛ - تمایل ساکنان به اشتراک‌گذاری اطلاعات با دیگر جوامع؛ - میزان تمایل شهروندان به یادگیری دائمی؛ - میزان دانش نسبت به قوانین مدیریت شهری؛ - تمایل به شرکت در انتخابات شورای شهر؛ - میزان مشارکت در امور داوطلبانه؛ - مدرسه هوشمند. | شهروند (مردم) هوشمند |
| ۰/۸۰۲ | <ul style="list-style-type: none"> - پایش کیفیت هوا و آب (سنسورهای محیطی، داده‌های بزرگ از داده‌های ماهواره‌ای، LiDAR و GIS)؛ - مدیریت هوشمند زیاله (با استفاده از سنسورهای اولتراسونیک، کنترلرهای GSM، PIC و GPS)؛ - مدیریت آب هوشمند؛ - مدیریت و برداشت انرژی پایدار (نانو ژنراتورهای تریبو الکتریک (TENG) و برداشت‌کننده‌های انرژی الکترواستاتیک (EEH))، دستگاه‌های اندازه‌گیری مصرف انرژی)؛ - روشنایی هوشمند (سنسورهای درخشندگی نور)؛ - شبکه‌های هوشمند و صنعت ۴/۰ (سیستم‌های فیزیکی سایبری (CPC))؛ - تولید هوشمند (تولید مبتنی بر ابر)؛ - تعمیرات پیش‌بینی‌پذیر؛ - زراعت و کشاورزی هوشمند؛ - سیستم نظارت و امنیت (دوربین‌های PTZ و VMS شهری). | محیط هوشمند (انرژی) هوشمند و صنعت و تولید (هوشمند) |
| ۰/۷۸۹ | <ul style="list-style-type: none"> - کسب‌وکار الکترونیک (راه‌حل‌های هوش مصنوعی برای سیستم‌های توصیه‌ی وب، تلفن همراه)؛ - تجارت الکترونیک (مدل‌های کاربردی B2B, B2C و...) - بازارها و خدمات نیروی همتا به همتا، - میزان اشتغال در بخش دانش، فرهنگ، صنایع خلاق (کتابخانه، رستوران، موزه، هتل و...) - نسبت معامله‌های الکترونیک به کل معامله‌ها؛ - نسبت شرکت‌های دانش‌محور با تکنولوژی زیاد به کل شرکت‌های ثبت‌شده؛ - میزان خلق ایده‌های خلاق با مراکز تحقیقات و دانشگاه (مراکز رشد فناوری و استارت‌آپ)؛ - سرانه تولیدهای آثار الکترونیکی. | اقتصاد هوشمند |
| ۰/۷۵۹ | <ul style="list-style-type: none"> - دولت الکترونیک (مبتنی بر وب و موبایل، برنامه‌های کاربردی برای G2C, G2B)؛ - مشارکت عمومی شهروندان در پروژه‌های توسعه شهری (محیط زیست شهری و غیره) با سیستم سنجش مشارکتی)؛ - سیاست‌های تصمیم‌گیری - میزان رضایت شهروندان از شفافیت نظام اداری؛ - همایش‌ها و کنفرانس‌های مجازی مبتنی بر وب و شبکه‌های اجتماعی. | حکمرانی هوشمند |

منبع: یافته‌های پژوهش ۱۴۰۲ بر اساس: (Tanwar et al., 2018; Bellini et al., 2022)؛ کمانداری و رهنما، ۱۳۹۴؛

پس از جمع‌آوری و دسته‌بندی داده‌ها از روش آمار توصیفی و استنباطی (آزمون چولگی و کشیدگی و آزمون T تک‌نمونه‌ای) در محیط نرم‌افزار SPSS و همچنین، برای استخراج مدل معادله‌های ساختاری و تعیین میزان تأثیر شاخص‌های مدنظر بر شهر هوشمند از نرم‌افزار Smart PLS استفاده شد.

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

ویژگی‌های فردی پاسخگویان

داده‌های گردآوری شده متعلق به ۱۷۱ نفر از پاسخگویان کلان‌شهر مشهد و تحلیل‌ها نیز بر همین اساس است. یافته‌های توصیفی شامل متغیرهای جنسیت، سن، وضعیت تأهل، میزان سواد و نوع اشتغال در منطقه‌های کلان‌شهر مشهد است.

جدول ۳: ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخگویان در منطقه‌های مطالعه‌شده

Table 3: Demographic characteristics of the respondents in the study area

| پاسخگویان | | ویژگی‌های توصیفی | | پاسخگویان | | ویژگی‌های توصیفی | |
|-----------|---------|-----------------------|---------|-----------|---------|------------------|---------|
| درصد | فراوانی | درصد | فراوانی | درصد | فراوانی | درصد | فراوانی |
| ۰ | ۰ | بی‌سواد و سواد قرآنی | تحصیلات | ۴۱/۵ | ۷۱ | زن | جنس |
| ۰ | ۰ | ابتدایی | | ۵۸/۵ | ۱۰۰ | مرد | |
| ۱/۸ | ۳ | راهنمایی | | ۱۰۰ | ۱۷۱ | مجموع | |
| ۱۲/۹ | ۲۲ | متوسطه | سن | ۳۵/۱ | ۶۰ | ۳۰-۲۱ | |
| ۳۵/۷ | ۶۱ | دیپلم و بیشتر | | ۳۵/۷ | ۶۱ | ۴۰-۳۱ | |
| ۴۹/۷ | ۸۵ | لیسانس و بیشتر | | ۱۸/۱ | ۳۱ | ۵۰-۴۱ | |
| ۱۰۰ | ۱۷۱ | مجموع | | ۱۱/۱ | ۱۹ | ۵۱ به بالا | |
| ۲۸/۷ | ۴۹ | کارمند دولتی | شغل | ۱۰۰ | ۱۷۱ | مجموع | تأهل |
| ۱۶/۴ | ۲۸ | کارمند بخش خصوصی | | ۳۱/۶ | ۵۴ | مجرد | |
| ۴/۷ | ۸ | شاغل در واحدهای صنعتی | | ۶۶/۷ | ۱۱۴ | متاهل | |
| ۱/۲ | ۲ | کارگر ساختمانی | | ۱/۸ | ۳ | سایر | |
| ۴۹/۱ | ۸۴ | مشاغل آزاد | | ۱۰۰ | ۱۷۱ | مجموع | |
| ۱۰۰ | ۱۷۱ | مجموع | | | | | |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

بررسی و تحلیل عوامل شش‌گانه مؤثر در استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در منطقه‌های سیزده‌گانه کلان‌شهر مشهد

در پژوهش حاضر برای انتخاب آزمون‌های مناسب از جهت تحلیل یافته‌ها از آزمون چولگی و کشیدگی بهره گرفته شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده برای متغیر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و شاخص‌های آن مقادیر کجی و کشیدگی عمده شاخص‌ها بین +۱ تا -۱ است و نشان از این دارد که توزیع شاخص‌ها و ابعاد متغیر نرمال است. به

این ترتیب، از آنجایی که داده‌ها توزیع نرمال دارد، برای تحلیل وضعیت شاخص‌های شهر هوشمند از آزمون تی تک نمونه‌ای مطابق [جدول ۴](#) استفاده شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده (سطح معناداری و کران بالا و پایین) همه شاخص‌ها (تحرك هوشمند، زندگی هوشمند، شهروند هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند و دولت هوشمند) معنادار شده است. کران بالا و پایین همه متغیرها مثبت و بیانگر تناسب میانگین با مقدار آزمون شده است.

جدول ۴: بررسی وضعیت شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در منطقه‌های مطالعه‌شده با استفاده از آزمون T تک

نمونه‌ای

Table 4: Evaluation IOT-based Smart City indicators in the study area using a one-sample T test

| فاصله اطمینان ۹۵٪ | | میانگین اختلاف | سطح معناداری | درجه آزادی | آماره T | میانگین | شرح |
|-------------------|----------|-------------------|-----------------|------------|---------|---------|------------------|
| حد بالا | حد پایین | | | | | | |
| -۰/۲۰۰۰ | -۰/۳۶۹۲ | -۰/۲۸۴۶۰ | ۰/۰۰۱ | ۱۷۱ | -۶/۶۴۴ | ۲/۷۱۵۴ | تحرك هوشمند |
| -۰/۴۶۹۵ | -۰/۶۶۸۹ | -۰/۵۶۹۲۰ | ۰/۰۰۱ | ۱۷۱ | -۱۱/۲۷۰ | ۲/۴۳۰۸ | زندگی هوشمند |
| -۰/۷۷۵۵ | -۰/۹۶۷۲ | -۰/۸۷۱۳۵ | ۰/۰۰۱ | ۱۷۱ | -۱۷/۹۵۰ | ۲/۱۲۸۷ | شهروند هوشمند |
| -۰/۳۱۵۴ | -۰/۵۱۲۴ | -۰/۴۱۳۹۱ | ۰/۰۰۱ | ۱۷۱ | -۸/۲۹۷ | ۲/۵۸۶۱ | محیط‌زیست هوشمند |
| -۰/۵۱۶۲ | -۰/۷۰۹۹ | -۰/۶۱۳۰۶ | ۰/۰۰۱ | ۱۷۱ | -۱۲/۴۹۵ | ۲/۳۸۶۹ | اقتصاد هوشمند |
| -۰/۵۴۴۷ | -۰/۷۲۸۷ | -۰/۶۳۶۷۰ | ۰/۰۰۱ | ۱۷۱ | -۱۳/۶۶۶ | ۲/۳۶۳۳ | دولت هوشمند |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

در مجموع، بیشترین میانگین در عوامل شش‌گانه مؤثر در استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا متعلق به تحرك هوشمند گویند ستر سی به خودروهای اینترنتی برای حمل‌ونقل درون شهری (اسنپ، تپ‌سی و...) است. همچنین، براساس نتایج آزمون T تک نمونه‌ای عامل اول (تحرك هوشمند) بیشترین میانگین را دارد (معادل ۲/۷۲) که این ادعا براساس نتایج آزمون T و باتوجه به مقداره آماره T تأیید می‌شود. دلیل بالابودن رضایت شهروندان در مؤلفه تحرك هوشمند را می‌توان تمرکز بیشتر تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان در امور حمل‌ونقل و ترافیکی دانست. به‌علاوه، زیرساخت‌های لازم برای استفاده شهروندان از خدمات مرتبط با تحرك هوشمند بیشتر از سایر مؤلفه‌هاست. در طرف مقابل، مؤلفه شهروند هوشمند کمترین امتیاز را (۲/۱۳) در مقایسه با سایر مؤلفه‌ها با گوینده‌های مشخص دارد که از دلایل عمده آن تمایلات و توانایی شخصی افراد در یادگیری و ارتقا سطح سواد و فرهنگ برای هوشمند زندگی کردن، هوشمند فکر کردن و هوشمند رفتار کردن است.

جدول ۵: تحلیل فضایی وضعیت شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در منطقه‌های کلانشهر مشهد

Table 5: Spatial analysis of the status of IOT-based Smart City indicators in the areas of Mashhad metropolis

| نام منطقه | تحرك هوشمند | زندگی هوشمند | شهروند هوشمند | محیط هوشمند | اقتصاد هوشمند | دولت هوشمند |
|------------|-------------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| منطقه ۱ | ۲/۶۹ | ۲/۶۱ | ۲/۵۱ | ۲/۷۹ | ۲/۵۶ | ۲/۴ |
| منطقه ۲ | ۲/۵۷ | ۲/۲۶ | ۱/۹۲ | ۲/۳ | ۲/۰۸ | ۲/۱۵ |
| منطقه ۳ | ۲/۴۶ | ۱/۹۷ | ۱/۷۹ | ۲/۰۵ | ۱/۸۵ | ۱/۹۹ |
| منطقه ۴ | ۲/۶۵ | ۲/۳۵ | ۲/۳۵ | ۲/۹ | ۲/۶۴ | ۲/۷۷ |
| منطقه ۵ | ۲/۸۳ | ۲/۵۶ | ۲/۲۱ | ۲/۶۹ | ۲/۴۳ | ۲/۳۲ |
| منطقه ۶ | ۲/۶۷ | ۲/۴۴ | ۲/۱۸ | ۲/۸۲ | ۲/۴۶ | ۲/۳۹ |
| منطقه ۷ | ۲/۸۷ | ۲/۵۸ | ۲/۴۴ | ۲/۶۵ | ۲/۴ | ۲/۵۶ |
| منطقه ۸ | ۲/۸۶ | ۲/۴۴ | ۲/۲۳ | ۲/۵۳ | ۲/۵۶ | ۲/۴۸ |
| منطقه ۹ | ۲/۹۸ | ۲/۶۴ | ۲/۱۶ | ۲/۶۴ | ۲/۸۶ | ۲/۶۱ |
| منطقه ۱۰ | ۲/۵۶ | ۲/۳۷ | ۱/۹۹ | ۲/۵۵ | ۲/۳۳ | ۲/۳۸ |
| منطقه ۱۱ | ۲/۶۱ | ۲/۶۵ | ۲/۱۳ | ۲/۷۱ | ۲/۴۴ | ۲/۲۲ |
| منطقه ۱۲ | ۲/۷۳ | ۲/۳۹ | ۱/۹۷ | ۲/۴۷ | ۲/۲۴ | ۲/۱۹ |
| منطقه ثامن | ۳/۰۲ | ۲/۴۳ | ۱/۸۹ | ۲/۷۸ | ۲/۳۱ | ۲/۲۹ |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

در منطقه ۱ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا محیط هوشمند با میانگین ۲/۷۹ است. در منطقه ۲ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۵۷ است. در منطقه ۳ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۴۶ است. در منطقه ۴ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا دولت هوشمند با میانگین ۲/۷۷ است. در منطقه ۵ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۸۳ است. در منطقه ۶ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا محیط هوشمند با میانگین ۲/۸۲ است. در منطقه ۷ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۸۷ است. در منطقه ۸ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۸۶ است. در منطقه ۹ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۹۸ است. در منطقه ۱۰ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۵۶ است. در منطقه ۱۱ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا محیط هوشمند با میانگین ۲/۷۱ است. در منطقه ۱۲ مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۲/۷۳ و در منطقه ثامن مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تحرك هوشمند با میانگین ۳/۰۲ است. براساس نتایج می‌توان اظهار کرد که مهم‌ترین شاخص شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در منطقه‌های مطالعه شده (کلانشهر مشهد) از نظر پاسخگویان تحرك هوشمند است. در پژوهش حاضر برای تحلیل فضایی توزیع عوامل شش‌گانه در سطح منطقه‌های سیزده‌گانه شهر مشهد از تکنیک COCOSO استفاده شده است؛ بنابراین ابتدا باید میزان اهمیت هر یک از عوامل مشخص شود. همچنین، برای تعیین وزن هر یک از شاخص‌های استفاده‌شده از روش MEREC استفاده شده است.

جدول ۶: رتبه‌بندی تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در سطح منطقه‌ها

Table 6: Ranking of spatial analysis of IOT-based Smart City indicators at the village level

| شرح | تحرك هوشمند | زندگی هوشمند | شهروند هوشمند | محيط هوشمند | اقتصاد هوشمند | دولت هوشمند |
|--------|-------------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Ej | ۰/۱۸۴۴ | ۰/۳۸۶۶ | ۰/۳۰۸۹ | ۰/۴۲۹۱ | ۰/۴۶۰۲ | ۰/۳۰۴۴ |
| Wj وزن | ۰/۰۸۸۹ | ۰/۱۸۶۴ | ۰/۱۴۸۹ | ۰/۲۰۶۹ | ۰/۲۲۱۹ | ۰/۱۴۶۸ |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

پژوهش حاضر براساس یک روش وزن‌دهی عینی جدید به نام MEREC انجام شده است. این روش پیشنهادی با سایر روش‌های وزن‌دهی هدف، تفاوت دارد. در بیشتر روش‌های تعیین وزن‌های هدف از تغییرات معیارها برای محاسبه وزن‌ها استفاده می‌شود؛ اما در روش پژوهش حاضر معیاری برای اثرهای حذف معیارها بر عملکرد گزینه‌ها، در نظر گرفته شده است که طبق محاسبه‌های به‌عمل‌آمده از این روش وزن هر یک از شاخص‌ها در [جدول ۶](#) نمایش داده شده است. براساس نتایج [جدول ۶](#) می‌توان گفت که به‌ترتیب شاخص اقتصاد هوشمند و محیط هوشمند (به‌دلیل اهمیت بیشتر این شاخص‌ها در زندگی مردم به‌صورت عینی) از نگاه شهروندان با وزن بیشتر از سایر شاخص‌ها وارد مراحل محاسبه‌ها برای رتبه‌بندی منطقه‌ها خواهند شد. به‌عبارتی، وزن آنها در رتبه‌ای که منطقه‌ها به خود اختصاص می‌دهند، مؤثر واقع خواهد شد.

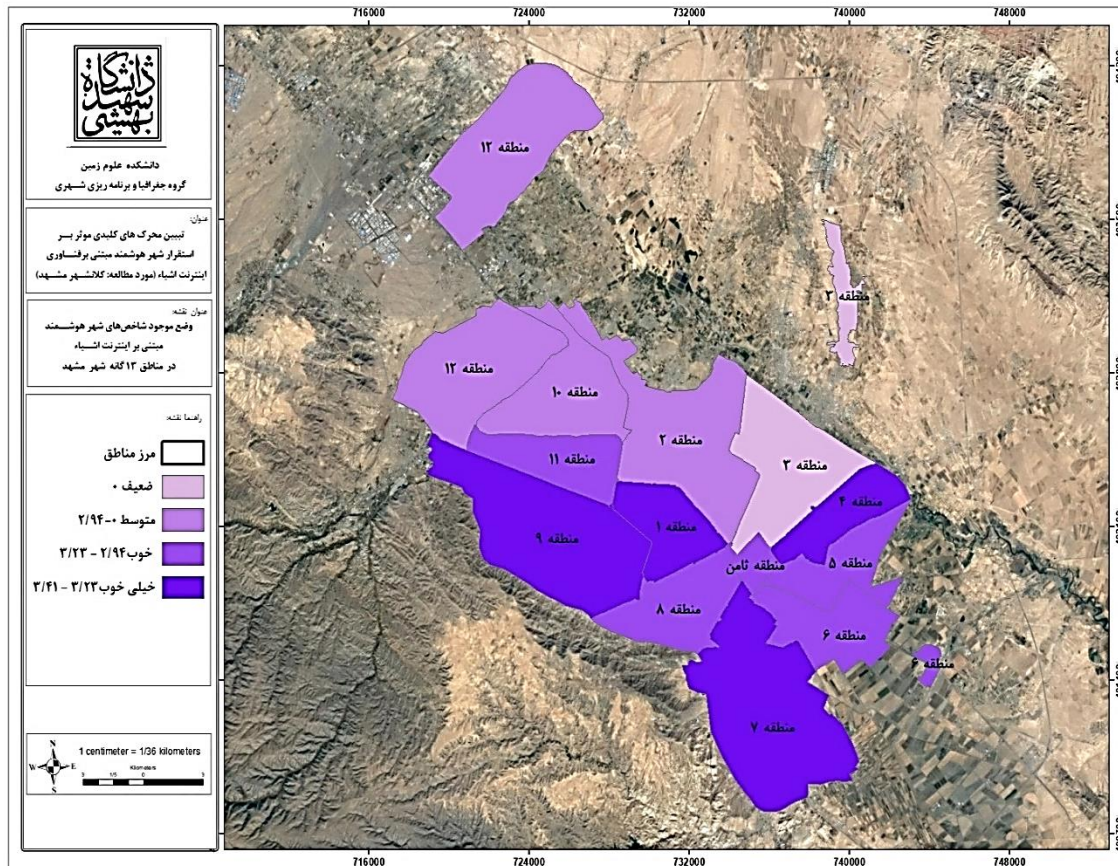
جدول ۷: رتبه‌بندی منطقه‌های شهر مشهد از نظر وضعیت شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا بر اساس روش COCOSO

Table 7: Ranking of the areas of Mashhad city, in terms of the state of the smart city with IOT based on the COCOSO method

| منطقه‌ها | منطقه ۱ | منطقه ۲ | منطقه ۳ | منطقه ۴ | منطقه ۵ | منطقه ۶ | منطقه ۷ | منطقه ۸ | منطقه ۹ | منطقه ۱۰ | منطقه ۱۱ | منطقه ۱۲ | منطقه نامشخص |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|--------------|
| امتیاز | ۳/۳۴۹ | ۲/۶۰۳ | ۰ | ۳/۳۴۹ | ۳/۲۳۵ | ۳/۱۸۹ | ۳/۳۲۰ | ۳/۲۱۲ | ۳/۴۱۲ | ۲/۹۴۲ | ۳/۱۳۱ | ۲/۸۷۷ | ۳/۰۵۵ |
| رتبه | ۲ | ۱۲ | ۱۳ | ۳ | ۵ | ۷ | ۴ | ۶ | ۱ | ۱۰ | ۸ | ۱۱ | ۹ |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

براساس اصل تجزیه و تحلیل کوکوسو، امتیاز کمتر از کوکوسو، یعنی سطح پایین‌تر از وضع موجود شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در منطقه‌های سیزده‌گانه شهر مشهد است؛ بنابراین براساس نتایج [جدول ۷](#) و [شکل ۲](#) منطقه ۹ رتبه اول، منطقه ۱ رتبه دوم، منطقه ۴ رتبه سوم، منطقه ۷ رتبه چهارم، منطقه ۵ رتبه پنجم، منطقه ۸ رتبه ششم، منطقه ۶ رتبه هفتم، منطقه ۱۱ رتبه هشتم، منطقه ۸ رتبه نهم، منطقه ۱۰ رتبه دهم، منطقه ۱۲ رتبه یازدهم و منطقه ۳ رتبه سیزدهم (آخر) را دارد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک کوکوسو، منطقه ۹ که رتبه اول را دارد، از نظر ۶ عوامل بررسی شده سطح مناسب و چشمگیری دارد که این موضوع نشان‌دهنده زیادبودن سطح برخورداری از شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در شهر مشهد است.



شکل ۲: وضع موجود شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء در منطقه‌های سیزده‌گانه شهر مشهد (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Figure 2: Current status of IOT-based Smart City indicators in 13 districts of Mashhad

آزمون پایایی متغیر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء در سطح مؤلفه با استفاده از مدل معادله‌های ساختاری Smart PLS

در پژوهش حاضر برای شناسایی این موضوع که هر عامل چه مقدار در کل سازه (استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیاء) نقش‌آفرینی می‌کند، از مدل PLS استفاده شد. همچنین، پایایی ترکیبی و ضرایب بارهای عاملی معیارها با استفاده از آلفا کرونباخ برای پایایی ارزیابی و سنجیده شد که به‌عنوان پایایی است (داوری و رضازاده، ۱۳۹۶). در این آزمون مقدار پایایی ترکیبی و آلفای کرونباخ باید بیشتر از ۰/۷ باشد. براساس مقادارهای جدول ۸ شاخص‌های مدیریت ترافیک هوشمند (بهره‌گیری از دوربین‌های ثبت تخلف و...)، میزان پوشش دوربین‌های نظارتی در سطح شهر برای نظارت و حفظ امنیت مقادارهای پایین‌تر از آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی ۰/۷ دارند که به‌معنای ناسازگاری درونی در مدل است.

روایی هم‌گرا: در این پژوهش معیارها برای سنجش پایایی ضرایب بارهای عاملی بررسی شد. در این مرحله متغیرها با بار عاملی کمتر از ۰/۵ اهمیت لازم را برای اندازه‌گیری ندارند؛ بنابراین باید از فرآیند تحلیل حذف شوند. همچنین، در مدل پژوهش حاضر تمامی شاخص‌ها بیشتر ۰/۵ هستند؛ بنابراین نیاز به حذف موردی در مدل نیست.

در پژوهش حاضر برای سنجیدن روایی هم‌گرایی در مدل از معیار AVE (Average Variance Extracted) یا میانگین واریانس استخراج‌شده استفاده می‌شود. در این معیار مقدار بحرانی $0/4$ است؛ بدین معنا که اگر مقدار AVE بیش از $0/4$ باشد، روایی، هم‌گرایی پذیرفتنی دارد؛ زیرا در این پژوهش شاخص‌ها بعد از اصلاح نتایج AVE به دست آمده که در [جدول ۸](#) مقادیرهای هر شاخص آمده است.

جدول ۸: ارزیابی مدل اندازه‌گیری

Table 8: Evaluate the measurement model

| معیار AVE | آلفای کرونباخ | پایایی ترکیبی | مؤلفه‌ها |
|-----------|---------------|---------------|---------------|
| ۰/۴۹۳ | ۰/۷۹۲ | ۰/۸۵۳ | اقتصاد هوشمند |
| ۰/۳۷۹ | ۰/۷۶۳ | ۰/۸۲۶ | تحرک هوشمند |
| ۰/۳۸۱ | ۰/۷۶۶ | ۰/۸۳۰ | دولت هوشمند |
| ۰/۴۳۹ | ۰/۷۳۷ | ۰/۸۲۱ | زندگی هوشمند |
| ۰/۴۶۹ | ۰/۷۷۴ | ۰/۸۴۱ | شهروند هوشمند |
| ۰/۴۵۴ | ۰/۸۲۴ | ۰/۸۶۸ | محیط هوشمند |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

روش فورنل و لارکر

یکی از معیارهای مهم برای سنجش روایی و اگرایی روش فورنل و لارکر است که در آن میزان ارتباط یک سازه با شاخص‌های درمقایسه آن سازه با سایر سازه‌ها بررسی می‌شود. روایی و اگرایی در مدل زمانی مقبول است که یک سازه در تعامل بیشتری با شاخص‌های خود باشد. به عبارتی، میزان جذر AVE برای هر سازه بیشتر از واریانس اشتراکی بین آن سازه با سایر سازه‌ها در مدل باشد ([داوری و رضازاده، ۱۳۹۶](#)). در [جدول ۹](#) مقدار جذر AVE در قسمت قطر محاسبه شده است. باتوجه به این قطر مقادیرهای قطر از مقادیرهای زیرین خود بیشتر است؛ بنابراین می‌توان گفت که مدل روایی و اگرایی پذیرفتنی دارد.

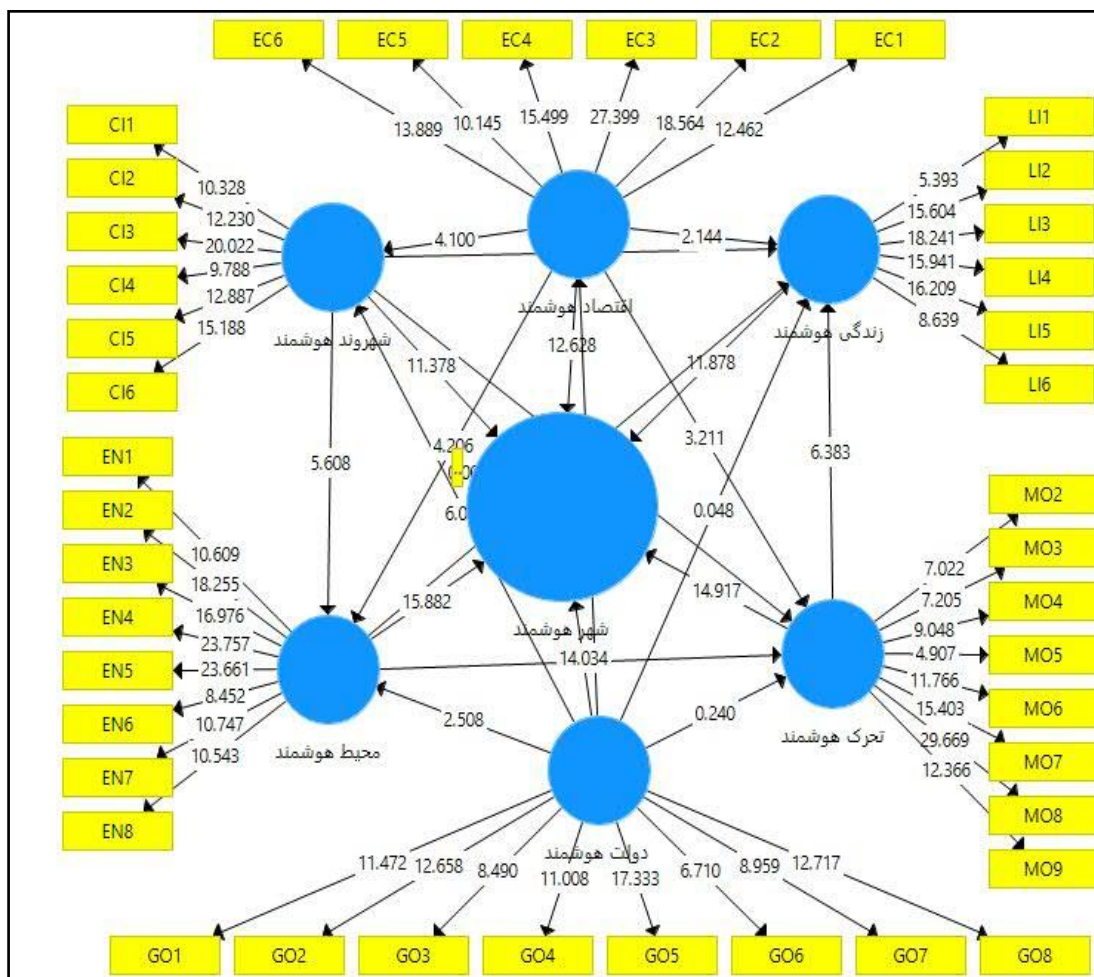
جدول ۹: ماتریس سنجش روایی و اگرایی به روش فورنل و لارکر در مدل

Table 9: Validity assessment matrix of divergence by Fornell and Larker method in the model

| مؤلفه | اقتصاد هوشمند | تحرک هوشمند | دولت هوشمند | زندگی هوشمند | شهر هوشمند | شهروند هوشمند | محیط هوشمند |
|---------------|---------------|-------------|-------------|--------------|------------|---------------|-------------|
| اقتصاد هوشمند | ۰/۷۰۲ | | | | | | |
| تحرک هوشمند | ۰/۵۴۷ | ۰/۶۱۶ | | | | | |
| دولت هوشمند | ۰/۶۵۷ | ۰/۴۵۷ | ۰/۶۱۷ | | | | |
| زندگی هوشمند | ۰/۶۳۱ | ۰/۶۸۸ | ۰/۵۳۹ | ۰/۶۶۲ | | | |
| شهر هوشمند | ۰/۸۲۴ | ۰/۷۶۶ | ۰/۸۰۳ | ۰/۸۲۳ | ۱ | | |
| شهروند هوشمند | ۰/۶۱۱ | ۰/۵۰۰ | ۰/۶۴۳ | ۰/۶۲۵ | ۰/۸۱۴ | ۰/۶۸۵ | |
| محیط هوشمند | ۰/۶۴۱ | ۰/۵۴۹ | ۰/۶۲۵ | ۰/۶۴۸ | ۰/۸۵۲ | ۰/۶۸۶ | ۰/۶۷۴ |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

برازش مدل با استفاده از ضریب t انجام می‌گیرد. در این میان، ضرایب باید از مقدار ۱/۹۶ بیشتر باشد تا بتوان گفت معنادار بودن معیارها با سطح اطمینان ۹۵٪ مورد تأیید است؛ بنابراین با توجه به شکل ۳ تمامی شاخص‌ها مقدارهای بیشتر ۱/۹۶ را دارد که بیانگر معنادار بودن مسیر و مناسب بودن مدل ساختاری است.



شکل ۳: مدل ساختاری در حالت قدر مطلق معناداری ضرایب (t-value) (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Figure 3: Structural model at absolute value of significant coefficients (t-value)

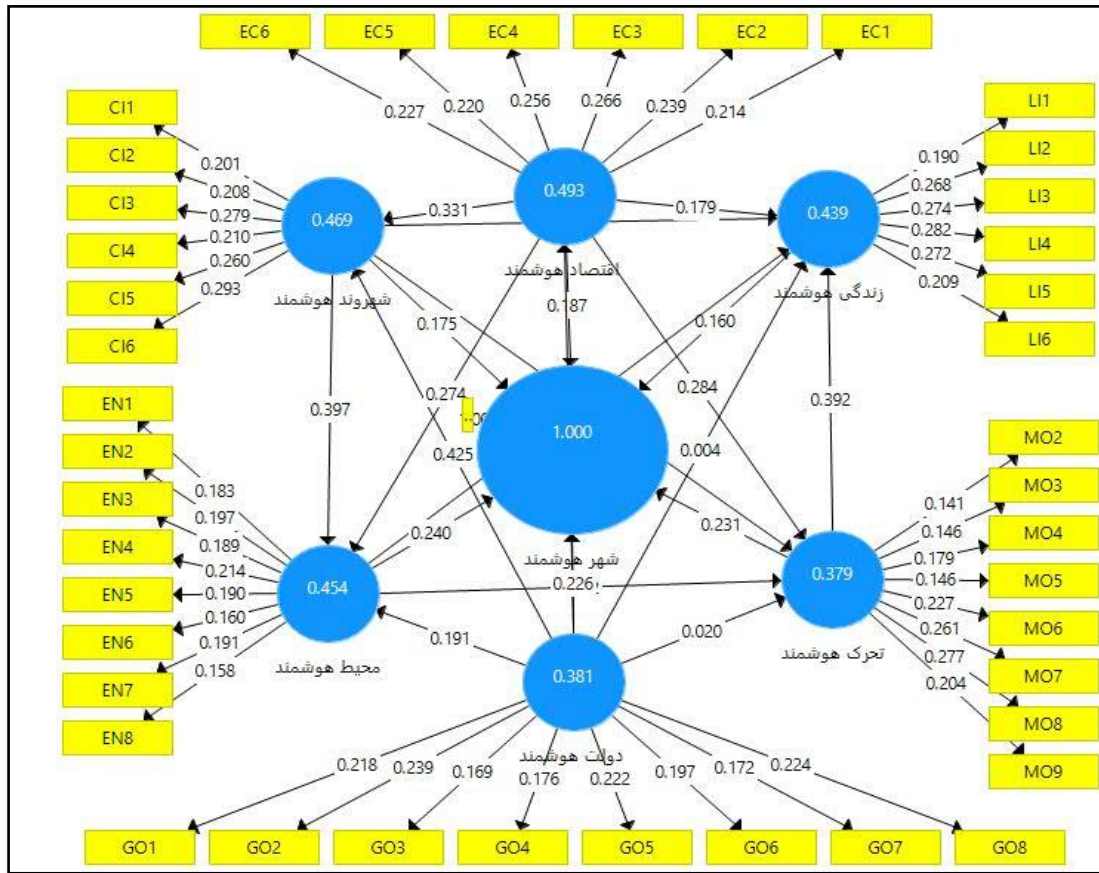
برای بررسی معناداری ضریب مسیر باید مقدار T برای هر مسیر برآورد شود. [جدول ۱۰](#) جهت ارتباط هرکدام از شاخص‌ها را با یکدیگر و نیز مقدار ضرایب مسیر و سطح معناداری را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰: ارزیابی جهت و معناداری اثرهای مستقیم در بین شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا

Table 10: Evaluation of direction and significance of direct effects among IOT-based smart city indicators

| ارتباط | ضریب بتای استاندارد | آماره T | سطح معناداری |
|--------------------------------|---------------------|---------|--------------|
| اقتصاد هوشمند -> تحرک هوشمند | ۰/۲۸۴ | ۳/۱۳۷ | ۰/۰۰۲ |
| اقتصاد هوشمند -> زندگی هوشمند | ۰/۱۷۹ | ۲/۲۳۸ | ۰/۰۲۶ |
| اقتصاد هوشمند -> شهر هوشمند | ۰/۱۸۷ | ۱۳/۰۵۳ | ۰/۰۰۰ |
| اقتصاد هوشمند -> شهروند هوشمند | ۰/۳۳۱ | ۳/۹۱۲ | ۰/۰۰۰ |
| اقتصاد هوشمند -> محیط هوشمند | ۰/۲۷۴ | ۴/۱۹۷ | ۰/۰۰۰ |
| تحرک هوشمند -> زندگی هوشمند | ۰/۳۹۲ | ۶/۷۲۹ | ۰/۰۰۰ |
| تحرک هوشمند -> شهر هوشمند | ۰/۲۳۱ | ۱۵/۱۲۸ | ۰/۰۰۰ |
| دولت هوشمند -> اقتصاد هوشمند | ۰/۶۵۷ | ۱۴/۶۸۱ | ۰/۰۰۰ |
| دولت هوشمند -> تحرک هوشمند | ۰/۰۲۰ | ۰/۲۳۸ | ۰/۸۱۲ |
| دولت هوشمند -> زندگی هوشمند | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۴۴ | ۰/۹۶۵ |
| دولت هوشمند -> شهر هوشمند | ۰/۲۲۶ | ۱۴/۸۳۷ | ۰/۰۰۰ |
| دولت هوشمند -> شهروند هوشمند | ۰/۴۲۵ | ۶/۰۷۰ | ۰/۰۰۰ |
| دولت هوشمند -> محیط هوشمند | ۰/۱۹۱ | ۲/۵۲۷ | ۰/۰۱۲ |
| زندگی هوشمند -> شهر هوشمند | ۰/۱۶۰ | ۱۱/۷۱۱ | ۰/۰۰۰ |
| شهروند هوشمند -> تحرک هوشمند | ۰/۱۳۴ | ۱/۵۳۵ | ۰/۱۲۶ |
| شهروند هوشمند -> زندگی هوشمند | ۰/۱۹۰ | ۲/۴۷۴ | ۰/۰۱۴ |
| شهروند هوشمند -> شهر هوشمند | ۰/۱۷۵ | ۱۱/۸۲۹ | ۰/۰۰۰ |
| شهروند هوشمند -> محیط هوشمند | ۰/۳۹۷ | ۵/۴۲۱ | ۰/۰۰۰ |
| محیط هوشمند -> تحرک هوشمند | ۰/۲۶۲ | ۳/۰۴۹ | ۰/۰۰۲ |
| محیط هوشمند -> زندگی هوشمند | ۰/۱۸۵ | ۲/۲۴۰ | ۰/۰۲۶ |
| محیط هوشمند -> شهر هوشمند | ۰/۲۴۰ | ۱۶/۰۷۸ | ۰/۰۰۰ |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲



شکل ۴: مدل ساختاری در حالت ضرایب استاندارد (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

Figure 4: Structural model in the mode of standard coefficients

باتوجه به ضریب مسیره‌ها و مقادیرهای آماره T در یافته‌های پژوهش، شاخص دولت هوشمند با مقدار آماره T برابر با ۱۴/۸۳۷ و ضریب مسیر ۰/۲۲۶ به‌عنوان تأثیرگذارترین شاخص در ارزیابی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاست و بعد از آن شاخص‌های اقتصاد هوشمند و شهروند هوشمند به‌عنوان شاخص‌های مهم با مقادیرهای به‌ترتیب ۱۳/۰۵۳ (۱۸۷/۰)، ۱۱/۸۲۹ (۰/۱۷۵) است.

جدول ۱۱: برآورد اثرهای کل، متغیرهای مستقل پژوهش بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء

Table 11: Estimating the effects of the total, independent research variables on the IOT-based smart city

| غیرمستقیم | | مستقیم | | کل | | ضریب تعیین | متغیر وابسته | متغیر مستقل |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|------------|--------------|---------------|
| p | اثر | p | اثر | p | اثر | | | |
| ۰/۰۰۰ | ۱/۰۶۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۸۷ | ۰/۰۰۰ | ۱/۲۵۶ | ۱/۰۰۰ | شهر هوشمند | اقتصاد هوشمند |
| ۰/۰۰۰ | ۰/۳۹۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۲۳۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۶۲۲ | | | تحرك هوشمند |
| ۰/۰۰۰ | ۱/۲۹۷ | ۰/۰۰۰ | ۰/۲۲۶ | ۰/۰۰۰ | ۱/۵۲۳ | | | دولت هوشمند |
| - | - | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۶۰ | | | زندگی هوشمند |
| ۰/۰۰۰ | ۰/۷۲۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۷۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۹۵ | | | شهروند هوشمند |
| ۰/۰۰۰ | ۰/۴۴۷ | ۰/۰۰۰ | ۰/۲۴۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۶۸۷ | | | محیط هوشمند |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

بر اساس [جدول ۱۱](#) که ضریب اثر هر مؤلفه بر شهر هوشمند (اثر مستقیم) و ضریب اثر هر مؤلفه بر سایر مؤلفه‌ها (اثر غیرمستقیم) نشان داده شده است، متغیر دولت هوشمند با ضریب تأثیر کل ۱/۵۲۳ بیشترین تأثیر را بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا داشته است و سپس به ترتیب مؤلفه‌های اقتصاد هوشمند (۱/۲۵۶)، شهروند هوشمند (۰/۸۹۵)، محیط هوشمند (۰/۶۸۷)، تحرک هوشمند (۰/۶۲۲) و زندگی هوشمند (۰/۱۶۰) از مؤلفه‌های مؤثر بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا است.

نتیجه‌گیری

شهر هوشمند کامل‌ترین چارچوبی است که جنبه‌های مختلف پروژه‌های هوشمند را برآورد می‌کند. همچنین، این امکان را به شهرها می‌دهد تا از شبکه شهری استفاده کنند، قدرت اقتصادی خود را افزایش دهند و کارآمدترین سیستم‌ها را بسازند. شهر هوشمند به شبکه‌های بی‌سیم، شبکه پخش، شبکه اینترنت، شبکه مخابراتی و شبکه حسگرها که اینترنت اشیا هسته اصلی آن است، متکی است. اینترنت اشیا به‌عنوان هسته‌ای برای یکپارچه‌سازی طیف گسترده‌ای از حسگرها در اشیا روزانه عمل می‌کند و حسگرها را با اینترنت و نیز با استفاده از پروتکل‌های خاص برای تبادل اطلاعات و ارتباطات که منجر به ردیابی موقعیت، مدیریت، نظارت و شناسایی هوشمند می‌شود، متصل می‌کند. همچنین، اینترنت اشیا نه تنها از یک شهر پشتیبانی می‌کند، آن را با شهرهای هوشمند دیگر نیز در ارتباط و اتصال قرار می‌دهد.

پژوهش حاضر با هدف تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در سطح منطقه‌های سیزده گانه کلانشهر مشهد انجام و براساس هدف، سؤال پژوهش بررسی شد. برپایه نتایج پژوهش مشخص شد که برای بررسی نرمال بودن توزیع شاخص‌ها از آزمون چولگی و کشیدگی استفاده شده است که مقادیر عمده شاخص‌ها بین +۱ تا -۱ نرمال بودن توزیع داده‌ها را تأیید کرد. سپس برای تحلیل وضعیت شاخص‌های شهر هوشمند از آزمون تی‌تک نمونه‌ای استفاده شد. طبق نتایج به دست آمده (سطح معناداری و کران‌های بالا و پایین) همه شاخص‌ها (تحرک هوشمند، زندگی هوشمند، شهروند هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند و دولت هوشمند) معنادار شده است و از میان شاخص‌های رشد هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا عامل اول (تحرک هوشمند) بیشترین میانگین را دارد (معادل ۲/۷۱۵۴). در طرف مقابل، مؤلفه شهروند هوشمند کمترین امتیاز را (۲/۱۲۸۷) در مقایسه با سایر مؤلفه‌ها داشته است. در ادامه، پس از وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده روش MEREC و بهره‌گیری از تکنیک COCOSO منطقه‌ها رتبه‌بندی شد و نتایج نشان داد که منطقه ۹ با امتیاز (۳/۴۱۲) رتبه اول، منطقه ۱ با امتیاز (۳/۳۴۹) رتبه دوم را دارد و سایر منطقه‌ها به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارد. همچنین، نتایج معادله‌های ساختاری SMART PLS به دلیل بررسی تأثیرگذاری شاخص‌های تحقیق در شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا نشان داد که متغیر دولت هوشمند با ضریب تأثیر کل ۱/۵۲۳ بیشترین تأثیر را بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا داشته است و سپس به ترتیب مؤلفه‌های اقتصاد هوشمند (۱/۲۵۶)، شهروند هوشمند (۰/۸۹۵)، محیط هوشمند (۰/۶۸۷)، تحرک هوشمند (۰/۶۲۲) و زندگی هوشمند (۰/۱۶۰) از مؤلفه‌های مؤثر بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا است.

نتایج پژوهش با پژوهش [عاملی‌فر و همکاران \(۱۴۰۱\)](#) مطابقت دارد؛ زیرا محققان در این پژوهش بیان می‌کنند که بهره‌مندی از اینترنت اشیا در شهر که در آن اشیاء، مردم، خدمات و انرژی به یکدیگر متصل هستند، تأثیر بسزایی در حمل‌ونقل عمومی، کاهش مصرف انرژی، مدیریت بهداشت و درمان و بهبود ارتباط مردم در شهرها دارد. به عبارتی، نقش‌آفرینی اینترنت اشیا در شهر موجب صرفه‌جویی در زمان، هزینه، انرژی، مواد، نیروی انسانی و ... شده است که در نهایت، موجب افزایش کیفیت زندگی شهری خواهد شد. صحت این گفته با کسب رتبه‌های اول و دوم منطقه‌های ۹ و ۱ در کلانشهر مشهد در برخورداری از شاخص‌های شهر هوشمند تأیید شده است؛ زیرا زندگی شهری در این منطقه‌ها و تمایل شهروندان به سکونت در این منطقه‌ها کیفیت زیادی دارد. مشابه این نتیجه در مطالعات تانوار و همکاران نیز به چشم می‌خورد؛ زیرا محققان در این پژوهش نقش اینترنت اشیا را برای توسعه شهر هوشمند بررسی و به کارآمدی معماری ویژه شهر هوشمند و زیرساخت‌های آن اشاره کردند که به‌طور مجدد، مزایای برخورداری از شاخص‌های شهر هوشمند را نمایان کرده است ([Tanwar et al., 2018](#)). دیگر پژوهش هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده، اورتنز و همکاران است که با بررسی سه شهر معروف نیس، پالو آلتو و استکهلم، اجزای موفقیت‌آمیز یک مدل شهر هوشمند را مشارکت شهروندان، همکاری تجاری و رهبری قوی در فرآیند توسعه شهر هوشمند معرفی کردند ([Evertzen et al., 2019](#)). محققان براساس نتایج به‌دست‌آمده در کلانشهر مشهد نیز مؤلفه دولت هوشمند، اقتصاد هوشمند و شهروند هوشمند را از عوامل تأثیرگذار اصلی در تحقق این امر نشان دادند. به عبارتی، زمانی که تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های دولتی همگام و هم‌سو با مدیریت اقتصادی در توزیع، استفاده و بهره‌برداری از منابع باشد، درعین حال استفاده از پتانسیل‌های ویژه شهروندان به‌طور آگاهانه صورت می‌گیرد و به‌دنبال آن زمینه لازم هرچه بیشتر و بهتر برای تحقق این امر و رسیدن به هدف‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا که چیزی جز افزایش کیفیت زندگی و رضایت شهروندان نیست، مهیا خواهد شد.

محققان در پژوهش حاضر شاهد نتایجی بودند که نشان داد کلانشهر مشهد درعین قرارگرفتن در مسیر تبلور شهر هوشمند، نیازمند صرف مطالعه توجه و تمرکز بیشتر در این حوزه است که در این میان، شاخص دولت هوشمند بسیار تأثیرگذار خواهد بود؛ بنابراین با مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح شهری می‌توان در راستای تحقق هدف‌های حاصل از این رویکرد گام برداشت. نکته حائز اهمیت این است که شهر هوشمند به لطف اینترنت اشیا می‌تواند راه‌حلی برای رسیدن شهر به هدف‌های توسعه پایدار در گذر زمان نیز باشد.

منابع

حاجی شاه کرم، مریم، و محمدی، شهریار (۱۳۹۴). معماری پیشنهادی مبتنی بر اینترنت اشیا و سیستم‌های توصیه‌گر برای هوشمندسازی شهر تهران. *پژوهش‌نامه پرد/زش و مدیریت اطلاعات*، ۳۲(۱)، ۲۷۵-۲۹۵.

10.35050/JIPM010.2016.028

داوری، علی، و رضازاده، آرش (۱۳۹۶). *مدل‌سازی معادلات ساختاری با نرم‌افزار PLS: آموزش گام به گام نرم‌افزار Smart PLS همراه با مثال‌های کاربردی*. انتشارات جهاد دانشگاهی.

درویشی، یوسف، غلامی نورآباد، هادی، و مومن پور آکردی، سکینه (۱۳۹۹). تحلیل فضایی شاخص‌های رشد هوشمند مناطق شهری با استفاده از مدل ویکور (مطالعه موردی شهر اردبیل). *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۴(۲)، ۴۲۷-۴۴۴. https://www.jget.ir/article_118564.html

رجبی جورشری، مجید، امیر عضدی، طوبی، سرور، رحیم، توکلی نیا، جمیله (۱۴۰۲). ارزیابی تحقق شهر هوشمند با تأکید بر رویکرد کیفیت زندگی شهری. *مورد مطالعه: منطقه ۲ شهر تهران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۲۳(۷۰)، ۵۰۴-۴۷۸. [10.61186/jgs.23.70.487](https://doi.org/10.61186/jgs.23.70.487)

سعادت، زینب، و مهرشاد، بتول (۱۳۹۶). اینترنت اشیاء و برنامه‌های کاربردی کلان‌داده‌ها در شهرهای هوشمند پایدار. *سیاست نامه علم و فناوری*، ۷(۳)، ۱۷-۳۰. https://stpl.ristip.sharif.ir/article_20442.html

شهرداری مشهد (۱۳۹۸). *اطلاعات مناطق ۱۳ گانه شهرداری مشهد*.

<https://www.mashhad-city.ir/17-mantaghe>

شهرداری مشهد (۱۳۹۸). *آمارنامه شهر مشهد*.

<https://www.mashhad-city.ir/product/amarmashhad97>

عاملی فر، ملیکا، مجروحی سردرود، جواد و فحیمی، امیرهو شنگ (۱۴۰۱). بررسی نقش اینترنت اشیاء، اینترنت سرویس، اینترنت مردم و اینترنت انرژی در شهرهای هوشمند (مطالعه موردی شهر تهران). اولین همایش مهندسی عمران و منابع زمین، تهران. <https://civilica.com/doc/1644656>

فلاحی، آزاده، فرجی، امین، و قریبی، امین (۱۴۰۰). تحلیل موانع کلیدی کاربرد اینترنت اشیاء در شهرهای هوشمند ایران (روش تحلیل ساختاری). *مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند* ۱۰(۳۸)، ۱۳۷-۱۷۱.

<https://doi.org/10.22054/ims.2021.63159.2037>

کمانداری، محسن، و رهنما، محمدرحیم (۱۳۹۶). ارزیابی شاخص‌های شهر هوشمند در مناطق چهارگانه شهر کرمان. *فضای جغرافیایی*، ۱۷(۵۸)، ۲۰۹-۲۲۶. <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1685-fa.html>

لطفی، سیما (۱۴۰۰). *حفظ امنیت در شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء (مطالعه موردی: شهر اصفهان)*. کنفرانس بین‌المللی مدیریت و صنعت. <https://civilica.com/doc/1277832>

موسوی حسنی، سید مصطفی (۱۴۰۱). نظریه‌های شهر هوشمند. *جغرافیا و روابط انسانی*، ۵(۲)، ۱-۲۰. https://www.gahr.ir/article_158449.html

موسوی داویجانی، مریم (۱۳۹۹). نقش اینترنت اشیاء در توسعه شهرهای هوشمند، کاربردهای نوآورانه، فرصت‌ها و چالش‌ها. کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در کامپیوتر، برق و فناوری اطلاعات. <https://civilica.com/doc/1123579>

میرسپاسی، نیلوفر (۱۴۰۰). تحلیل تأثیر حمل و نقل هوشمند در حوزه اینترنت اشیاء بر بهبود شاخص‌های ملی توسعه پایدار. *جاده*، ۲۹(۱۰۸)، ۱۴۳-۱۶۰.

[10.22034/ROAD.2021.119329](https://doi.org/10.22034/ROAD.2021.119329)

نسترن، مهین، و پیرانی، فرزانه (۱۳۹۸). تدوین و اعتبارسنجی معیارها و شاخص‌های توسعه شهر هوشمند (مورد مطالعه: منطقه سه شهر اصفهان). *جغرافیا و توسعه فضای شهری*، ۶(۱)، ۱۴۷-۱۶۴.

<https://doi.org/10.22067/gusd.v6i1.60475>

هاشمی، سیدعلی، راه‌نجات، میترا، شریف‌زاده، فتاح، و سعدی، محمدرضا (۱۳۹۹). نسبت سنجی حکمروایی خوب و شهر هوشمند (مطالعه موردی: تهران). *راهبرد اجتماعی فرهنگی*، ۹(۱)، ۶۷-۹۰.

https://rahbordfarhangi.csr.ir/article_115605.html

یزدانی، حمیدرضا، سهرابی، بابک، و جلیلیان، مریم (۱۴۰۰). شناسایی شاخص‌های کیفی مؤثر بر ارزیابی مدل‌های کسب‌وکار اینترنت اشیا مبتنی بر تحلیل کلان‌داده‌ها در شهر هوشمند. *پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*، ۶(۲)، ۱۲۵-۱۵۴.

https://journal.saim.ir/article_244708.html

References

- Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (2018). Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. *Measurement*, 129, 589-606. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.067>
- Amelifar, M., Mojrouhi Sardaroud, J., & Fakhimi, A. (2022). *Investigating the role of Internet of Things, Internet services, Internet of People, and Internet of Energy in smart cities (case study: Tehran)*. In the First Civil Engineering and Land Resources Conference, Tehran. <https://civilica.com/doc/1644656/> [In Persian].
- Beligianni, F., Alamaniotis, M., Fevgas, A., Tsompanopoulou, P., Bozanis, P., & Tsoukalas, L. H. (2016). *An internet of things architecture for preserving privacy of energy consumption*. Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2016). 10.1049/cp.2016.1096
- Bellini, P., Nesi, P., & Pantaleo, G. (2022). IoT-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. *Applied Sciences*, 12(3), 1607. <https://doi.org/10.3390/app12031607>
- Bonino, D., Alizo, M. T. D., Alapetite, A., Gilbert, T., Axling, M., Udsen, H., ... & Spirito, M. (2015, August). Almanac: Internet of things for smart cities. In *2015 3rd International Conference on Future Internet of Things and Cloud* (pp. 309-316). IEEE. [10.1109/FiCloud.2015.32](https://doi.org/10.1109/FiCloud.2015.32)
- Cheng, K. H., & Cheah, T. C. (2020). A study of Malaysia's smart cities initiative progress in comparison of neighbouring countries (Singapore & Indonesia). *J. Crit. Rev*, 7(3), 47-54. <http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.03.08>
- Darvishi, Y., Gholami norabad, H., & Momenpour Akerdi, S. (2021). Smart urban growth spatial analysis using VIKOR (Case Study of Ardabil). *Geographical Engineering of Territory*, 4(2), 427-444. https://www.jget.ir/article_118564.html [In Persian].
- Davari, A., & Rezazadeh, A. (2017). *Structural equation modeling with Smart PLS software: Step-by-step guide with practical examples*. Academic Center. [In Persian].
- Deakin, M. & Reid, A. (2016). Smart cities: Under-gridding the sustainability of city-districts as energy efficient-low carbon zones. *Journal of Cleaner Production*, 173, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.054>
- Evertzen, W. H., Effing, R., & Constantinides, E. (2019). The internet of things as smart city enabler: the cases of Palo Alto, Nice and Stockholm. In *Digital Transformation for a Sustainable Society in the 21st Century: 18th IFIP WG 6.11 Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, I3E 2019, Trondheim, Norway, September 18-20, 2019, Proceedings 18* (pp. 293-304). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29374-1_24
- Fallahi, A., Faraji, A., & Gharibi, A. (2021). Analysis of Key Barriers to the Use of the Internet of Things in Iranian Smart Cities (Structural Analysis Method). *Business Intelligence Management Studies*, 10(38), 137-171. <https://doi.org/10.22054/ims.2021.63159.2037> [In Persian].
- Fosso Wamba, S., Angéla, M. N. C., & Bosco, E. E. J. (2019). Big data, the Internet of Things, and smart city research: a literature review and research agenda. In *EAI International Conference on Technology, Innovation, Entrepreneurship and Education: TIE'2017* (pp. 263-276). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02242-6_20
- Ganchev, I., Ji, Z., & O'Droma, M. (2014). *A Generic IoT Architecture for Smart Cities*. ISSC

- 2014/CIICT 2014. [10.1049/cp.2014.0684](https://doi.org/10.1049/cp.2014.0684)
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. J. (2007). Smart cities. Ranking of European medium-sized cities. *Cent. Reg. Sci. Vienna UT*, 9(1), 1-12. <https://www.researchgate.net/publication/261367640>
- Haji Shah Karam, M., & Mohammadi, S. (2016). The proposed architecture of the Internet of Things based recommender systems for intelligent building in Tehran. *Iranian Journal of Information Processing and Management*, 32(1), 275-295. 10.35050/JIPM010.2016.028 [In Persian].
- Hammi, B., Khatoun, R., Zeadally, S., Fayad, A., & Khoukhi, L. (2018). IoT technologies for smart cities. *IET networks*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1049/iet-net.2017.0163>
- Harmon, R. R., Castro-Leon, E. G., & Bhide, S. (2015, August). Smart cities and the Internet of Things. In *2015 Portland international conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)* (pp. 485-494). IEEE. [10.1109/PICMET.2015.7273174](https://doi.org/10.1109/PICMET.2015.7273174)
- Hashemi, S. A., Rahnejat, M., Sharifzadeh, F., & Saadi, M. R. (2020). Relationship between Good Governance and a Smart City: A case study of Tehran. *Socio-Cultural Strategy*, 9(1), 67-90. https://rahbordfarhangi.csr.ir/article_115605.html [In Persian].
- He, D., & Zeadally, S. (2014). An analysis of RFID authentication schemes for internet of things in healthcare environment using elliptic curve cryptography. *IEEE internet of things journal*, 2(1), 72-83. [10.1109/JIOT.2014.2360121](https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2360121)
- He, W., Yan, G., & Da Xu, L. (2014). Developing vehicular data cloud services in the IoT environment. *IEEE transactions on industrial informatics*, 10(2), 1587-1595. [10.1109/TII.2014.2299233](https://doi.org/10.1109/TII.2014.2299233)
- Jasim, N. A., TH, H., & Rikabi, S. A. (2021). Design and Implementation of Smart City Applications Based on the Internet of Things. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(13). <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i13.22331>
- Kamandari, M., & Rahnama, M. R. (2017). Evaluation of smart city indicators in the four districts of Kerman city. *Geographical Space*, 17(58), 209-226. <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1685-fa.html> [In Persian].
- Lotfi, S. (2021). *Ensuring security in Internet of Things-based smart cities (case study: Isfahan city)*. In International Conference on Management and Industry. <https://civilica.com/doc/1277832/> [In Persian].
- Mashhad Municipality. (2019a). *Information on the 13 districts of Mashhad Municipality*. Retrieved from <https://www.mashhad-city.ir/17-mantaghe> [in Persian].
- Mashhad Municipality. (2019b). *Mashhad City statistics*. Retrieved from <https://www.mashhad-city.ir/product/amarmashhad97> [In Persian].
- Mehmood, Y., Ahmad, F., Yaqoob, I., Adnane, A., Imran, M., & Guizani, S. (2017). Internet-of-things-based smart cities: Recent advances and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55(9), 16-24. [10.1109/MCOM.2017.1600514](https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600514)
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad hoc networks*, 10(7), 1497-1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Mirsepasi, N. (2021). Analysis of Intelligent Transportation Effects in the Internet of Things Domain on National Sustainable Development Indices. *Road*, 29(108), 143-160. [10.22034/ROAD.2021.119329](https://doi.org/10.22034/ROAD.2021.119329) [In Persian].
- Mosavi Davijani, M. (2020). *The Role of the Internet of Things in the Development of Smart Cities: Innovative Applications, Opportunities, and Challenges*. International Conference on Applied Research in Computer, Electrical, and Information Technology. <https://civilica.com/doc/1123579/> [In Persian].
- Mosavi Hassani, S. M. (2022). Theories of Smart Cities. *Geography and Human-Environment Relations*, 5(2), 1-20. https://www.gahr.ir/article_158449.html [In Persian].
- Nastaran, M., & Pirani, F. (2019). Compiling the Criteria and indicators of Smart City (Case Study: The Third Zone of Isfahan). *Geography and Urban Space Development*, 6(1), 147-164. <https://doi.org/10.22067/gusd.v6i1.60475> [in Persian].
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Sensing as a service model for

- smart cities supported by internet of things. *Transactions on emerging telecommunications technologies*, 25(1), 81-93. <https://doi.org/10.1002/ett.2704>
- Qian, Y., Wu, D., Bao, W., & Lorenz, P. (2019). The internet of things for smart cities: Technologies and applications. *IEEE Network*, 33(2), 4-5. [10.1109/MNET.2019.8675165](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.8675165)
- Rajabi Joorshari, M., Amiri Azodi, T., Sarvar, R., & Tavakoli Nia, J. (2023). Evaluation of smart city realization with emphasis on the quality of urban life approach. Case study: District 2 of Tehran city. *Journal of Applied Research in Geographic Sciences*, 23(70), 487-504. [10.61186/jgs.23.70.487](https://doi.org/10.61186/jgs.23.70.487) [In Persian].
- Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. *Computer networks*, 101, 63-80. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.023>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2022). The big picture on the internet of things and the smart city: a review of what we know and what we need to know. *Internet of Things*, 19, 100565. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100565>
- Saadati, Z., & Mehrshad, B. (2017). The Internet of Things and big data Applications in Sustainable Smart Cities. *Science and Technology Policy Letters*, 7(3), 17-30. https://stpl.ristip.sharif.ir/article_20442.html [In Persian].
- Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable cities and society*, 38, 697-713. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>
- Stojkoska, B. L. R. & Trivodaliev, K. V. (2017). A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of cleaner production*, 140, 1454-1464. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.006>
- Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, S. (2018). The role of internet of things and smart grid for the development of a smart city. In *Intelligent Communication and Computational Technologies: Proceedings of Internet of Things for Technological Development, IoT4TD 2017* (pp. 23-33). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5523-2_3
- Yang, J., Han, Y., Wang, Y., Jiang, B., Lv, Z., & Song, H. (2020). Optimization of real-time traffic network assignment based on IoT data using DBN and clustering model in smart city. *Future Generation Computer Systems*, 108, 976-986. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.12.012>
- yazdani, H. R., Sohrabi, B., & jalilian, M. (2021). Identifying Qualitative Indicators for Evaluating IoT Business Models Based on Big Data Analysis in The Smart City. *Modern Research in Decision Making*, 6(2), 125-154. [In Persian].