



Identifying and evaluating factors affecting the realization of a sustainable smart city and examining the level of readiness at Tehran metropolis

Mehdi Ajalli *¹

1. Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Management and Accounting, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received Date: 10 January 2025 Accepted Date: 19 February 2025

Abstract

Background and Aim: The tendency of residents of non-urban areas to move to urban areas due to lack of resources and the use of technologies and facilities of urban life has led to an increase in the population of cities. These challenges have led to greater focus by urban planning and sustainable development officials on realizing sustainable smart city development. For this purpose, this research was conducted with the aim of identifying and evaluating the factors affecting the realization of sustainable smart cities.

Methods: The statistical population includes all experts and specialists in the field of sustainable smart cities in the Tehran metropolis, which, due to lack of information and access to this population and its uncertainty, was assumed to be unlimited and uncertain according to statistical perspectives. The statistical sample of this population was determined based on the Cochran formula to be at least 385 experts, which ultimately resulted in 392 samples. After a comprehensive literature review, 20 initial factors were extracted.

Findings and Conclusion: Then, using the Delphi approach and the opinions of 60 available experts, 14 final key factors were identified. In order to evaluate the factors in terms of importance in realizing a sustainable smart city, the technique of “Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis” and the opinions of 60 experts were used. The evaluation result in Excel software indicates that the eleventh influential factor (smart investment) with the highest weight is placed in the first priority, and the fifth factor (smart governance) and the second (smart economy) were placed in the 2nd and 3rd priorities. Also, the tenth factor (information and communication technology) was placed in the lowest priority. In the next stage, using the binomial test method in SPSS software and collecting the opinions of 392 experts and experts through the third questionnaire, they were asked to announce the level of readiness of Tehran metropolis to realize the key factors of a sustainable smart city with more focus and with a 5-point Likert scale. The results of the study showed that the level of preparedness is below average to above average and overall, there is average preparedness, but it requires serious attention and care from city officials for proper planning. At the end of the study, practical suggestions were presented.

Key words: Smart city, sustainable smart city, urban, sustainability, sustainable development, Tehran.

* Corresponding Author Email: m.ajalli@basu.ac.ir

Cite this article: Ajalli, M. (2025). Identifying and evaluating factors affecting the realization of a sustainable smart city and examining the level of readiness at Tehran metropolis. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(3), 1-18



شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار و بررسی میزان آمادگی در کلانشهر تهران

مهدی اجلی*

۱- استادیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: تمایل ساکنان مناطق غیرشهری به شهرنشینی به دلیل کمبود منابع و بهره‌گیری از فناوری‌ها و امکانات زندگی شهری، موجب افزایش جمعیت شهرها شده است. این چالش‌ها منجر به تمرکز بیشتر مسئولان برنامه‌ریزی و توسعه پایدار شهری در جهت تحقق توسعه شهر هوشمند پایدار شده است. بدین منظور این پژوهش با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار و ارزیابی آنها انجام شد.

روش بررسی: جامعه آماری شامل تمامی خبرگان و متخصصان در زمینه شهرهای هوشمند پایدار در کلانشهر تهران هستند که به دلیل عدم اطلاع و عدم دسترسی به این جامعه و نامشخص بودن آن، مطابق دیدگاه‌های آماری، تعداد آنها، نامحدود و نامعین فرض شدند. نمونه آماری موردبررسی از این جامعه بر اساس فرمول کوکران به تعداد حداقل ۳۸۵ خبره تعیین شد که در نهایت ۳۹۲ نمونه محاسبه شد. پس از مرور جامع ادبیات، ۲۰ عامل اولیه استخراج شد.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: سپس با بکارگیری رویکرد دلفی و نظرات ۶۰ نفر از خبرگان در دسترس، ۱۴ عامل کلیدی نهایی شناسایی شد. به منظور ارزیابی عوامل از نظر اهمیت در تحقق شهر هوشمند پایدار از تکنیک تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی ترجیحی و نظرات ۶۰ نفر خبره مورداشاره استفاده شد. نتیجه ارزیابی در نرم‌افزار اکسل حاکی از آن است که عامل تأثیرگذار یازدهم (سرمایه‌گذاری هوشمند) با بیشترین وزن در اولویت اول قرار گرفته است و عامل‌های پنجم (حکمروایی هوشمند) و دوم (اقتصاد هوشمند) در اولویت‌های ۲ و ۳ جای گرفتند. همچنین عامل دهم (فناوری اطلاعات و ارتباطات) با کمترین وزن در اولویت جای گرفت. در مرحله بعدی با استفاده از روش آزمون دوجمله‌ای در نرم‌افزار SPSS و جمع‌آوری نظرات ۳۹۲ نفر از خبرگان و کارشناسان طی پرسشنامه سوم، از آنان خواسته شد تا با تمرکز بیشتر و با طیف ۵ تایی لیکرت، میزان آمادگی کلانشهر تهران جهت تحقق عوامل کلیدی شهر هوشمند پایدار را اعلام نمایند. خروجی آزمون نشان داد که میزان آمادگی در حد زیر متوسط تا بالای متوسط است و در کل آمادگی در حد متوسط وجود دارد، اما نیازمند توجه و عنایت جدی مسئولان شهری جهت برنامه‌ریزی مناسب می‌باشد. در انتهای پژوهش، پیشنهادهای کاربردی ارائه شد.

کلید واژه‌ها: شهر هوشمند، شهر هوشمند پایدار، شهری، پایداری، توسعه پایدار، تهران.

* نویسنده مسئول m.ajalli@basu.ac.ir

مقدمه و بیان مسأله

تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، ۶۶ درصد از جمعیت جهان در شهرها ساکن خواهند شد، در حالی که این رقم در حال حاضر ۵۴ درصد است. این بدان معناست که ۲/۴ میلیارد نفر به طور بالقوه به جمعیت شهری جهان اضافه خواهند شد. در نتیجه، این امر ناگزیر منجر به گسترش چشمگیر محیط‌های شهری موجود و نیاز به ایجاد محیط‌های جدید می‌شود. شهرها کمتر از ۲ درصد از سطح زمین را استفاده می‌کنند، اما بیش از ۷۵ درصد از منابع طبیعی موجود در سطح جهان را مصرف می‌کنند. برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، تخمین می‌زند که مصرف مواد مربوط به شهرها تا سال ۲۰۵۰ به ۹۰ میلیارد تن در مقایسه با ۴۰ میلیارد تن در سال ۲۰۱۰ افزایش می‌یابد. برخی از این منابع، انرژی اولیه، مواد خام، سوخت‌های فسیلی، آب و غذا هستند (تولی و مورتاگ^۱، ۲۰۲۰). در میان "شهرنشینی سریع، چالش‌های ناشی از تغییرات آب و هوایی، و رشد فزاینده جمعیت شهری"، پیگیری توسعه شهری پایدار به عنوان یک ضرورت جهانی ظاهر شده است. از آنجایی که شهرها دستخوش گسترش بی‌سابقه‌ای می‌شوند، برآورده کردن نیازهای ساکنان و در عین حال به حداقل رساندن اثرات محیط‌زیستی و ارتقای برابری اجتماعی از اهمیت بالایی برخوردار است. این رشد سریع، مسائل فوری را ایجاد می‌کند که بر کیفیت زندگی مردم، محیط‌زیست و آینده جوامع شهری تأثیر می‌گذارد. در پاسخ به این منظر شهری پویا، مفهوم «شهرهای هوشمند» به عنوان راه‌حلی نوآورانه برای چالش‌های شهری پدیدار شده است. شهرهای هوشمند از فناوری‌های پیشرفته، داده‌ها و استراتژی‌های نوآورانه برای افزایش کارایی شهری، کیفیت زندگی و پایداری استفاده می‌کنند. با این حال، تعریف شهر واقعاً «هوشمند» فراتر از فناوری است و پایداری به عنوان اصل اساسی آن عمل می‌کند. دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار، که در سال ۲۰۱۵ معرفی شد، شامل ۱۷ هدف توسعه پایدار است که شماره ۱۱ از این اهداف توسعه پایدار، به طور خاص بر "شهرها و جوامع پایدار" تمرکز دارد. این هدف بر افزایش پایداری شهری، تاب‌آوری، ایمنی و فراگیری تمرکز دارد. همسو با اهداف گسترده‌تر توسعه پایدار شهری، شهرهای هوشمند بهره‌وری را از طریق مدیریت هوشمند فناوری اطلاعات و ارتباطات^۲ در اولویت قرار می‌دهند (داسیلوا تومادون^۳ و همکاران، ۲۰۲۴).

شهرهای هوشمند از فناوری‌های پیشرفته و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای افزایش کیفیت زندگی شهری، ارتقای پایداری و بهبود کارایی اقتصادی استفاده می‌کنند. آنها فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات را با زیرساخت‌ها و خدمات ادغام می‌کنند تا منابع را بهینه کنند، ضایعات را کاهش دهند و هزینه‌ها را کاهش دهند. استفاده از شبکه‌های هوشمند، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و خدمات عمومی متصل به شهرها این امکان را می‌دهد تا با چالش‌هایی مانند ترافیک، مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست مقابله کنند (آلمیدا^۴ و همکاران، ۲۰۲۴). شهر هوشمند با پیاده سازی اقتصاد هوشمند، زیرساخت و ارتباطات هوشمند، حمل و نقل شهری هوشمند، انرژی هوشمند، امنیت هوشمند، سلامت هوشمند، کسب و کار هوشمند و حتی شهروند هوشمند به وجود می‌آید. با توجه به ابعاد مختلف شهر هوشمند و تأثیرات چشم‌گیر پیاده‌سازی آن در شهرها با گذر زمان تغییراتی در کیفیت زندگی شهروندان پدید خواهد آمد و همینطور تأثیرات ارتقاء کیفیت زندگی بر تحقق شهر هوشمند می‌تواند درک مناسبی از شرایط شهر به مسئولان و مردم ارائه دهد تا امکان پیاده‌سازی سریع و مناسب طرح شهر هوشمند فراهم شود (رجبی جورشری و همکاران، ۱۴۰۲). شهرهای هوشمند سوخت توسعه اقتصادی هر کشوری هستند (جین^۵ و همکاران، ۲۰۱۷) و موضوع مهمی برای حل مشکلات شهری چالش‌برانگیز امروزی بوده است. شاخص‌های مختلف شهر هوشمند (اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و غیره) که در اندازه‌گیری جنبه‌های پایداری مفید هستند (براون^۶ و همکاران، ۲۰۱۶)، نیازمند مشارکت شهروندان در توسعه شهری هستند (داسن^۱ و همکاران، ۲۰۱۲).

¹ Toli and Murtagh

² Information and Communication Technology (ICT)

³ Da Silva Tomadon

⁴ Almeida

⁵ Jain

⁶ Brown

محققان مختلفی در دو دهه اخیر تلاش کرده اند تا شهر هوشمند را تعریف کنند (خان^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). زمانی که شهرها بتوانند منابع کمتری مصرف کنند و تأثیر آن بر محیط زیست را به حداقل برسانند، می توانند قابل زندگی تر و همچنین ثروتمندتر باشند (بیبری و کروجستی^۳، ۲۰۱۷). شهرها باید تأثیرات اکولوژیکی را به حداقل برسانند و با حمایت از کیفیت زندگی، به افزایش حداکثری پایداری اجتماعی کمک کنند (دی جونگ^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). هر شهر دارای جنبه های اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی است که از مکانی به مکان دیگر به دلیل جغرافیا و تاریخ متصل به آن مکان متفاوت است. این جنبه ها به عنوان روح مکان^۵ شناخته می شوند و مسئول تمایز مکان، جو، و بیدار کردن روحیه قوی و همچنین احساس انسجام در افرادی هستند که از آنها بازدید می کنند (زیمرمان^۶، ۲۰۱۹).

هر مکانی، ویژگی، سنتها و قراردادهای خود را دارد. هر مکان روح معتبر خود را دارد که به همین دلیل هر ساکن مجذوب منطقه خاصی است که معمولاً به عنوان محل زندگی نامیده می شود. روح مکان، همچنین به فعالیتها و شیوههایی که از طریق نسلها دنبال می شوند، اشاره دارد و به جای فردی منحصر به فرد در مکان است. هویت یک مکان که روح آن نامیده می شود را می توان از طریق آنچه که آن مکان به خاطر آن شناخته شده است، یعنی ارزش و اهمیت تاریخی آن که به طور معمول با برجسب چسبانده شده به آن مکان مانند مرکز آموزشی، بازدید از سایت، مشاهده می شود، همانند مکان زیارتی و خیلی چیزهای دیگر. هویت هر مکان نیز مسئول اقتصاد آن مکان است و به طور مستقیم و غیرمستقیم، استاندارد اقتصادی شهروندان آن را ارتقا می دهد. تمرکز اولیه توسعه شهر هوشمند باید بر حفاظت و ارتقای دارایی های فرهنگی از جمله بناهای تاریخی، آداب و رسوم سنتی و سیستم های دانش بومی باشد. این نه تنها احساس ارتباط با یک مکان خاص را در میان ساکنان پرورش می دهد، بلکه وحدت اجتماعی و فراگیری را نیز افزایش می دهد. روح مکان، ساختاری را برای درک محیط طبیعی یک مکان و ترکیب راه حل های طبیعت گرا در طراحی شهری ارائه می دهد. شهرها می توانند با استفاده از اکوسیستم های محلی و منابع طبیعی، توانایی خود را برای مقاومت در برابر اثرات تغییرات آب و هوایی افزایش دهند و تأثیر منفی خود را بر محیط زیست کاهش دهند. مشارکت جامعه، یک اصل اساسی روح مکان است که نیاز به مشارکت ذینفعان محلی در فرآیندهای تصمیم گیری را برجسته می کند. برای اجرای یک رویکرد مشارکتی در ایجاد شهرهای هوشمند، ساکنان باید به طور فعال در تدوین سیاستها، طرحها و پروژه های شهری مشارکت داشته باشند (گنج^۷ و همکاران، ۲۰۲۳).

شهرها به عنوان اکوسیستم های پیچیده شامل خلاقیت و نوآوری برای تضمین محیط زیست پایدار و کیفیت زندگی هستند. شهرهای هوشمند از طریق ترکیبی از مواهب و فعالیت های شهروندان ساخته می شوند که در کنار فناوری اطلاعات و ارتباطات، سرمایه انسانی را بهبود می بخشد و شهرها را متحول می کند. بوید کوهن^۸ یک چارچوب شاخص برای شهرهای هوشمند برای ارزیابی عمیق شاخص های کلیدی پیشنهاد کرده است که شامل دولت هوشمند، اقتصاد هوشمند، محیط هوشمند، تحرک هوشمند، افراد هوشمند و زندگی هوشمند می شود. شهر هوشمند یک چشم انداز جامع از جوامع آینده را پیشنهاد می کند که در آن ابزارها، خدمات و برنامه های فناوری هوشمند جدید در یک پلت فرم منحصر به فرد ادغام می شوند و قابلیت همکاری و هماهنگی بین این چندین بخش را فراهم می کنند. شهر هوشمند، شهری است که در آن شهروندان از امکانات و فرصت های زیادی برخوردار می شوند در حالی که قدرت کمی بر شکل گیری یا حکمرانی شهر هوشمند تأثیر می گذارد. بهبود کیفیت زندگی برای شهرهای هوشمند مهم است و پایداری هدف اصلی هوشمندسازی است. چشم انداز استراتژیک یک شهر هوشمند جهت هدایت سیاست های محلی برای اجرای

¹ Dassen

² Khan

³ Bibri & Krogstie

⁴ De Jong

⁵ Spirit of Place (SOP)

⁶ Zimmermann

⁷ Geng

^۸ Boyd Cohen

ابتکارات هوشمند با تعقیب اهداف مشترک مهم است. مزایای یک شهر هوشمند اغلب اعلام می‌شود، اما اندازه‌گیری نمی‌شود در حالی که عملکرد شهر هوشمند برای تحقق نتایج برای شهروندان و سهامداران مختلف مهم است (سینگ و کومار^۱، ۲۰۲۴).

برای ارزیابی عملکرد شهر هوشمند، نه تنها باید از شاخص‌هایی استفاده شود که کارایی استقرار راه‌حل‌های هوشمند را اندازه‌گیری می‌کنند، بلکه باید از شاخص‌های تأثیرگذار برای سنجش مشارکت در رسیدن به اهداف نهایی مانند پایداری محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی استفاده کرد. شهر هوشمند قابلیت همکاری بین زیرسیستم‌های مختلف را برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان تسهیل می‌کند. شهر هوشمند به پردازش داده‌های پیشرفته و پلت‌فرمی بستگی دارد که به قابلیت همکاری بین دستگاه‌ها بستگی دارد (سیلوا^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). سازمان ملل متحد (۲۰۱۲) اهداف توسعه پایدار را برای هدایت برنامه‌های توسعه تا سال ۲۰۳۰ ایجاد کرد که هدف آن ایمن‌کردن شهرها و سکونتگاه‌های انسانی، قابل‌زندگی، فراگیر، انعطاف‌پذیر و پایدار است. معیشت و پایداری محیط‌زیستی دو مرحله مهم زیست‌پذیری هستند. در جایی که معیشت به معنای داشتن زندگی سالم و زیست‌پذیر است، هر شهری باید معیشت، کیفیت زندگی و محیطی قابل‌زندگی را فراهم کند. زیست‌پذیری محیط‌زیست شامل پارامترهای اکولوژی، جامعه، اقتصاد و فرهنگ است. شهرهای هوشمند، سکونتگاه‌های شهری را برای سرمایه‌گذاری بر فناوری فراهم می‌کنند تا بتوانند قابلیت زندگی، کارایی و پایداری را بهبود بخشند (علیزاده^۳، ۲۰۱۷). مشارکت شهروندان از طریق پذیرش پلتفرم‌های آنلاین و منبع باز در برنامه‌ریزی شهری، کیفیت و مدیریت را برای مقابله با مشکلات اجتماعی افزایش می‌دهد. این امر، شهرهای پایدار عادلانه و قابل‌زندگی را تحقق می‌بخشد. علاوه بر این، همکاری دولت، صنعت و سازمان‌های دانشگاهی نقش مهمی در توسعه و ارائه قابلیت زندگی شهری ایفا می‌کند. اصطلاح «قابلیت زندگی» بر اساس مجموعه‌ای از اصول راهنمای مشترک به این شرح است: دسترسی، برابری، ایمنی، راحتی، خدمات در دسترس، پیاده‌روی، حمل و نقل و مشارکت (بوک، کار^۴ و همکاران، ۲۰۱۷).

شهرهای تاب‌آور، فشارهای خارجی را جذب، انطباق و تغییر می‌دهند و ایمنی شهری را در رویداد غیرمنتظره هر بحران، خطر یا فاجعه تضمین می‌کنند (روس^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). هدف فراگیری در شهر، ایجاد یک محیط امن و قابل‌زندگی با دسترسی مقرون به صرفه و عادلانه به خدمات شهری، خدمات اجتماعی و فرصت‌های معیشتی برای همه ساکنان شهر است. برای تسهیل فراگیری در شهرهای هوشمند، باید محیطی امن‌تر و قابل‌زندگی ایجاد کند که مقرون به صرفه بودن و دسترسی عادلانه به خدمات شهری را برای ساکنان فراهم کند. شهرهای هوشمند فراگیر از همه شهروندان برای دسترسی به فناوری‌های شهری از جمله افراد معلول یا سالمندان پشتیبانی می‌کنند. دولت‌ها، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری باید آسیب‌پذیری و شمول اجتماعی را در نظر بگیرند و ضمن در نظر گرفتن رویکردهایی برای ساختن شهرهای هوشمندتر و فراگیر، باید به دنبال آگاهی و شناسایی اقدامی برای استراتژی‌هایی بود که نشان‌دهنده تعهد نسبت به شیوه‌های فراگیر است (نیروتی^۶ و همکاران، ۲۰۱۴). در حالی که تاب‌آوری نقش مهمی در تثبیت نقش شهر هوشمند در توسعه پایدار شهری ایفا می‌کند، برنامه‌ریزی شهری شهرها می‌تواند از طریق مدیریت کاربری اراضی و با شکل‌دادن به محیط ساخته‌شده تاب‌آور تبدیل شود. با در نظر گرفتن سایر جنبه‌های شهر هوشمند، ایمن بودن یک شهر هوشمند به همان اندازه مهم است. بنابراین، تاب‌آوری در برنامه‌ریزی شهر هوشمند اهمیت پیدا می‌کند. شهر باید بتواند از بلایای طبیعی، فروپاشی اقتصادی و بسیاری موارد دیگر بهبود یابد. یک جامعه مخاطره‌آمیز می‌تواند توانایی یک شهر را برای جذب، انطباق و واکنش به تغییرات در سیستم شهری به ارمغان بیاورد. از این طریق می‌توان شهری را توسعه داد که بتواند در برابر شوک‌ها، خطرات و فشار بلایا مقاومت کند که پایداری یک شهر را تضمین می‌کند (سینگ و کومار، ۲۰۲۴). در حال حاضر، تبدیل شهرها به شهرهای هوشمند در کشورهای در حال توسعه در مراحل اولیه است. رابطه بین طراحی شهری و پایداری پروژه‌ها به

¹ Sing & Kumar

² Silva

³ Alizadeh

⁴ Book, Kar

⁵ Rus

⁶ Neirotti

وضوح در ادبیات تعریف نشده است (ییلدیز^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). این امر مستلزم بهبود عادات ریشه‌دار مرتبط با برنامه‌ریزی شهری یا رفتار شهروندان است تا امکان تغییر به سمت شهر هوشمند فراهم شود. از طریق شهرهای هوشمند، برنامه‌ریزان و مدیران شهری می‌توانند کارایی را در بسیاری از بخش‌ها از جمله انرژی، آب، حمل‌ونقل، مخابرات و بسیاری موارد دیگر با اتخاذ رویکردی جامع افزایش دهند (آلداباق^۲، ۲۰۲۲). دولت هند ماموریت شهرهای هوشمند را در سال ۲۰۱۵ برای ترویج شهرهایی که "زیرساخت‌های اصلی، محیط‌زیست پاک و پایدار، رشد اقتصادی و کیفیت زندگی مناسب را برای شهروندان خود از طریق استفاده از راه‌حل‌های هوشمند فراهم می‌کنند" راه‌اندازی کرد. دولت هند، شهر هوشمند را اینگونه تعریف می‌کند: "شهری است که قابل زندگی، پایدار و دارای اقتصاد پر رونقی است که فرصت‌های متعددی را به مردمش ارائه می‌دهد تا به دنبال علایق گوناگون خود باشند". با توجه به ادبیات، بیشتر تحقیقات در زمینه کشورهای توسعه‌یافته انجام می‌شود. با این حال، کمبود تحقیقات تجربی با هدف کشورهای در حال توسعه که در فرآیند هوشمند شدن هستند وجود دارد (سینگ و کومار، ۲۰۲۴).

شهرهای ایران از جنبه‌های گوناگون، فاصله زیادی با سیستم شهر هوشمند دارند و برای ایجاد تحول در این فرآیند ناقص فعلی، نیاز به خلق ایده‌های برنامه‌ریزی جدید و محلی می‌باشد. یکی از شرایط ضروری، کیفیت زندگی قابل قبولی است که سطح دغدغه‌ها را از نیازهای اولیه بالاتر می‌برد. شهر تهران به عنوان پایتخت اداری، تجاری و فرهنگی ایران از طیف وسیعی از امکانات و خدمات چه به صورت بالقوه و چه به صورت بالفعل برخوردار است که آن را از دیگر شهرها متمایز ساخته است. تنوع فعالیت‌های اقتصادی، تمرکزبخشی اعظم مراکز گردشگری، تمرکز مراکز آموزشی و بسیاری از فعالیت‌ها می‌تواند زمینه‌ساز تحقق شهر هوشمند باشد (رجبی جورشری و همکاران، ۱۴۰۲). با بررسی پیشینه پژوهش‌هایی که در زمینه شهرهای هوشمند و تحقق‌پذیری آنها انجام شده است، می‌توان گفت با اینکه دو دهه از مفهوم‌سازی شهر هوشمند گذشته و پژوهش‌های بسیاری به تعاریف، ابعاد و ویژگی‌های آن پرداخته‌اند اما کمتر موضوعات مربوط به چگونگی پیاده‌سازی و تأثیر هر یک از ابعاد شهر هوشمند بر تحقق‌پذیری شهر هوشمند مورد توجه بوده است (توانایی مروی و همکاران، ۱۴۰۱). از طرفی شناسایی و ارزیابی جامع عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار انجام نشده است. همچنین میزان آمادگی یک کلانشهر کلیدی در کشور با توجه به دارا بودن وضعیت آموزشی، فرهنگی، اجتماعی، تجاری، گردشگری و مذهبی مناسب، مورد غفلت واقع شده است.

پژوهش حاضر با درک ضرورت و اهمیت سیستم پایدار شهر هوشمند، ابتدا به شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار پرداخته است. سپس میزان آمادگی کلانشهر تهران برای حرکت به سمت شهر هوشمند پایدار را بررسی و مورد اندازه‌گیری قرار داده است. بدین منظور سوالات اساسی پژوهش به این صورت مطرح می‌شوند:

۱. عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار کدامند؟
۲. ارزیابی عوامل از نظر اهمیت به چه ترتیبی است؟
۳. میزان آمادگی کلانشهر تهران از نظر تحقق عوامل شهر هوشمند پایدار چگونه است؟
۴. چه توصیه‌هایی به منظور تحقق و توسعه سیستم شهر هوشمند پایدار می‌توان ارائه داد؟

مبانی نظری

شهر هوشمند

در ادبیات، هیچ توافق قطعی در تعریف مفهوم شهر هوشمند ندارد. هر تعریفی از جنبه‌های مختلف و دیدگاه‌های متفاوت به موضوع می‌پردازد. نباید فراموش کرد که تعاریف شهر هوشمند به دلیل توسعه فناوری و پویایی ساختار جمعیتی دائماً تغییر خواهد کرد. در این زمینه، مفهوم شهر هوشمند به طور کلی به شهری محیط‌زیستی اطلاق می‌شود که در آن از فناوری اطلاعات در ارائه

¹ Yildiz

² ALDabbagh

خدمات شهری استفاده می‌شود، مشارکت توسط فناوری ارائه می‌شود و برخی افراد و موسسات فعالانه در دنبال کردن نوآوری‌ها می‌آموزند.

شهر هوشمند به پیاده‌سازی سیستم اینترنت اشیا اشاره دارد که منابع ملی مانند شبکه های برق، بزرگراه‌ها و سیستم‌های تأمین آب را از طریق حسگرهای هوشمند متنوع به هم متصل می‌کند. به عبارت دیگر شهر هوشمند شهری است که دائماً از نوآوری حمایت می‌کند، سعی می‌کند مشکلات را با تحصیلات عالی یا سرمایه انسانی حل کند، کیفیت زندگی و توسعه اقتصادی به‌طور قابل توجه توسعه یافته را در اولویت قرار می‌دهد و همچنین به عنوان مفهومی که بر بهبود سرمایه انسانی از طریق مدیریت منابع طبیعی و به طور کلی توسعه پایدار شهری تأکید می‌کند. شهرسازی هوشمند مفهومی است که رشد اقتصادی و توسعه اجتماعی را از طریق نوآوری در فناوری و افزایش همکاری بهبود می‌بخشد و به عنوان سیستم‌های یکپارچه با نظارت بر وضعیت زیرساخت‌ها مانند پل‌ها، جاده‌ها، متروها، تونل‌ها، راه‌آهن، ارتباطات، آب و انرژی کارآمد برای اطمینان از استفاده بهینه از منابع شهر تعریف می‌شود. در چارچوب تعاریف انجام شده، می‌توان دریافت که شهرنشینی هوشمند بر چهار مولفه اساسی متمرکز است: پایداری اقتصادی، پایداری مالی، پایداری اجتماعی و پایداری محیطی. در این زمینه، با توجه به گستردگی شهرهای هوشمند، برای یافتن راهی برای مشکلات شهری امروزی و ارتقای سطح زندگی، شهر را باید به عنوان یک سیستم چندوجهی قابل توجه در نظر گرفت که همه پدیده های دیگر از جمله زیرساخت ها، روبنایی فناوری اطلاعات و ارتباطات و آگاهی از محیط‌زیست را شامل می‌شود. مفهوم شهرنشینی هوشمند روز به روز در سراسر جهان گسترده‌تر می‌شود. بیش از ۱۰۰۰ شهر هوشمند هنوز در سطح جهان در حال ساخت هستند و پیش‌بینی می‌شود تعداد شهرهای هوشمند در چند سال آینده ۲۰ درصد افزایش یابد. در این زمینه، کشورهای اروپایی بر حمل و نقل، انرژی، خدمات عمومی و مسائل زیرساختی برای اطمینان از شهرسازی هوشمند تمرکز می‌کنند (اوزارلان دوگان^۱، ۲۰۲۴).

شهر هوشمند پایدار

شهر هوشمند پایدار به عنوان برآیند دو مفهوم هوشمند سازی شهر و توسعه پایدار شهری، رویکرد غالب در مدیریت شهری هزاره سوم است (شمس‌نجفی و همکاران، ۱۴۰۱). شهر هوشمند، ادغام ابعاد فناوری، اجتماعی، اقتصادی و نهادی را برای ارتقای کیفیت زندگی، رسیدگی به چالش‌های محلی و جهانی و ترویج‌گذار به توسعه پایدار تسهیل می‌کند (شریفی، ۲۰۱۹). اعتقاد بر این است که پایداری و هوشمندی به شدت مرتبط هستند. به عنوان مثال، یک تجزیه و تحلیل جامع از برچسب‌های شهر نشان می‌دهد که «شهر پایدار» و «شهر هوشمند» اغلب مواردی هستند که با هم اتفاق می‌افتند (شراون^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). شهرهای هوشمند ممکن است گاهی اوقات به برنامه پایداری کمک نکنند، همانطور که تجزیه و تحلیل پیوندهای بین سیاست‌های شهر هوشمند و انتشار دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهد. با این حال، شهرهای هوشمند می‌توانند به دستیابی به اهداف توسعه پایدار کمک کنند. صرف‌نظر از ماهیت رابطه بین شهرهای هوشمند و اهداف توسعه پایدار، تأکید می‌کند که نادیده گرفتن پیوند بین پایداری و هوشمندی در فرآیند توسعه شهری می‌تواند منجر به خطراتی مانند اولویت‌بندی دستاوردهای کوتاه‌مدت، حاشیه‌نشینی، نخبه‌گرایی، سودگرایی، ملاحظات تجاری غالب بر نگرانی‌های محیط‌زیستی و در نهایت مادی‌گرایی شود. بنابراین، جای تعجب نیست که پتانسیل مفهوم شهر هوشمند و مشارکت آن در اهداف توسعه پایدار در چند سال گذشته به رسمیت شناخته شده است. جنبه‌های تکنولوژیکی مفهوم شهر هوشمند، می‌تواند بازیگران را قادر سازد تا داده‌های بلادرنگ و بازخورد در شاخص‌های مختلف اهداف توسعه پایدار را ایمن کنند. این به آنها اجازه می‌دهد تا بر اجرای هدفمند برنامه‌های مختلف تمرکز کنند. علاوه بر این، رویکرد شهر هوشمند، امکان حکمرانی پیشرفته را از طریق ابزارهای مبتنی بر فناوری فراهم می‌کند، که یک جزء مرتبط است، به ویژه در ارائه صدایی برای ساکنان شهری که اجزای مهمی در دستیابی به اهداف توسعه پایدار هستند. مفهوم شهر هوشمند همچنین مبتنی بر

¹ Ozarslan Dogan

² Schraven

مصرف بهینه منابع است، جایی که رویکردهای جدید مانند تحرک جایگزین برای جایگزینی فعالیت‌های شهری وابسته به سوخت فسیلی ترویج می‌شوند. علاوه بر این، با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های هوشمند، شهرهای هوشمند می‌توانند از مصرف محتاطانه آب و انرژی (از طریق اندازه‌گیری هوشمند) حمایت کنند (شریفی و همکاران، ۲۰۲۴).

پیشینه پژوهش

فارغ‌زاده و جمشیدی (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به توصیف شهر هوشمند با رویکرد توسعه پایدار پرداختند. هدف این پژوهش شناخت و تحلیل مفاهیم شهر هوشمند و معرفی اصول و شاخص‌های آن است با روش توصیفی و بر پایه اطلاعات کتابخانه‌ای و الگوی کاربردی و در پایان با نتیجه‌گیری از مباحث مطرح‌شده راهکارهایی را ارائه می‌نماید.

پوراحمد و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی به بررسی مفهوم و ویژگی‌های شهر هوشمند پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد علیرغم ادبیات گسترده در مورد مفهوم شهر هوشمند، هنوز یک درک روشن و واضح و اجماع عمومی در این باره وجود ندارد و محققان حوزه‌های علمی مختلف، محتوای متنوعی را پیشنهاد کرده‌اند. به طوری که برخی فناوری‌های هوشمند را به عنوان تنها یا حداقل مهمترین جزء شهر هوشمند مدنظر قرار داده‌اند، عده‌ای دیگر تعاریفی را پیشنهاد کرده‌اند که فراتر از فناوری است و بر این باورند که اتخاذ فناوری پایان کار نیست. فناوری‌ها می‌تواند در شهرها برای توانمندسازی شهروندان از طریق تطبیق این فناوری‌ها با نیازهای آنها به جای تطبیق زندگی آنها با الزامات فناوری مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه معنای یک شهر هوشمند چندوجهی است. نکته کلیدی این است که شهرها باید پاسخگوی تغییرات زمین‌هایی که در آن عمل می‌کنند، باشند و اینکه چه چیزی باید به عنوان هوشمند در نظر گرفته شود بستگی به شرایط زمین‌های متنوع (متن و بستر) از قبیل سیستم سیاسی، شرایط جغرافیایی و انتشار فناوری دارد. در واقع راه‌حل‌های هوشمند به سادگی نمی‌تواند کپی شود و نیازمند این است که ارزش آنها برای زمینه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد.

مهدی‌زاده (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین شهر هوشمند و توسعه پایدار و چالش‌های دستیابی به شهر هوشمند پایدار پرداخته است. در این مقاله با بررسی ادبیات موضوع، ابعاد، ویژگی‌ها و چهارچوب‌های شهر هوشمند این نتیجه حاصل شد که با توجه به رابطه دو طرفه‌ای که بین شهر هوشمند و پایدار وجود دارد، نیازمند توجه بیشتر به مفهوم پایداری در دل شهر هوشمند است؛ بدین منظور نیز به بررسی اجمالی این رابطه پرداخته شده و تاثیرات متقابل آنها روی هم بیان شده و در نهایت با بیان مشکلات و چالش‌های پیاده‌سازی شهرهای هوشمند در جهان و ایران، سعی شده که راهنمای سایر محققان و متخصصان برای تحقیقات آتی آنها برای حل این معضلات ارائه شود.

شمس‌نجفی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به ارائه الگوی شهر هوشمند مبتنی بر توسعه پایدار شهری با رویکرد آمیخته اکتشافی پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد زیرساخت‌های شهری هوشمند و حکمروایی هوشمند دو عنصر زیربنایی الگو هستند که بیشترین تأثیر را در ایجاد شهر هوشمند مبتنی بر توسعه پایدار دارند. به همین ترتیب از میزان تأثیرگذاری در سطوح بعد کاسته می‌شود و متغیرهای هم‌سطح یعنی تعامل متقابل باهم دارند. این عوامل با تأثیر بر هوشمندسازی حمل‌ونقل و تجارت‌های هوشمند مبتنی بر فناوری به اقتصاد هوشمند و محیط‌زیست هوشمند کمک می‌کنند. در ادامه از طریق سازه‌های هوشمند و مردم هوشمند می‌توان به توسعه پایدار شهری دست‌یافت و در نهایت این توسعه پایدار شهری می‌تواند به هوشمندسازی شهر منتهی شود.

توانایی مروی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به واکاوی چالش‌های پیش روی تحقق‌پذیری شهر هوشمند در شهر مشهد پرداختند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که با برنامه‌ریزی هدفمند حل چالش‌ها در زمینه محیط‌زیست هوشمند، اقتصاد هوشمند و حکمروایی هوشمند به‌عنوان مؤلفه‌های زیرساختی شهر هوشمند و برنامه‌ریزی در جهت استفاده از فرصت‌های پیش رو در بعد مردم هوشمند بتوان تحقق‌پذیری شهر هوشمند در شهر مشهد را میسر کرد.

رجبی جورشری و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی به ارزیابی تحقق شهر هوشمند با تأکید بر رویکرد کیفیت زندگی شهری با تأکید در منطقه ۲ شهر تهران پرداختند. نتایج نشان داد مهمترین شاخص شهر هوشمند مردم و زندگی هوشمند است و کمترین

تأثیر را حکمروایی هوشمند در تحقق این امر را دارد و مهمترین شاخص کیفیت زندگی شهری کیفیت اقتصادی بوده و کمترین تأثیر را شاخص کیفیت کالبدی به خود اختصاص داده است. در نهایت بار عاملی متغیر کیفیت زندگی نشان دهنده تأثیر قوی و تعیین کننده آن در تحقق شهر هوشمند می باشد. همینطور این رابطه دو سویه بوده و شهر هوشمند به نوبه خود تأثیری با شدت کمتر بر ارتقاء کیفیت زندگی دارد.

شیرویه پور و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی به ارائه مدل عوامل مؤثر بر توسعه آینده شهرهای هوشمند پایدار با تأکید بر مدیریت بهینه انرژی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می دهد اینترنت پرسرعت (فناوری ۵G) تأثیرگذارترین عامل بر آینده شهرهای هوشمند پایدار است. به کارگیری فناوری ۵G سرعت دسترسی کاربران به حجم زیادی از داده ها را افزایش و زمان آن را کاهش می دهد. اینترنت اشیا می تواند از فناوری ۵G به منظور مدیریت مصرف انرژی در شهر هوشمند پایدار بهره مند شود. بنابراین، فناوری ۵G قادر است به خوبی پاسخگوی نیازهای شهر هوشمند پایدار در جهت مدیریت مصرف انرژی باشد. تحقیق و توسعه دارای رتبه دوم از لحاظ تأثیرگذاری بر آینده شهرهای هوشمند پایدار است. تحقیق و توسعه با جذب سرمایه گذاری و نوآوری در محصولات و خدمات و تولید فناوری های پیشرفته به فعالیت های دانش بنیان و در نتیجه پیشرو بودن در زمینه سیاست های پایدار منجر می شود. بنابراین می توان با حمایت از همکاری میان دانشگاه و صنعت و همچنین، شرکت های مبتنی بر فناوری جدید (NTBFs)، گام بزرگی در این مسیر برداشت. کلان داده دارای رتبه سوم از لحاظ تأثیرگذاری بر آینده شهرهای هوشمند پایدار است. تعیین اطلاعات مفید در پروژه های توسعه شهر هوشمند مبتنی بر داده بسیار مهم است، زیرا شناسایی اطلاعات برای ارائه به مشتریان به طور مستقیم با ارزش و جذابیت یک سرویس مرتبط است. هوش مصنوعی دارای رتبه چهارم از لحاظ تأثیرگذاری بر آینده شهرهای هوشمند پایدار است. هوش مصنوعی به مدیریت تولید و مصرف انرژی در محیط های متغیر و بازار کمک می کند. ادغام هوش مصنوعی با شبکه های ۵G و شبکه های حسگر، می تواند زمینه جدیدی را برای خدمات شهرهای هوشمند نسل آینده ایجاد کند. اینترنت اشیا سبز و به کارگیری آن دارای رتبه پنجم از لحاظ تأثیرگذاری بر آینده شهرهای هوشمند پایدار است. فناوری های اینترنت اشیا چالش های متعددی مانند افزایش مصرف انرژی و همچنین، زباله های الکترونیکی در شهرهای هوشمند را به همراه دارند. برنامه های شهر هوشمند باید سازگار با محیط زیست باشند، از این رو شهرهای هوشمند باید به سمت اینترنت اشیا سبز حرکت کنند. تحلیل این عوامل کلیدی به تصمیمات مدیران، سیاست گذاران و برنامه ریزان شهری برای سرمایه گذاری و فراهم کردن زیرساخت های لازم شهر هوشمند با توجه به مدیریت بهینه انرژی، کمک می کند.

آهنگری و یآوری (۱۴۰۳) در پژوهشی به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مشارکت ذینفعان و پایداری شهری هوشمند در شهر تهران پرداختند. نتایج نشان داد که فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مشارکت ذینفعان و پایداری شهری هوشمند تأثیر مثبت دارد. همچنین مشارکت ذینفعان بر پایداری شهری هوشمند تأثیر مثبت دارد. در نهایت، فناوری اطلاعات و ارتباطات با نقش میانجی مشارکت ذینفعان بر پایداری شهری هوشمند تأثیر مثبت دارد و انطباق و تاب آوری شهری بر پایداری شهری هوشمند تأثیر مثبت دارد.

تولی و مورتاق (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی مفهوم پایداری در تعاریف شهر هوشمند پرداختند. این مطالعه، ویژگی های مشترک و متضاد تعاریف را با توجه به ابعاد پایداری که در نظر می گیرند نشان داد و محدودیت های ارائه شده را مورد بحث قرار داد. به نظر می رسد چنین محدودیت هایی با دسترسی شهروندان، ارائه نادرست و خاص بودن بافت های شهری موجود مرتبط باشد. با در نظر گرفتن این مسائل و همچنین تفاوت بین چشم انداز شهر هوشمند و اجرای واقعی آن، یک تعریف به روز شده جدید پیشنهاد شده است. یافته های مطالعه حاضر با کمک به وضوح مفهومی و به ویژه با جلب توجه به مفروضات اساسی در مورد نقش پایداری در توسعه شهر هوشمند به دانش و عمل کمک می کند.

شریفی^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با مرور ادبیات سیستماتیک مزایا و مبادلات مشترک به بررسی مفهوم شهرهای هوشمند و اهداف توسعه پایدار پرداختند. به بیان نویسندگان، سوگیری نسبت به گزارش مزایای شهرهای هوشمند وجود دارد. اینها

¹ Sharifi

شامل تسریع رشد اقتصادی، بهبود کارایی، تقویت نوآوری و افزایش آگاهی شهروندان است. این مزایا نشان می‌دهد که شهرهای هوشمند می‌توانند گذار به توسعه پایدار را تسریع کنند و چالش‌های تغییرات آب و هوایی را برطرف کنند. با این حال، این امر مستلزم پرداختن به مبادلات مربوط به مسائلی مانند حریم خصوصی و امنیت سایبری، هزینه‌های ارتقاء زیرساخت، اثرات بازگشتی مرتبط با بهبود کارایی، تصمیم‌گیری مغرضانه، بازتولید سوگیری‌های اجتماعی، شکاف دیجیتال و کمبود مهارت و استفاده نادرست از هوش مصنوعی است. این مطالعه در مورد این مبادلات توضیح می‌دهد و راه‌حلی برای به حداقل رساندن آنها ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که همه‌گیری کوید-۱۹، توجه به تعاملات بین شهرهای هوشمند و اهداف توسعه پایدار، به‌ویژه موارد مرتبط با اقدامات بهداشتی و اقلیمی را افزایش داده است. با این حال، همچنین بسیاری از اقدامات غیراخلاقی جدید را تقویت کرده است. این بررسی، چالش‌های حاکمیتی/سیاست‌هایی را که باید برای اطمینان از اینکه شهرهای هوشمند می‌توانند بهتر به اهداف توسعه پایدار کمک کنند، موردتوجه قرار می‌دهد. نتایج نهایی نشان داد که مکانیسم‌های حاکمیتی چندمقیاس و شفاف و چارچوب‌های نظارتی برای اطمینان از اینکه راه‌حل‌های شهر هوشمند از انتقال به سمت شهرهای پایدار و تاب‌آور حمایت می‌کنند، حیاتی هستند.

اوزارلان دوگان (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با ارائه شواهد تجربی از ترکیه به نقش شهرهای هوشمند در توسعه پایدار پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که شهرهای هوشمند به طور مثبت و معناداری بر توسعه پایدار ترکیه در هر دو مدل در طول دوره نمونه‌گیری تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، در حالی که متغیرهای تولید ناخالص داخلی واقعی، تراکم جمعیت و توسعه مالی بر توسعه پایدار تأثیر مثبت دارند، طبق نتایج به‌دست‌آمده، تراکم جمعیت بر توسعه پایدار تأثیر منفی دارد.

داسیلوا تومادون و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با مروری بر ادبیات کتاب‌سنجی به بررسی مفهوم شهر هوشمند و شاخص‌های پایداری پرداختند. در مجموع ۸۱۸ مقاله با معیارهای دقیق به ۱۹۱ مورد کاهش یافت. این مطالعه، علاقه فزاینده‌ای را به این حوزه نشان می‌دهد، با تعداد مقالات منتشرشده که از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ افزایش قابل توجه ۲۸۸ درصدی داشته است، چین به عنوان یک نقطه کانونی ظاهر می‌شود که هم در تولید مقاله و هم در نقل‌قول‌ها پیشرو است و بر تعهد خود به توسعه پایدار و هوشمند تأکید می‌کند. کلیدواژه‌های «توسعه پایدار»، «پایداری» و «توسعه شهری» بیشترین تکرار را در تحلیل متن داشته‌اند. سه خوشه مختلف با تحلیل k-means پیدا شدند و شاخص‌های اقتصاد چرخشی، نماینده‌ترین دسته بودند. در نتیجه، در این مطالعه بر چشم‌انداز کل‌نگر شهر هوشمند و شاخص‌های پایداری در سناریوی کنونی و همچنین تعادل بین فناوری و پایداری برای بهبود کیفیت زندگی شهری و در عین حال محافظت از سیاره تأکید می‌شود. به بیان محققان، تشویق به تحقیقات بیشتر برای یکپارچه‌سازی شاخص‌های متمرکز بر تاب‌آوری و راه‌حل‌های نوآورانه برای تقویت توسعه پایدار شهری و اطلاع‌رسانی تصمیمات سیاستی بسیار مهم است.

سینگ و کومار (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به مدل‌سازی عوامل تعیین‌کننده برای شهر هوشمند پایدار از طریق مدل‌سازی ساختاری تفسیری و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند. این مطالعه از نمونه‌ای متشکل از ۱۴۲ شرکت‌کننده استفاده می‌کند که شاهد دگرگونی شهر خود در طول سال‌ها بوده‌اند. این تحقیق نشان داد که هر مکانی هویت خاص خود را دارد که به عنوان "روح مکان" شناخته می‌شود که به ارزیابی ویژگی‌های پایدار و استفاده از آن در مسیر برنامه‌ریزی و توسعه برای دستیابی به توسعه پایدار کمک می‌کند. همچنین نتایج نشان داد که توسعه‌دهندگان شهری باید دیدگاه‌های جمعیت محلی و جنبه‌های مهم را در طراحی و برنامه‌ریزی پروژه‌های توسعه برای دستیابی به توسعه پایدار با زیرساخت‌های تاب‌آور در نظر بگیرند. این مطالعه به تسهیل پایداری در سطح محلی برای توسعه‌دهندگان شهری، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان در حین تدوین برنامه‌های استراتژیک کمک می‌کند. آلمیدا و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی تفاوت‌ها و شباهت‌ها بین شهرهای هوشمند و شهرهای پایدار از طریق یک بررسی یکپارچه پرداختند. این یافته‌ها همچنین نشان‌دهنده همگرایی به سمت مفهوم "شهرهای پایدار هوشمند" است که از فناوری برای دستیابی به اهداف پایداری استفاده می‌کند. در نهایت، این مطالعه با شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی و پیشنهاد یک دستور کار

تحقیقاتی آینده برای درک بیشتر و بهینه‌سازی هم‌افزایی بین پارادایم‌های توسعه شهری هوشمند و پایدار به پایان می‌رسد. در جدول ۱، عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار با اتکاء بر مرور جامع مطالعات داخلی و خارجی ارائه شده‌اند:

جدول ۱: عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار

| محققان | عامل |
|-------------------------------|--|
| احمدپور و همکاران (۱۳۹۷) | تحرك هوشمند، مردم هوشمند، زندگي هوشمند، حکمروایی هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، اقتصاد هوشمند |
| شمس‌نجفی و همکاران (۱۴۰۱) | زیرساخت‌های شهری، حمل و نقل هوشمند، حکمروایی هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، مردم هوشمند، تجارت‌های هوشمند مبتنی بر فناوری‌های دیجیتال، ساختمان‌های هوشمند، اقتصاد هوشمند |
| توانایی مروی و همکاران (۱۴۰۱) | اقتصاد هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، جایجایی هوشمند، زندگي هوشمند، مردم هوشمند، حکمروایی هوشمند |
| رجبی جورشری و همکاران (۱۴۰۲) | پویایی هوشمند، مردم هوشمند، زندگي هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، حکمروایی هوشمند، اقتصاد هوشمند |
| شیرویه‌پور و همکاران (۱۴۰۲) | آموزش و توانمندسازی شهروندان، کنترل سطح آلودگی، توسعه مشارکت‌های دولتی و خصوصی، سیستم‌های مدیریت ترافیک، توسعه نوآوری و کار آفرینی، جذابیت و رقابت شهری، مدیریت مصرف بهینه، برنامه‌ریزی و سیاست‌های عمومی شهری، امنیت سایبری و مشارکت شهروندان |
| یاوری و آهنگری (۱۴۰۳) | تحرك هوشمند، محیط هوشمند، زندگي هوشمند، مشارکت هوشمند، اقتصاد هوشمند، دولت هوشمند، پایداری اقتصاد محلی، ارتقاء انسجام اجتماعی، پایداری محیط‌زیست، بهبود کیفیت زندگي |
| شریفی و همکاران (۲۰۲۴) | انرژی مقرون به صرفه و پاک، زیرساخت هوشمند، حمل و نقل هوشمند، سلامت و رفاه خوب، فناوری اطلاعات و ارتباطات، ساختمان‌های هوشمند، مدیریت هوشمند، سرمایه‌گذاری هوشمند، توسعه هوشمند شهری، گردشگری هوشمند، آموزش هوشمند، جنگلداری و کشاورزی هوشمند |
| آلمیدا و همکاران (۲۰۲۴) | اقتصاد هوشمند، تحرك هوشمند، محیط هوشمند، مردم هوشمند، زندگي هوشمند، دولت هوشمند، فناوری هوشمند |

همانگونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود پژوهش‌های اندکی در زمینه شناسایی عوامل تحقق شهر هوشمند پایدار صورت گرفته است؛ لذا محقق بر آن شد تا تمامی عوامل مستخرج از ادبیات را تجمیع کرده و به صورت عوامل اولیه در اختیار خبرگان و متخصصان (با دانش کافی در زمینه توسعه پایدار شهری و هوشمندسازی شهری) قرار دهد و عوامل نهایی اثربخش در این زمینه را با استفاده از رویکرد دلفی استخراج کرده و به صورت مدلی مفهومی، مبنای ارزیابی در مرحله بعدی قرار گیرد.

به طور خلاصه، ۲۰ عامل اولیه برگرفته از ادبیات به این صورت استخراج شدند: ۱- تحرك و پویایی هوشمند؛ ۲- اقتصاد هوشمند؛ ۳- مردم هوشمند؛ ۴- زندگي هوشمند؛ ۵- حکمروایی، دولت و مدیریت هوشمند؛ ۶- محیط‌زیست هوشمند؛ ۷- زیرساخت‌های شهری هوشمند؛ ۸- حمل و نقل هوشمند؛ ۹- ساختمان‌های هوشمند؛ ۱۰- آموزش هوشمند، توانمندسازی، امنیت سایبری و مشارکت شهروندان؛ ۱۱- انرژی مقرون به صرفه و پاک؛ ۱۲- فناوری اطلاعات و ارتباطات؛ ۱۳- سرمایه‌گذاری هوشمند؛ ۱۴- گردشگری هوشمند؛ ۱۵- سایر فناوری‌های هوشمند؛ ۱۶- سلامت و رفاه خوب؛ ۱۷- مدیریت مصرف هوشمند؛ ۱۸- مدیریت ترافیک هوشمند؛ ۱۹- تجارت‌های هوشمند مبتنی بر فناوری‌های دیجیتال؛ ۲۰- توسعه هوشمند.

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از لحاظ (هدف، شیوه گردآوری داده‌ها و روش تحلیل) از نوع (کاربردی-پیمایشی-توصیفی-کیفی و کمی) است. جامعه آماری شامل تمامی خبرگان و متخصصان در زمینه شهرهای هوشمند پایدار در کلانشهر تهران هستند که به دلیل عدم اطلاع و عدم دسترسی به این جامعه و نامشخص بودن آن، مطابق دیدگاه‌های آماری، تعداد آنها، نامحدود و نامعین فرض شدند. جهت تعیین حداقل حجم نمونه لازم، از فرمول کوکران برای متغیرهای گسسته یا طبقه‌بندی‌شده در جامعه نامحدود به صورت زیر استفاده گردید:

$$n = \frac{\left(z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2\right)p(1-p)}{d^2}$$

n: تعداد نمونه لازم؛ p: نسبت فراوانی صفت موردنظر در جامعه هدف؛

z: مقدار سطح زیر منحنی نرمال استاندارد یا مقدار به دست آمده از جدول توزیع نرمال استاندارد (در این تحقیق و با در نظر گرفتن مقدار خطای ۰/۰۵، مقدار به دست آمده از جدول توزیع نرمال استاندارد، ۱/۹۶ می‌باشد).

α: احتمال خطای نوع اول؛

d: اندازه اثر یا دقت (خطای پذیرفته‌شده توسط محقق یا بازه قابل تحمل از برآورد پارامتر موردنظر است که معمولاً در علوم اجتماعی برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته می‌شود) (رفیع پور، ۱۳۹۵).

نکته‌ای که لازم است در خصوص این فرمول، گفته شود آن است که چنانچه مقدار p در دسترس نباشد، می‌توان مقدار ۰/۵ را برای آن در نظر گرفت (آذر و مومنی، ۱۳۹۵)، که در این حالت، این فرمول بزرگترین و محافظه‌کارانه‌ترین عدد ممکن را به دست خواهد داد، که در این تحقیق نیز عدد ۰/۵ برای آن در نظر گرفته شد. با جایگذاری پارامترها در فرمول مذکور عدد ۳۸۴/۱۶ بدست آمد؛ لذا نمونه آماری موردبررسی از این جامعه بر اساس دیدگاه کوکران به تعداد حداقل ۳۸۵ خبره تعیین شد. بنابراین محقق به دنبال استخراج اطلاعات نظرات این تعداد نمونه جهت تحلیل و ارزیابی عوامل شد. به منظور شناسایی عوامل اثربخش نهایی در کلانشهر تهران از رویکرد دلفی با استفاده از نظرات ۶۰ نفر خبره در دسترس بهره گرفته شد. این رویکرد یکی از رویکردهای کیفی به منظور شناسایی عوامل با تأثیرگذاری بالا از دید خبرگان می‌باشد (اجلی^۱، ۲۰۲۴b؛ اجلی و عظیمی، ۱۴۰۲). برای ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل از نظر اهمیت برای برنامه‌ریزی بهینه شهری، از تکنیک "تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی ترجیحی" با استفاده از نظرات ۶۰ نفر از خبرگان استفاده شد. همچنین به منظور سنجش میزان آمادگی کلانشهر تهران از نظر تحقق و توسعه سیستم شهر هوشمند پایدار از آزمون دوجمله‌ای^۲ با بکارگیری ۳۹۲ نفر از خبرگان و متخصصان شهری استفاده شد. آزمون دوجمله‌ای یک آزمون ناپارامتریک است که در آن بر مبنای یک مقدار یا مشخصه به بررسی موفقیت و شکست پرداخته می‌شود. منظور از موفقیت و شکست وجود یا عدم وجود یک متغیر در جامعه مورد بررسی می‌باشد. خروجی این آزمون در نرم‌افزار SPSS، نشان‌دهنده آمادگی یا عدم آمادگی کلانشهر تهران در تحقق هر یک از عوامل شهر هوشمند پایدار است. در ادامه، روش‌های مورد استفاده پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات تشریح می‌شوند.

رویکرد دلفی

در این رویکرد پس از استخراج شاخص‌های (عوامل) اولیه از مرور جامع ادبیات، طی پرسشنامه‌ای این عوامل در اختیار خبرگان برنامه‌ریزی شهری با دانش کافی در زمینه شهر هوشمند و توسعه پایدار شهری قرار می‌گیرد تا نظرات خبرگی در زمینه اثربخشی نهایی عوامل کلیدی استخراج شود. سپس از طریق مقایسه مقدار ارزش اعلامی هر عامل با مقدار آستانه (میانگین ارزش عوامل)، عوامل نهایی شناسایی می‌شوند. بدین ترتیب، چنانچه ارزش اعلامی هر عامل از میانگین ارزش کل عوامل بیشتر باشد، آن عامل پذیرفته شده، در غیر اینصورت عامل مربوطه حذف می‌شود.

تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی ترجیحی

¹ Ajalli

² Binomial

این روش، بر دیدگاه و ذهن خبرگان برای محاسبه وزن معیارها استوار است که پس از اولویت‌بندی معیارها، وزن آن‌ها را نیز محاسبه می‌کند (اجلی^۱ و همکاران، ۲۰۲۱؛ اجلی و همکاران، ۱۴۰۱؛ اجلی و همکاران، ۱۴۰۳؛ اجلی، ۱۴۰۴). به طور خلاصه مراحل اجرایی تکنیک به شرح زیر است (اجلی و همکاران، ۲۰۲۴a):

مرحله اول: محاسبه درصد نظرات هر معیار از تقسیم تعداد نظرات هر معیار بر تعداد خبرگان؛

مرحله دوم: مرتب‌سازی معیارها بر مبنای درصد نظرات؛

مرحله سوم: محاسبه اختلاف نسبی نظرات هر معیار نسبت به معیار بعدی (S_j)؛

مرحله چهارم: استخراج مقدار رشد k_j برای هر معیار (برای معیار اول، ۱ و برای سایر معیارها دیگر برابر $1 + S_j$ است)؛

مرحله پنجم: محاسبه اهمیت بازیابی شده برای هر شاخص (Q_j) (این مقدار برای عامل اول برابر با ۱ و برای عوامل دیگر از تقسیم Q_j عامل قبلی بر k_j آن عامل حاصل می‌شود)؛

مرحله ششم: استخراج وزن هر معیار (W_j) از تقسیم Q_j ها بر مجموعشان؛

مرحله هفتم: مرتب‌سازی وزن و رتبه‌بندی معیارها.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

شناسایی عوامل

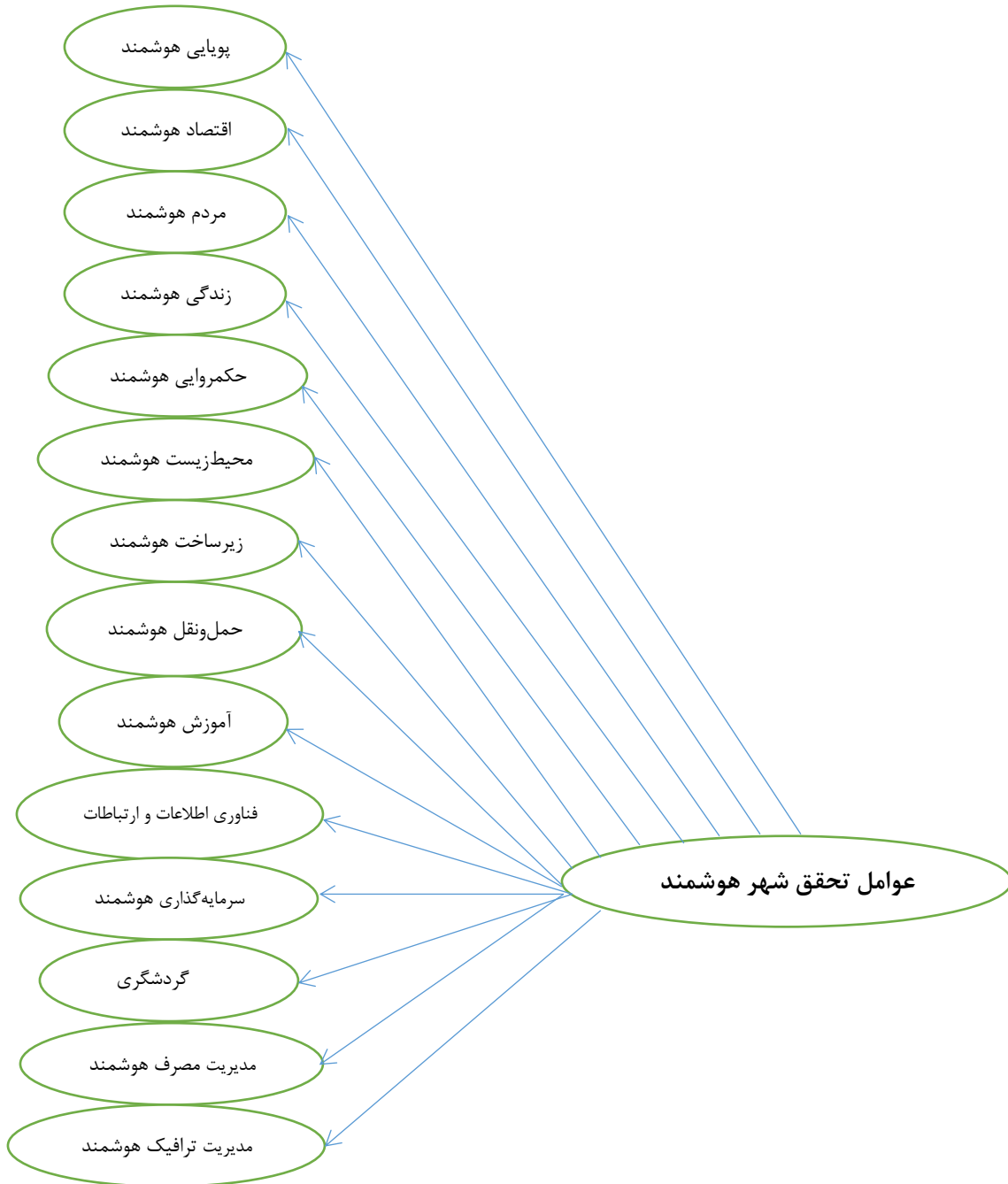
برای شناسایی عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار از دیدگاه متخصصان و خبرگان، ۲۰ عامل مستخرج از ادبیات در جدول ۱، در پرسشنامه رویکرد دلفی قرار گرفتند و از خبرگان خواسته شد که نظرات خود را ارائه دهند. در نهایت پس از ۳ بار رفت و برگشت پرسشنامه‌ها، نظرات تجمیعی و موافق تمامی خبرگان جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. بدین ترتیب، ۱۴ عامل به صورت جدول ۲ مورد پذیرش قرار گرفته و جهت ارزیابی از نظر اهمیت وارد مرحله بعدی پژوهش شدند:

جدول ۲: خروجی نهایی دلفی

| موافق یا مخالف | میانگین نظرات خبرگان | عامل |
|----------------|----------------------|--|
| ✓ | ۰/۸۳۲ | تحرک و پویایی هوشمند (F1) |
| ✓ | ۰/۸۵۲ | اقتصاد هوشمند (F2) |
| ✓ | ۰/۸۵۴ | مردم هوشمند (F3) |
| ✓ | ۰/۸۰۲ | زندگی هوشمند (F4) |
| ✓ | ۰/۸۶۳ | حکمرانی، مدیریت و دولت هوشمند (F5) |
| ✓ | ۰/۸۴۹ | محیط زیست هوشمند (F6) |
| ✓ | ۰/۸۲۷ | زیرساخت‌های شهری هوشمند (F7) |
| ✓ | ۰/۸۴۲ | حمل و نقل هوشمند (F8) |
| ✗ | ۰/۷۳۱ | ساختمان‌های هوشمند |
| ✓ | ۰/۸۲۴ | آموزش هوشمند، توانمندسازی، امنیت سایبری و مشارکت شهروندان (F9) |
| ✗ | ۰/۷۲۵ | انرژی مقرون به صرفه و پاک (F10) |
| ✓ | ۰/۸۱۷ | فناوری اطلاعات و ارتباطات (F10) |
| ✓ | ۰/۸۳۶ | سرمایه‌گذاری هوشمند (F11) |
| ✓ | ۰/۸۲۲ | گردشگری هوشمند (F12) |
| ✗ | ۰/۷۱۲ | سایر فناوری‌های هوشمند |
| ✗ | ۰/۷۱۱ | سلامت و رفاه خوب |

| | | |
|---|-------|--|
| ✓ | ۰/۸۲۴ | مدیریت مصرف هوشمند (F13) |
| ✓ | ۰/۸۳۵ | مدیریت ترافیک هوشمند (F14) |
| ✗ | ۰/۷۲۲ | تجارت‌های هوشمند مبتنی بر فناوری‌های دیجیتال |
| ✗ | ۰/۷۴۴ | توسعه هوشمند |
| | ۰/۸۰۱ | مقدار آستانه |

لذا مدل مفهومی عوامل کلیدی در تحقیق شهر هوشمند پایدار به صورت شکل پیشنهاد می‌شود:



شکل ۱: عوامل کلیدی در تحقیق شهر هوشمند پایدار

اولویت‌بندی عوامل

پس از ورود نظرات خبرگان در نرم‌افزار اکسل، نتیجه مرحله اول در جدول ۳ ارائه شده است:

جدول ۳: درصد نظرات و رتبه هر عامل

| اولویت | درصد نظرات | تعداد نظرات | عنوان عامل | شناسه عامل |
|--------|------------|-------------|---|------------|
| ۴ | ۰/۶۳۳ | ۳۸ | تحرک و پویایی هوشمند | F1 |
| ۳ | ۰/۶۸۳ | ۴۱ | اقتصاد هوشمند | F2 |
| ۹ | ۰/۴۰۰ | ۲۴ | مردم هوشمند | F3 |
| ۸ | ۰/۴۵۰ | ۲۷ | زندگی هوشمند | F4 |
| ۲ | ۰/۷۶۷ | ۴۶ | حکروایی، مدیریت و دولت هوشمند | F5 |
| ۷ | ۰/۴۸۳ | ۲۹ | محیط‌زیست هوشمند | F6 |
| ۶ | ۰/۵۳۳ | ۳۲ | زیرساخت‌های شهری هوشمند | F7 |
| ۱۳ | ۰/۲۰۰ | ۱۲ | حمل و نقل هوشمند | F8 |
| ۱۰ | ۰/۳۵۰ | ۲۱ | آموزش هوشمند، توانمندسازی، امنیت سایبری و مشارکت شهروندان | F9 |
| ۱۴ | ۰/۱۶۷ | ۱۰ | فناوری اطلاعات و ارتباطات | F10 |
| ۱ | ۰/۸۶۷ | ۵۲ | سرمایه‌گذاری هوشمند | F11 |
| ۱۲ | ۰/۲۵۰ | ۱۵ | گردشگری هوشمند | F12 |
| ۵ | ۰/۵۶۷ | ۳۴ | مدیریت مصرف هوشمند | F13 |
| ۱۱ | ۰/۳۰۰ | ۱۸ | مدیریت ترافیک هوشمند | F14 |

در ادامه، نتیجه محاسبات مراحل ۲ تا ۶ در جدول ۴ نشان داده شده است:

جدول ۴: مقادیر S_j ، k_j ، q_j و w_j

| اولویت | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| عامل | F11 | F5 | F2 | F1 | F13 | F7 | F6 | F4 | F3 | F9 | F14 | F12 | F8 | F10 |
| درصد نظرات | ۰/۸۶۷ | ۰/۷۶۷ | ۰/۶۸۳ | ۰/۶۳۳ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۳۳ | ۰/۴۸۳ | ۰/۴۵۰ | ۰/۴۰۰ | ۰/۳۵۰ | ۰/۳۰۰ | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۱۶۷ |
| S_j | ... | ۰/۱۰۰ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۳۳ |
| K_j | ۱/۰۰۰ | ۱/۱۰۰ | ۱/۰۸۳ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۶۷ | ۱/۰۳۳ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۳۳ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۵۰ | ۱/۰۳۳ |
| q_j | ۱/۰۰۰ | ۰/۹۰۹ | ۰/۸۳۹ | ۰/۷۹۹ | ۰/۷۴۹ | ۰/۷۲۵ | ۰/۶۹۱ | ۰/۶۶۸ | ۰/۶۳۶ | ۰/۶۰۶ | ۰/۵۷۷ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۰۷ |
| W_j | ۰/۱۰۲ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۵۲ |

و در انتها خروجی مرحله ۷ در جدول ۵ آورده شده است:

جدول ۵: وزن هر عامل پس از مرتب‌سازی

| شناسه عامل | عنوان عامل | وزن | اولویت |
|------------|---|-------|--------|
| F1 | تحرک و پویایی هوشمند | ۰/۰۸۲ | ۴ |
| F2 | اقتصاد هوشمند | ۰/۰۸۶ | ۳ |
| F3 | مردم هوشمند | ۰/۰۶۵ | ۹ |
| F4 | زندگی هوشمند | ۰/۰۶۸ | ۸ |
| F5 | حکمرمایی، مدیریت و دولت هوشمند | ۰/۰۹۳ | ۲ |
| F6 | محیط زیست هوشمند | ۰/۰۷۱ | ۷ |
| F7 | زیرساخت‌های شهری هوشمند | ۰/۰۷۴ | ۶ |
| F8 | حمل و نقل هوشمند | ۰/۰۵۴ | ۱۳ |
| F9 | آموزش هوشمند، توانمندسازی، امنیت سایبری و مشارکت شهروندان | ۰/۰۶۲ | ۱۰ |
| F10 | فناوری اطلاعات و ارتباطات | ۰/۰۵۲ | ۱۴ |
| F11 | سرمایه‌گذاری هوشمند | ۰/۱۰۲ | ۱ |
| F12 | گردشگری هوشمند | ۰/۰۵۶ | ۱۲ |
| F13 | مدیریت مصرف هوشمند | ۰/۰۷۷ | ۵ |
| F14 | مدیریت ترافیک هوشمند | ۰/۰۵۹ | ۱۱ |

همانگونه که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، عامل تأثیرگذار یازدهم (سرمایه‌گذاری هوشمند) با بیشترین وزن در اولویت ۱ قرار گرفته است و عامل‌های پنجم (حکمرمایی، مدیریت و دولت هوشمند) و دوم (اقتصاد هوشمند) در اولویت‌های ۲ و ۳ جای گرفتند. همچنین عامل دهم (فناوری اطلاعات و ارتباطات) با کمترین وزن در اولویت آخر قرار گرفت.

سنجش میزان آمادگی برای تحقق شهر هوشمند پایدار

در مرحله بعدی با استفاده از روش آزمون دوجمله‌ای و جمع‌آوری نظرات خبرگان طی پرسشنامه سوم، از خبرگان و کارشناسان خواسته شد تا با تمرکز بیشتر و با طیف ۵ تایی لیکرت، میزان آمادگی کلانشهر تهران جهت تحقق عوامل کلیدی شهر هوشمند پایدار را اعلام نمایند. در ادامه پس از تحلیل اطلاعات در نرم‌افزار SPSS، نتیجه آزمون به صورت جدول ۶ حاصل شد:

جدول ۶: خروجی آزمون دوجمله‌ای

| عوامل | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | F10 | F11 | F12 | F13 | F14 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| مقدار میانگین نظرات خبرگان از ۵ | ۲/۷ | ۲/۹ | ۳/۲ | ۲/۸ | ۳/۱ | ۲/۶ | ۳/۴ | ۳/۳ | ۲/۸ | ۳ | ۲/۷ | ۳/۳ | ۲/۵ | ۳ |
| وضعیت | زیر متوسط | زیر متوسط | بالای متوسط | زیر متوسط | بالای متوسط | زیر متوسط | بالای متوسط | بالای متوسط | زیر متوسط | متوسط | زیر متوسط | زیر متوسط | زیر متوسط | متوسط |

همانگونه که در جدول بالا ملاحظه می‌شود، میزان آمادگی در حد زیر متوسط تا بالای متوسط است و در کل تا حدی آمادگی وجود دارد. اما نیازمند توجه و عنایت جدی مسئولان شهری جهت برنامه‌ریزی مناسب می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کلان‌شهرها و به خصوص شهر تهران به عنوان یکی از هسته‌های کانونی کشور مطرح است که در طول حیات خود تحولات و تغییرات فراوانی را تجربه نموده است. این تحولات را می‌توان در کلیه ابعاد جمعیتی کالبدی و ساختار فضایی درونی شهر نظیر

تحول در فضای داخلی و مساحت شهر، رشد بی‌رویه در سطح افقی و دگرگونی در بافت کالبدی شهر مشاهده نمود. این تغییر و تحولات، خصوصاً در نیم قرن اخیر با شتاب گرفتن توسعه صنعتی جوامع، روند فزاینده‌ای به خود گرفته است (تقی‌پور و همکاران، ۱۴۰۱).

کلان‌شهر تهران چهل و یکمین شهر هوشمند جهان است. شاهد بهبود رتبه تهران در میان شهرهای نوآور دنیا هستیم و این شهر با رتبه ۴۱ جز ۵۰ شهر نوآور دنیا قرار دارد. بدین منظور سرمایه‌گذاری بخش خصوصی بر روی جوانان صاحب سرمایه فکری می‌تواند کارگشا باشد. شهر هوشمند یک سیستم عامل جدید است که روی سخت‌افزار شهری از جمله تهران قرار می‌گیرد و کل ماهیت شهر و کاربری آن را تغییر می‌دهد. با عنایت به پتانسیل شهر تهران به دلیل نیروی انسانی و نیز زیرساخت‌های متعدد، کسب و کار سنتی در رقابت با کسب و کارهای نوین محکوم به شکست است؛ چرا که بازیگران کسب و کار در حال تغییر هستند و اشتغال را با نوآوری متحول خواهند کرد. در این اکوسیستم، کسب و کارهای سنتی راهی به جز خرید و سرمایه‌گذاری در استارت‌آپ‌ها ندارند. پتانسیل تهران در میان شهرهای پیشرو در هوشمندسازی قابل توجه است و همکاری دولت و شورای شهر برای کمک به هوشمندسازی این شهر ضروری است. در عین حال می‌توان از امکانات مراکز رشد، شتاب‌دهنده‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز نوآوری برای ایجاد اکوسیستم مناسب شهر هوشمند استفاده کرد.

در مطالعه حاضر، پس از شناسایی چهارده عامل کلیدی تأثیرگذار بر تحقق شهر هوشمند پایدار، ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل صورت گرفت. در انتهای پژوهش نیز میزان آمادگی تهران در تحقق شهر هوشمند پایدار موردسنجش قرار گرفت. بر اساس نتایج، مشارکت هوشمند شهروندان از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات، افزایش مشارکت مردم به صورت مستقیم و غیرمستقیم (از طریق نهادهای قانونی)، سرمایه‌گذاری هوشمند دولتی، حرکت به سوی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ارائه خدمات از طریق فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، تسریع در تبادل اطلاعات با استفاده از فناوری، کاهش هزینه‌ها و جابه‌جایی، دسترسی به خدمات و اطلاعات ارائه خدمات بهتر، بکارگیری فناوری و راه‌کارهای بازیافت و استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی، استفاده از سازه‌های هوشمند، برنامه‌ریزی برای بهبود جابجایی هوشمند، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی، ایجاد زیرساخت‌های شهری برای حفاظت از محیط‌زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، استفاده از فناوری‌های جدید برای حفاظت از محیط‌زیست و کنترل آلودگی محیط‌زیستی، تسهیل روش زندگی مردم و ایجاد زندگی ایمن و سالم، ارتقای کیفیت خدمات و امکانات زندگی و مراقبت‌های بهداشتی، برنامه‌ریزی برای ارائه آموزش مستمر با سطح بالایی از سازگاری به شهروندان، افزایش کیفیت تعاملات اجتماعی و جمعی، آموزش همگانی و ایجاد و توسعه فرهنگ استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای بهره‌گیری از خدمات در بین شهروندان، استفاده از سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند، بهره‌گیری از اکوسیستم‌های هوشمند و بهبود تجربه گردشگری از نظر جذابیت، حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان به ویژه در حوزه حمل‌ونقل و ترافیک شهر هوشمند و ایجاد چهارراه‌های هوشمند، تقویت شبکه‌های ارتباطی سریع و استفاده از دستگاه‌های هوشمند به بهبود پایداری در در شهر هوشمند کمک می‌کند.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر، به عدم دسترسی مناسب به متخصصان حوزه شهر هوشمند پایدار و نداشتن وقت کافی جهت همکاری در مصاحبه و تکمیل پرسشنامه‌ها اشاره کرد. همچنین در مطالعات آتی می‌توان از سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به منظور محاسبه وزن و اهمیت عوامل استفاده کرد و با مقایسه نتایج این پژوهش به تحلیل‌های جامع‌تری دست یافت. بهره‌گیری از نمونه جامع‌تر و بررسی موضوع در سایر کلان‌شهرهای کشور نیز می‌تواند به غنای موضوع پژوهش بیفزاید. در انتها پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی، نمونه‌ای از کلان‌شهرهای کلیدی کشور (با در نظر گرفتن ظرفیت‌های فرهنگی، اجتماعی، گردشگری، مذهبی و ..) را انتخاب کرده و اولویت‌بندی آنها با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری به منظور تحقق و توسعه شهر هوشمند پایدار صورت گیرد.

- اجلی، مهدی. (۱۴۰۳). ۹. تأثیر ابعاد کلیدی انقلاب صنعتی چهارم بر پایداری محیط‌زیستی و اجتماعی شهری (مورد مطالعه: صنعت روی شهر زنجان). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای. ۵(۴). ۱۱۵-۱۲۹. https://www.srds.ir/article_211193.html
- اجلی، مهدی. (۱۴۰۴). ۸. تحلیل و ارزیابی چالش‌های تطبیق عملیات مدیریت کیفیت با صنعت ۴/۰ (مطالعه موردی: صنعت هدف منطقه شمال غرب). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای. ۶(۱). ۱۱۹-۱۳۹. https://www.srds.ir/article_213151.html
- اجلی، مهدی؛ عظیمی، حسین (۱۴۰۲). طراحی مدل پیاده‌سازی نظام آراستگی 5S در صنعت روی با ترکیب سوارا، دلفی و مورا، مدیریت استاندارد و کیفیت، سال ششم، شماره ۴، پیاپی ۲۱، ۳۳-۶۴.
- آذر، عادل و مومنی، منصور (۱۳۹۵). آمار و کاربرد آن در مدیریت (جلد ۱)، چاپ بیست و یکم، انتشارات سمت.
- پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌اله؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ و پارسا‌پناه آبادی، شهرام (۱۳۹۷). مفهوم و ویژگی‌های شهر هوشمند. باغ نظر، ۱۵ (۵۸)، ۵-۲۶.
- توانایی مروی، لاله؛ بهزادفر، مصطفی؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید (۱۴۰۱). واکاوی چالش‌های پیش روی تحقق‌پذیری شهر هوشمند مطالعه موردی: شهر مشهد. مجله شهر پایدار، ۵ (۱)، ۴۵-۵۸.
- رجبی جورشری، مجید؛ امیرعزیدی، طوبی؛ سرور، رحیم؛ توکلی‌نیا، 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): ۴۸۷-۵۰۴.
- رفیع پور، ابوالفضل. (۱۳۹۵). مدل‌سازی با داده‌های دنیای واقعی به عنوان بخشی از سواد آماری. مجموعه مقالات سیزدهمین کنفرانس آمار ایران، کرمان. ایران.
- شمس نجفی، فاطمه السادات؛ کامیابی، سعید؛ ارغان، عباس (۱۴۰۱). ارائه الگوی شهر هوشمند مبتنی بر توسعه پایدار شهری با رویکرد آمیخته اکتشافی. پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی، ۳ (۱۰)، ۵۴-۷۰.
- شیرویه‌پور، شهریار؛ مرتضوی، سید مرتضی؛ بیات، روح‌الله (۱۴۰۲). ارائه مدل عوامل مؤثر بر توسعه آینده شهرهای هوشمند پایدار با تأکید بر مدیریت بهینه انرژی. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۴(۴)، ۱۱۶-۱۳۰.
- فارغ‌زاده، ندا؛ جمشیدی، حسینعلی (۱۳۹۶). شهر هوشمند با رویکرد توسعه پایدار. شیراز: سومین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری.
- مهدی‌زاده، معین. (۱۳۹۸). بررسی رابطه بین شهر هوشمند و توسعه پایدار و چالش‌های دستیابی به شهر هوشمند پایدار. شباک، ۵(۷)، پیاپی ۴۶، ۱۱۹-۱۲۸.
- یاوری، اسما؛ آهنگری، نوید (۱۴۰۳). تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر مشارکت ذینفعان و پایداری شهری هوشمند در شهر تهران. مدیریت شهری و روستایی. ۲۳ (۷۴): ۴۸-۶۷.
- Ajalli, M. (2024a). Conceptual modeling of determining factors in the assessment of sustainability and resilience of the supply chain: a study of rubber industry suppliers in Iran. *Journal of Rubber Research*, 27, 259–274.
- Ajalli, M. (2024b). A Fuzzy Delphi-BWM-TOPSIS Hybrid Approach to Assessment Suppliers Resilience. *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*, 11(1), 181-195. doi: 10.22116/jiems.2024.472125.1571.
- Ajalli, M., Saberifard, N., Zinati, B. (2021). Evaluation and Ranking the Resilient Suppliers with the Combination of Decision Making Techniques, *Management and Production Engineering Review*, Volume 12, Number 3, September, pp. 129–140, DOI: 10.24425/mper.2021.137685.
- Almeida, F., Guimarães, C. M., & Amorim, V. (2024). Exploring the Differences and Similarities between Smart Cities and Sustainable Cities through an Integrative Review. *Sustainability*, 16(20), 8890. <https://doi.org/10.3390/su16208890>.

Da Silva Tomadon, L., do Couto, E.V., de Vries, W.T. et al. (2024). Smart city and sustainability indicators: a bibliometric literature review. *Discov Sustain* 5, 143. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00328-w>.

Dogan Ozarlan, B. (2024), "The role of smart cities in sustainable development: empirical evidence from Türkiye", *EconomiA*, Vol. 25 No. 3, pp. 422-438. <https://doi.org/10.1108/ECON-07-2023-0108>.

Schraven, D., Joss, S., & de Jong, M. (2021). Past, present, future: Engagement with sustainable urban development through 35 city labels in the scientific literature 1990–2019. *Journal of Cleaner Production*, 292, Article 125924. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125924>.

Sharifi A., Allam Z., Bibri, S.E., Khavarian-Garmsir, A.R. (2024). Smart cities and sustainable development goals (SDGs): A systematic literature review of co-benefits and trade-offs, *Cities*, Volume 146, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104659>.

Toli AM., Murtagh N. (2020). The Concept of Sustainability in Smart City Definitions. *Front. Built Environ.* 6:77. doi: 10.3389/fbuil.2020.00077.