

## ارزیابی روش‌های پیاده‌سازی و راه‌حل‌های هوشمندسازی سازگار با محیط‌زیست: مطالعه موردی شهر تهران

ساحل زارعی<sup>۱</sup>

مسعود حق لسان<sup>\*</sup>

[Ma.Haghlesan@iau.ac.ir](mailto:Ma.Haghlesan@iau.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۷

### چکیده

**زمینه و هدف:** شهر هوشمند در سال‌های اخیر و در واکنش به شهری‌سازی روزافزون و تغییرات آب و هوایی جهان اهمیت یافته است. رشد شهرها به‌طور ذاتی باعث شده برای هدایت شهرها از شیوه‌های جدید هوشمندسازی استفاده شود. برای شهرسازی هوشمند در چشم‌انداز آینده فضاهای شهری، نیازمند شناخت کامل معیارهای هوشمندی و بررسی تخصصی شهر است. هوشمندسازی محیط‌زیست، ساختاری چندبعدی، متشکل از اقلیم و اکوسیستم، آلودگی‌ها و مدیریت پایدار منابع است. هدف اصلی تحقیق پیشرو، بررسی وضعیت هوشمندسازی شهر تهران بر اساس شاخص‌های زیست‌محیطی است.

**روش بررسی:** روش مطالعه و تحقیق این پژوهش به صورت کیفی و تحلیل داده‌ها و تطبیق اسناد مربوط به محیط‌زیست و ارتباط آن با هوشمندسازی شهری می‌باشد.

**یافته‌ها:** یافته‌های حاصل از تحقیقی که بر اساس شاخص‌های در نظر گرفته از شهر هوشمند در شهر تهران انتخاب گشته (دولت هوشمند، زندگی هوشمند محیط‌زیست هوشمند، اقتصاد هوشمند و در نهایت شهروند هوشمند) نشان داد که در این پژوهش تأثیرات فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست با تمرکز بر هوشمندسازی زیست‌محیطی، که در آن محیط‌زیست از حالت منحصربه‌فرد خارج شده و کاهش یافته است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** همان‌گونه که آمار آلودگی هوای شهر تهران نشان می‌دهد تهران در دو سال گذشته فقط دو روز هوای پاک داشته است بنابراین به نظر می‌رسد با هوشمندسازی شهری می‌توان راهکارهای راهبردی در بعد محیط‌زیست مانند استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیری، گسترش کیفی محیط‌زیست و استفاده از آب و پساب را تا حدودی کنترل کرد.

**واژه‌های کلیدی:** هوشمندسازی، محیط‌زیست، روش‌های عملیاتی و اجرائی، شهرسازی، شهر هوشمند تهران.

۱ - دانشجوی دکتری شهرسازی، گروه معماری و شهرسازی، واحد بین الملل ارس، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲ - استادیار گروه معماری و شهرسازی، واحد ایلخچی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلخچی، ایران. \* (مسوول مکاتبات)

# **Evaluation of the Implementation Methods and Intelligent Solutions Compatible with the Environment: a case Study of Tehran**

**Sahel Zarei<sup>1</sup>**

**Masoud HaghLesan<sup>2</sup> \***

[Ma.Haghlesan@iaau.ac.ir](mailto:Ma.Haghlesan@iaau.ac.ir)

Admission Date: December 27, 2023

Date Received: April 16, 2023

## **Abstract**

**Background and Objective:** Smart city has become important in recent years in response to the increasing urbanization and climate changes in the world. The growth of cities has inherently led to the use of new ways of smarting to guide cities. For smart urban planning in the future perspective of urban spaces, it is necessary to know the complete criteria of smartness and a special examination of the city. Environmental intelligence is a multidimensional structure consisting of climate and ecosystem, pollution and sustainable management of resources. The main goal of this research is to investigate the smartness of Tehran city based on environmental indicators.

**Material and Methodology:** The study and research method of this research is qualitative and data analysis and matching documents related to the environment and its relationship with urban smartness.

**Findings:** The findings of a research that was selected based on the considered indicators of the smart city in Tehran (smart government, smart life, smart environment, smart economy and finally smart citizen) showed that in this research the effects of human activities on Environment with a focus on environmental smartness, where the environment is removed from the unique state and reduced.

**Discussion and Conclusion:** As the air pollution statistics of Tehran city show, Tehran had only two days of clean air in the last two years, so it seems that with urban smartness, strategic solutions in the environmental dimension such as the use of clean and renewable energies, the qualitative expansion of the environment can be implemented and controlled the use of water and sewage to some extent.

**Keywords:** Smartening, Environment, Operational and Executive methods, Urban Planning, Smart City of Tehran

## **مقدمه**

رفتارهای مشوق در آینده دارد؛ در آن فناوری دیجیتال اصلی ترین عامل تغییر حضور است. با پیشرفت روزافزون تکنولوژی شاهد

شهرسازی هوشمند در پیش بینی آینده فضاهای شهری است که فناوری های جدید را داشته باشد. شهرسازی هوشمند، ریشه در

---

1- PhD student of Urban Planning, Department of Architecture and Urban Planning, Aras International Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Ilkhchi Branch, Islamic Azad University, Ilkhchi, Iran. \*(Corresponding Author)

توسط مقامات محلی آغاز شده است. معرفی راه‌حل‌های جدید با هدف بهبود کیفیت زندگی شهروندان است (۷).

در محیط‌زیست هوشمند، از فناوری‌های جدید از فناوری‌های نوین جهت حفظ و حراست از محیط‌زیست استفاده می‌شود. در این راستا شهر هوشمند به عنوان راه‌حلی برای حفاظت از محیط‌زیست از اواخر دهه ۸۰ میلادی مورد تعریف قرار گرفت (۸). الگوهای جدید شهرسازی مانند نوشهرگرایی، شهر هوشمند، شهر سالم، شهر اکولوژیک، شهر سبز و ... به منظور ایجاد محیط‌زیست مطلوب و قابل سکونت در زمان حال و آینده شده است (۹). در راستای توسعه لازم است که با هدف ارتقای سازگاری با محیط‌زیست در نواحی شهری به صورت کارآمد و زیست‌پذیر کردن و احتمالاً تبدیل آن‌ها به شهر سازگار با محیط‌زیست و هوشمند صورت گیرد (۱۰).

عنوان شهر هوشمند برای شهر تهران که به عنوان پایتخت کشور ایران و بزرگ‌ترین شهر با جمعیت ۱۳,۲۶۷,۶۳۷ جایگاه خاصی در بین شهرها برخوردار است. افزایش کیفیت زندگی شهروندان تهران در گرو حفاظت از محیط‌زیست می‌باشد. در این شهر علیرغم تمرکز امکانات و خدمات مختلف در آن با انبوهی از مسائل و مشکلات پیچیده از جمله آلودگی، ترافیک و ... مواجه است. یکی از راه‌حل‌هایی که برای رفع این مسائل مورداستفاده قرار می‌گیرد، استفاده از روش‌های هوشمندی محیط‌زیست است. ایده شهر هوشمند سازگار با محیط‌زیست می‌تواند برای کاهش مسائل و مشکلات شهر به کمک فضای واقعی بشتابد. هدف کلی این تحقیق تبیین ضرورت‌ها و الزامات شهر تهران برای هوشمندسازی و سازگاری تهران با محیط‌زیست در ابعاد مختلف و همچنین ارائه راهبردها می‌باشد. بنابراین در این مقاله ابتدا به شهر هوشمند به صورت اجمالی اشاره و سپس، شاخص‌های محیط‌زیست هوشمند را با ارزیابی کلی تعریف می‌نماییم. با این حال درک ما از فرصت‌ها، چالش‌ها و پیامدهای شهرسازی هوشمند محدود است چرا که مشکلاتی مانند کمبود درآمد، کمبود وسایل حمل‌ونقل عمومی و خصوصی باعث شده تهران دچار چالش‌های زیادی شود. بنابراین در راستای رسیدن به هدف مذکور سؤال پژوهشی بدین شکل مطرح می‌شود که چگونه با

ظهور فناوری‌های جدید در شهرها هستیم. محیط‌زیست نیز از این قاعده جدا نبوده و در راستای نیاز جامعه، همانند شهرسازی پای به این عرصه گذاشته است. متأسفانه برنامه ریزان شهری تصور می‌کردند مقررات کاربری اراضی برای محیط‌زیست کافی هستند اما در توسعه شهری هیچ‌گاه بُعد محیط‌زیست را جز عوامل اصلی نمی‌دانستند. تهران از جمله شهرهایی است که به دلیل تمرکز، ازدحام ترافیک، آلودگی هوا و افزایش منابع آلوده‌کننده به محیط‌زیست آسیب وارد کرده است. در سال‌های اخیر گرایش به کیفیت زندگی شهروندان به ارتباط تنگاتنگی با محیط‌زیست برقرار کرده است. بر این اساس شهروندان برای استفاده از خدمات محیط‌زیستی مانند آب‌وهوای پاک، زمین، جنگل و دسترسی به فضای سبز، سود می‌برند با توجه به توسعه و گسترش شهرها در کشورهای پیشرفته مطالعات مهمی از سوی برنامه ریزان و مدیران انجام شده است.

شهر هوشمند یک عبارت رایج در سیاست‌های شهری است که بعد از سال‌های ۲۰۰۰ به وجود آمد و اشاره به استفاده هوشمند از فناوری اطلاعات برای بهبود بهره‌وری و کارایی خدمات و زیرساخت‌های شهری دارد (۱). اصطلاح «شهر هوشمند» به عنوان شهری است که دارای توانایی فکری خاصی است که به جنبه‌های نوآورانه اجتماعی فنی و اجتماعی - اقتصادی رشد اشاره دارد (۲). کشورها در خصوص مفاهیم شهر هوشمند در مناطق مختلف کار کرده‌اند. نیاز به استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات به اشکال مختلف در چنین شهرهایی موردنیاز است. روش‌های فعلی ارزیابی ریسک و پیشرفت‌های احتمالی در شهرهای هوشمند همه ابعاد شهر هوشمند را تطبیق نمی‌دهند. فناوری غالب مورداستفاده در برنامه‌های شهرهای هوشمند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و بلاک چین است (۳).

شهر هوشمند در اولین مرحله، استفاده از فناوری‌های مدرن توسط شرکت‌های ICT آغاز شده است (۴). دستورکار شهر هوشمند به ندرت مسئله تفاوت‌های اجتماعی در شهرهای موجود را موردتوجه قرار می‌دهد (۵). یک شهر هوشمند به عنوان یکی از سیستم‌های سایبری - فیزیکی - اجتماعی که نقش کلیدی در فعالیت‌های روزانه مردم دارد (۶). توسعه شهرهای هوشمند با نقش غالب برای مدیریت دولتی و استفاده از فن‌آوری‌های مدرن

شناخت هوشمندسازی می‌توان به تبیین آن در محیط‌زیست شهر تهران پرداخت؟

### پیشینه تحقیق

در دهه اخیر پژوهشگران و صاحب‌نظران متعددی به مطالعات محیط‌زیست، هوشمندسازی، محیط‌زیست هوشمند و ... پرداختند. پیشینه پژوهش حاضر در دنیا از سال ۱۹۹۳ با موضوع حوزه شهر دیجیتال و شهر هوشمند پرداخته و بررسی شده است. در خصوص شهرهای هوشمند پژوهش‌های بسیاری در سال‌های اخیر انجام شده است که در اغلب مواردی مانند انرژی هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، حکمرانی هوشمند، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات هوشمند و ... در دنیا نیز انجام شده است. منجمله؛ سادات موسوی و همکاران (۲۰۲۳) اثر عوامل محیطی بر انبوهی پوشش گیاهی با کمک شبکه عصبی مصنوعی و تعیین اثرگذارترین متغیرهای اکولوژیک و انسانی بر انبوهی در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز را مدل‌سازی کرده و مدل ارائه شده در این پژوهش را به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسان بر انبوهی پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت کاربردی دانسته و امکان پیش‌بینی میزان اثرات مذکور را بر انبوهی پوشش گیاهی در این مناطق فراهم ساختند (۱۱). رحیمی نسب و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی نقش تکنولوژی اینترنت اشیا به عنوان یک فناوری سازگار با محیط‌زیست در گسترش و بهبود کسب‌وکارهای مبتنی بر ارزش مشتری دریافتند که کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، حفاظت از خاک، جنگل‌ها و منابع آبی و جلوگیری از هدررفت منابع انرژی اقدام‌هایی است که می‌توان با بکارگیری فناوری پیشرفته اینترنت اشیا به عنوان یک فناوری سازگار با محیط‌زیست به آن دست‌یافت (۱۲). خطیبی و همکاران (۲۰۲۲) همسو با یافته‌های استنباطی بوده و مؤید وجود رابطه معنادار بین متغیر «اعتماد» و متغیرهای «درک از سودمندی»، «درک از سهولت» و «نگرش» در مدل تحقیق، تأیید می‌نماید با عنایت به عدم اعتماد پاسخگویان به فناوری ساختمان‌های هوشمند نگرش چندان مثبتی در میان جامعه آماری نسبت به فناوری وجود ندارد. همین امر موجب عدم استقبال آن‌ها از این

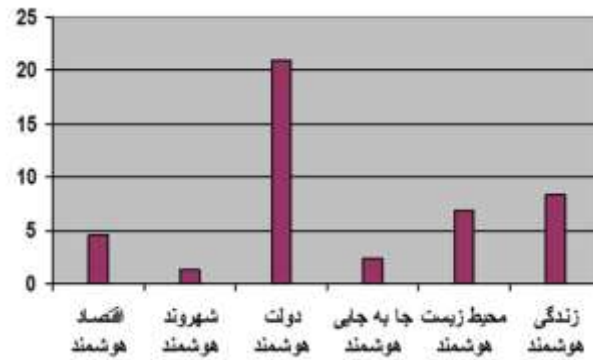
فناوری در صنعت ساخت‌وساز شده است؛ به طوری که هوشمندسازی ساختمان سهم بسیار اندکی از ساخت‌وساز را در مناطق ساحلی مازندران به خود اختصاص داده است که این امر می‌تواند ناشی از کمبود دانش و آگاهی نسبت به مزایای فناوری هوشمندسازی ساختمان و عدم اطلاع‌رسانی صحیح باشد (۱۳). خوارزمی و همکاران (۲۰۲۲) چالش‌های محیط‌زیست هوشمند در کلان‌شهر مشهد را با استفاده از مدل DPSIR انجام دادند و به این نتایج دست یافتند که میزان تأثیرگذاری در صورت وقوع به غیر از بعد مدیریت پسماند در سایر ابعاد شامل مدیریت آب، مدیریت یکپارچه زیست‌محیطی، زیباسازی شهری، فرهنگ و هویت، ساختمان هوشمند، مدیریت فاضلاب و توسعه برق سبز بالا بوده است و در احتمال وقوع آینده، گزینه بعد فرهنگ و هویت وضعیت نسبتاً مطلوبی را نسبت به سایر ابعاد به خود اختصاص داده است (۱۴). تقوی و شفائی (۲۰۲۲) به این نوآوری دست یافتند که هوشمندسازی شهری، شکل نهایی رویکردهایی مانند شهر پراکنده، شهر فشرده، رشد هوشمند، شهر الکترونیک و هوشمند است که در طول زمان شکل گرفته و تکمیل‌کننده یکدیگر بوده‌اند (۱۵). محمدرضاپور (۲۰۲۲) عوامل مؤثر بر کیفیت سیستم حمل‌ونقل را با ارزیابی وضعیت حمل‌ونقل هوشمند درون‌شهری در شهر ارومیه بررسی و اولویت‌گذاری کردند (۱۶). هوشمندسازی در زمینه مصالح ساختمانی هوشمند نیز صورت گرفته منجمله در مقاله شهبازی و همکاران (۲۰۲۲) که مدل‌سازی المان محدود تیر کامپوزیت لایه‌لایه تطبیقی هوشمند را معرفی نمودند (۱۷). رجبی و همکاران (۲۰۲۱) در جهت توسعه سطح هوشمندی و پایداری در شهر نوشهر، می‌توان راهبرد تدوین استراتژی‌های هوشمندسازی شهری از سوی مدیریت شهری، همراه با رعایت شاخص‌های پایداری محلی به منظور ارتقاء سطح خدمات به شهروندان توسعه سطح هوشمندی شاخص‌های محیط‌زیست (نظیر انرژی، کاربری اراضی، محیط‌زیست و ...) را مطرح نمود (۱۸). بلوچی و همکاران (۲۰۲۱) در مرحله کیفی حاکی از آن داشت که لازمه تحقق شهر هوشمند ایجاد زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (زیرساخت هوشمند و خدمات هوشمند)، توجه به بعد جامعه (مشارکت سرمایه‌های انسانی و اجتماعی) و مدیریت یکپارچه

در جهت پاسخگویی به سؤالات، ارزیابی شاخص‌ها که در این خصوص بیان شد برای نزدیکی به استانداردهای شهر هوشمند در شهر تهران، در پژوهش پیشرو ارائه شد.

### روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به لحاظ هدف، از نوع کاربردی است و با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی انجام شده است. در این پژوهش نخست با استفاده از منابع کتابخانه‌ای به جمع‌آوری اطلاعات از کتب، مقالات علمی پژوهشی، پایان‌نامه‌ها، طرح‌های پژوهشی و سایر اسناد و مدارک پرداخته شده و شش شاخص دولت هوشمند، زندگی هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، اقتصاد هوشمند، جابه‌جایی هوشمند و در نهایت شهروند هوشمند، برای شهر هوشمند شناسایی شده است. برای نتایج بهتر هوشمندسازی تهران با الگو قرار دادن نمونه شهرهای هوشمند مطرح جهان و استفاده از راه‌حل‌های ابتکاری آنها می‌توان راه‌حل‌های جدید و خلاقانه برای تکنولوژی‌های روز و حل مشکلات تهران اتخاذ کرد. منجمله هوشمندسازی حمل‌ونقل و ترافیک با توجه به گستردگی تردهای شهر تهران و اثر مستقیم بر آلودگی هوا و آلودگی صوتی، اولویت‌بخشی به هوشمندسازی سیستم‌های کنترل مصرف انرژی خانگی و اداری با توجه به این‌که تهران بخش بزرگی از کسب‌وکارها و سکنه را در خود جای داده است، استفاده از تجهیزات آکوستیک در اتوبان‌های درون شهر به منظور کاهش آسیب حاصل از آلودگی صوتی، تجهیز به سیستم هوشمند جمع‌آوری و بازیافت زباله، استفاده از انرژی خورشید برای تأمین روشنایی معابر. بنابراین به نظر می‌رسد همه این موارد می‌تواند برای بهبود محیط‌زیست تهران تأثیرگذار باشد پس با آموزش به سازمان‌ها و شهروندان به وسیله فناوری اطلاعات، ارتباطات و مزایای آن برای هوشمندسازی شهرها می‌توان اقدام‌های مفیدی انجام داد.

شهری و مبتنی بر مفروضات خدمات دولتی نوین (در سطح خرد شهرداری‌ها و سیاست‌گذاری کلان) است (۱۹). کمالی و همکاران (۲۰۱۹) طراحی ساختمان‌های مسکونی هوشمند شهر تهران را با هدف حداکثر تاب‌آوری با توجه به مدیریت انرژی بررسی و دریافتند که تاب‌آوری ظرفیت جذب آثار مخاطرات، بازگشت از حوادث سانحه و سازگاری با شرایط در حال تغییر است و می‌توان با استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند در ساختمان‌ها که موجب می‌شود ساختمان تا ۴۰ درصد در میزان مصرف انرژی صرفه‌جویی داشته باشد، و ایمنی و امنیت در ساختمان برقرار باشد و جهت دستیابی به حداکثر تاب‌آوری در ساختمان‌های هوشمند از سیستم‌های مدیریت هوشمند (سیستم با برنامه زمان‌بندی، بهینه‌سازی دما و کنترل خواستاری) استفاده کرد (۲۰). رحمانی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود با استفاده از مدل‌سازی ریاضی، راهکاری برای انتخاب ترکیب مناسبی از مصالح ساختمانی و سیستم‌های تهویه مطبوع فعال و غیرفعال در ساختمان‌های مسکونی ارائه دادند تا با استفاده از آن، هزینه‌ها و میزان انرژی حرارتی مصالح ساختمان حداقل شود (۲۱). خداکرمی و قبادی (۲۰۱۶) راهکارهای ساده و عملی، کاهش مصرف انرژی و ایجاد شرایط آسایش کارکنان در یک ساختمان اداری بلندمرتبه در شهر تهران را مطالعه و دریافتند که با انجام برنامه‌ریزی مناسب در زمینه مصرف و مدیریت انرژی در ساختمان‌های اداری هوشمند، امکان کاهش بیش از ۳۵ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی سالانه وجود داشته و بیشترین صرفه‌جویی در بخش‌های سرمایش و روشنایی است (۲۲). قربانی و نوشاد (۲۰۰۸) اصول، راهبردها و مزایای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی رشد هوشمند را بررسی و برخی از انتقادات وارده بر آن از جمله افزایش تراکم، آلودگی هوا، افزایش هزینه خدمات عمومی پایین آمدن قدرت خرید مردم و ... مورد تعمق قرار دادند (۲۳). اما پژوهش در مورد شهر تهران با عنوان شهر هوشمند و محیط‌زیست که به تعاریف، الزامات و تجربیات، ارائه راهکارهایی



شکل ۱- روند موضوعی با توجه پژوهش به تفکیک موضوع

Figure 1. Thematic process according to the research according to the topic

شهر [فارسی زبان](#) جهان است. بیشتر مردم این شهر رسماً [مسلمان](#) و [شیعه دوازده امامی](#) هستند. از دید ناهمواری‌های طبیعی، تهران به دو ناحیه [دشتی](#) و [کوهپایه‌ای البرز](#) تقسیم می‌شود و گستره کنونی آن از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از [سطح دریا](#) امتداد یافته است. تهران دارای [اقلیم نیمه‌خشک](#) است. از نظر تغییرات جمعیتی شهر تهران همیشه در حال افزایش بوده و رشد سالانه آن نیز افزایشی است. تهران با وسعت حدود ۷۳۰ کیلومترمربع در ۵۱ درجه و ۰۸ دقیقه، تا ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع کنونی تهران از سطح دریا در حدود ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر است. شیب زمین در تهران، از شمال به جنوب در دامنه کوهستان شمیرانات ۱۰٪ تا ۱۵٪ از تجریش تا تپه‌های عباس‌آباد با شیب متوسط ۳٪ تا ۵٪ از عباس‌آباد تا خیابان انقلاب و از مرکز شهر تهران تا کناره ۱٪ است. ایستگاه‌های هواشناسی متعدد موجود در این اقلیم نشان‌دهنده این واقعیت می‌باشد که این اقلیم وضعیت متفاوتی نسبت به اقلیم نسبت به اقلیم‌های دیگر دارد.

بر اساس نمودار ۱ بیشترین سهم را دولت هوشمند با ۲۱ درصد و کمترین سهم را شهروند هوشمند با ۱/۳ درصد در ایران رتبه‌بندی شده است. زندگی هوشمند با ۸/۲۸ درصد، محیط‌زیست هوشمند با ۶/۹۰ درصد تعلق دارد، اقتصاد هوشمند ۴/۵۴ درصد، جابه‌جایی هوشمند با ۲/۲۸ درصد و در نهایت شهروند هوشمند ۱/۳ درصد در رتبه دوم تا ششم می‌باشند. روش مطالعه این پژوهش از نوع کاربردی علم سنجی و تحلیل محتوا است. پژوهش شامل شهر تهران از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ است. در ابتدا جهت استخراج داده‌ها با تکیه بر متن مقالات پر استناد این موضوع و استفاده از واژگان مرتبط با هوشمندسازی شهرها استخراج شدند.

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

تهران، پایتخت ایران زمین، مرکز [استان تهران](#) و [شهرستان تهران](#) است. پرجمعیت‌ترین شهر ایران می‌باشد و در سال ۲۰۱۸ بر اساس برآورد سازمان ملل متحد، سی و چهارمین شهر پرجمعیت در جهان می‌باشد. و به عنوان سومین کلان‌شهر پرجمعیت خاورمیانه است. تهران شهری با گوناگونی گروه‌های قومی است اما جمعیت خارجی آن کم است. به عنوان بزرگ‌ترین



شکل ۲- معرفی منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

Figure 2. Introduction of the study area in the province and the country

## مبانی نظری

## شهر هوشمند

هوشمند عمدتاً به دلیل تعامل بین رقابت و توسعه پایدار شهری پدید آمده‌اند. محیط‌زیست پایدار و توسعه اجتماعی هدف اصلی شهرهای هوشمند است.

شهر هوشمند مفهومی است که توجه فراوانی را در سال‌های اخیر در برنامه‌ریزی شهری به خود جلب کرده است. گام اول برای ایجاد شهر هوشمند، درک مفهوم آن است (۲۴). شهرهای

## جدول ۱- تعاریف شهر هوشمند (۲۵ و ۲۶)

Table 1. Definitions of smart city (25 and 26)

تعاریف
شهر هوشمند با استفاده از داده‌ها، اطلاعات IT در جهت ارائه خدمات مؤثر به شهروندان، نظارت و بهینه‌سازی زیرساخت‌های موجود، افزایش همکاری در بین فعالان اقتصادی مختلف و تشویق کسب‌وکارهای خلاقانه در هر دوی بخش خصوصی و دولتی در پی بهبود عملکرد شهری است (۲۷).
شهر هوشمند به عنوان یک توانایی فکری خاصی درک می‌شود که به ابعاد مختلف رشد اقتصادی - اجتماعی و فنی - اجتماعی نوآورانه (سبز و متصل) می‌پردازد. این ابعاد به مفهوم شهر هوشمند منجر می‌شود به طوری که «سبز» به زیرساخت‌های شهری برای حفاظت از محیط‌زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اشاره دارد و «متصل» به تکامل اقتصاد باند پهن مربوط می‌شود. «هوشمند یا باهوش» ظرفیت تولید ارزش افزوده اطلاعات را از طریق پردازش داده‌های شهری در زمان واقعی با استفاده از سنسورها را بیان می‌کند در حالیکه شهرهای خلاق و دانش‌محور که به جای همدیگر به کار می‌روند به توانایی شهرها برای افزایش نوآوری بر پایه سرمایه‌های انسانی خلاق و دانش‌محور اشاره دارد (۲۸).

شهر هوشمند به عنوان یک شهر پیشرفته و فشرده با تکنولوژی بالا که مردم، اطلاعات و عناصر شهری را با فناوری‌های جدید به منظور ایجاد یک شهر پایدار، سرسبزتر، تجارت نوآورانه و رقابتی و یک زندگی با کیفیت بالا به هم متصل می‌کند، در نظر گرفته شده است (۲۹).

شهر هوشمند به معنی استفاده از همه منابع و فناوری‌های موجود به صورت هوشمندانه و هماهنگ به منظور توسعه مراکز شهری پایدار، قابل سکونت و یکپارچه است (۳۰).

شهرهای هوشمند نتیجه استراتژی‌های خلاق و دانش‌محور است که هدف آن ارتقاء عملکرد رقابتی، پشتیبانی، اکولوژیکی، اقتصادی - اجتماعی شهرها است. چنین شهرهای هوشمندی بر پایه ترکیبی نویدبخش از سرمایه‌های انسانی (نیروی کار ماهر)، سرمایه‌های زیرساختی (امکانات ارتباطی با تکنولوژی بالا)، سرمایه‌های اجتماعی (ارتباطات شبکه‌ای باز و شدید) و سرمایه‌های کارآفرینی (فعالیت‌های کسب‌وکار ریسک‌پذیر و خلاق) قرار دارند (۳۱).

شهرهای هوشمند بهره‌وری بالا دارند، همچنان که دارای نسبت بالایی از افراد با تحصیلات عالی، مشاغل دانش‌محور، سیستم‌های برنامه‌ریزی خروجی گرا، فعالیت‌های خلاق و ابتکارات با جهت‌گیری پایدار هستند (۳۱).

یک شهر زمانی هوشمند است که سرمایه‌گذاری در سرمایه‌های اجتماعی و انسانی و تقویت زیرساخت‌های ارتباطی سنتی (حمل‌ونقل) و مدرن (فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات)، رشد اقتصادی و انرژی پایدار، کیفیت بالای زندگی به همراه مدیریت خردمندانه منابع از طریق حکمروایی مشارکتی صورت پذیرد (۳۲).

شهرهای هوشمند به عنوان سرزمین‌هایی با ظرفیت بالا برای یادگیری و نوآوری شناخته می‌شوند که بر پایه خلاقیت شهروندان، نهادها، سازمان‌های دانش‌محور و زیرساخت‌های دیجیتال آنها به منظور برقراری ارتباطات و مدیریت دانش‌بنیان نهاد می‌شوند (۳۳).

یک شهر هوشمند اطلاعات را به زیرساخت‌های فیزیکی خود هدایت می‌کند تا امنیت، تسهیل حرکت، افزایش کارایی، صرفه‌جویی در انرژی، افزایش بهره‌وری، اصلاح کیفیت آب‌وهوا، شناسایی مشکلات و درست کردن سریع آنها، بهبودی سریع از بلاها، جمع‌آوری اطلاعات برای تصمیم‌گیری بهتر، به کارگیری مؤثر منابع و اشتراک داده‌ها جهت توانمندسازی همکاری در میان نهاده‌ها و حوزه‌ها را بهبود دهد (۳۴).

فرانسیس بیکن را نخستین بنیان‌گذار شهر هوشمند می‌دانند برای به تصویر کشیدن و مفهوم‌سازی محیط شهری این پدیده از نظر جغرافیایی و زمانی در هر گوشه از کره خاکی به صورت متفاوت دنبال می‌شود. از سال ۲۰۱۵، رویکرد جدیدی برای ایجاد شهرهای هوشمند مشاهده شده است. با رویکرد به شهروندان، توسعه، تشویق و تأییدی که می‌توانند داشته باشند (۷). چالشی که در حال حاضر دولت‌های محلی با آن مواجه هستند، پایه‌گذاری توسعه شهر بر مشارکت خلاقانه شهروندان است. نواحی شهری اکنون با سرعت زیادی از لحاظ گستره فضایی، توسعه عمودی و جمعیت رشد کرده‌اند (۱۰). شهر هوشمند شهری است که ساکنان آن در حالی از کیفیت بالای زندگی بهره می‌برند که تکنولوژی سراسر زندگی کاربران شهر را بی‌آنکه متوجه حضور آن باشند، احاطه کرده و این آسودگی هم برای

محیط‌زیست هوشمند به معنی ایجاد سازوکارهای لازم جهت استفاده بهینه و کارآمد از منابع طبیعی همچون انرژی آب، باد و خاک و کاهش اثرات زیست‌محیطی در فرآیندهای شهری و کاهش میزان آلودگی محیط‌زیست است. تبدیل شدن به یک شهر هوشمند نیازمند شناخت کامل معیارهای هوشمندی و بررسی تخصصی شهر در ارتباط با این معیارها و تجهیز شهر است. دستور کار شهر هوشمند به ندرت مسئله تفاوت‌های اجتماعی در شهرهای موجود را مورد توجه قرار می‌دهد (۵).

برای درک مفهوم محیط‌زیست هوشمند، بایست به شناخت کاملی از شهر هوشمند رسید. اصطلاح شهر هوشمند و ریشه آن را باید از جنبش رشد هوشمند که در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل ۱۹۹۰ به وجود آمد و از سیاست‌های جدید برنامه‌ریزی شهری حمایت می‌کرد، پیگیری کرد (۳۵). در کتاب «آتلانتیس جدید»



داده‌های دولت محلی تنظیم می‌شوند (۳۷). شهر یک سیستم پیچیده متشکل از روابط متقابل متنوع و غیرقابل پیش‌بینی بین زیرسیستم‌های آن است. هدف مدل شهرهای هوشمند یافتن راهکارهای مناسب برای مدیریت این پیچیدگی به ویژه از طریق حل پیامدهای منفی و کیفیت بالاتر زندگی برای جمعیت شهری است. با این مطالب، به ارائه تعاریف از دیدگاه محققان شهری پرداخته می‌شود تا در این مقاله مفاهیم مشخصی از شهر هوشمند داشته باشیم که اجزای تشکیل‌دهنده آن قابل بررسی و مطالعه باشد. لازم است اشاره نماییم که در این مقاله، به ارزیابی‌های مؤلفه‌های مربوط به محیط‌زیست هوشمند خواهیم پرداخت.

سکنه فعلی و هم‌نسل‌های بعد فراهم و قابل استفاده است. Tunc Karadag (2013) در رساله خود بر اساس اطلاعات، اجتماع و مشخصه‌های شهری چارچوب شهر هوشمند را به صورت جدول ۲ ترسیم کرده است. یک شهر هوشمند اغلب از طریق اهداف آن تعریف می‌شود و شهر هوشمند به‌عنوان کارآمدتر، پایدارتر، عادلانه و قابل زندگی تعریف می‌شود (۳۶). در چند سال گذشته، مفهوم شهرهای هوشمند برای تبدیل مناطق شهری به فضاهای متصل و آگاهانه پدیدار شده است. خدماتی که شهرهای هوشمند را «هوشمند» می‌کند، استفاده از جریان‌های داده شهرهای هوشمند مانند اطلاعات مکان، ساکنان، تعامل دیجیتال، حمل‌ونقل، محیط‌زیست و

### جدول ۲- چارچوب اجرای شهر هوشمند (۱)

Table 2. Smart city implementation framework (1)

لایه‌های استفاده‌کننده (ارائه‌دهندگان خدمات)	زیرساخت‌های شبکه‌ای		محتوا و ارتباطات	ساختمان هوشمند	خدمات الکترونیک به شهروندان	اقتصاد هوشمند
	داده‌های همراه	لایه‌های استفاده‌کننده (ارائه‌دهندگان خدمات)	مدیریت داده‌ها و تجزیه و تحلیل	سطح ارائه خدمات	رابط مشتریان	شهروند هوشمند
	داده‌های M2M یا ماشین برای ماشین					دولت هوشمند
	داده زیرساخت‌های تعبیه شده					جابه‌جایی هوشمند
لایه‌های زیرساخت‌ها	اطلاعات پایه‌ها	لایه‌های خدماتی	لایه‌های استفاده‌کننده	زندگی هوشمند		

## جدول ۳- فهرست شاخص‌های ارزیابی شهرهای هوشمند در برخی از سیستم‌های امتیازدهی (۲۶)

Table 3. List of evaluation indicators of smart cities in some scoring systems (26)

تعداد شاخص‌ها	شاخص‌های شهر هوشمند
۶۰	اقتصاد هوشمند: هزینه‌های عمومی در تحقیق و توسعه، هزینه‌های عمومی در آموزش و پرورش، سرانه تولید ناخالص داخلی جمعیت شهر، نرخ بیکاری و ... (۳۸) مردم هوشمند: درصد جمعیت دانش آموزان مقطع متوسطه، مهارت‌های زبان خارجی، مشارکت در آموزش مادام‌العمر، سطوح فردی مهارت‌های کامپیوتری، ثبت اختراع، برنامه‌های کاربردی برای هر یک از ساکنین و .. حکروایی هوشمند: تعداد دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در شهر، در دسترس بودن دولت الکترونیکی بر روی خط (آنلاین)، درصد خانوارهای دارای دسترسی به اینترنت در خانه، استفاده از دولت الکترونیک توسط اشخاص محیط‌زیست هوشمند: بلندپروازی استراتژی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، استفاده بهینه از برق، استفاده بهینه از آب، گسترش فضای سبز، شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی، سیاست‌های محدودسازی پراکنده رویی شهری نسبت زباله‌های بازیافت شده و ...
۱۸	زندگی هوشمند: سهم منطقه از فضاهای ورزشی - تفریحی و گذران اوقات فراغت، تعداد کتابخانه‌های عمومی، تعداد کل کتاب‌های امانت‌داده شده و دیگر رسانه‌ها، تعدادها بازدیدکنندگان موزه‌ها، حضور در تئاتر و سینما، آلودگی هوا، روحیه نوآوری، انتشار گازهای گلخانه‌ای، حکمرانی شفاف، مدیریت منابع پایدار، امکانات آموزش و پرورش، حمل‌ونقل عمومی نوآورانه و ایمن، مناطق عابر پیاده، خطوط دوچرخه، فضاهای سبز، تولید ضایعات شهری، دسترسی به باند پهن خانوارها، سوخت، دیدگاه‌ها و استراتژی‌های سیاسی، دسترسی به زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، انعطاف‌پذیری بازار نیروی کار.

## محیط‌زیست هوشمند

محیط‌زیست هوشمند (SE)، محیط‌زیستی تعریف شده است که در آن ابزار پیوسته و در تعامل با یکدیگر برای جمع‌آوری و کاربرد دانش در حال کار هستند تا نیازهای سکنه آن را تأمین نمایند. گرم شدن کره زمین و دیگر مسائل آب و هوایی جهان، تحقیقات گسترده‌ای را در مورد نانو ژنراتور سبز، قابل بازیافت و زیست‌تخریب‌پذیر انجام داده‌اند. منظور از محیط هوشمند ایجاد سازوکارهای مناسب به منظور استفاده بهینه از انرژی، آب و کاهش آلودگی محیط زندگی می‌باشد (۷). پایداری محیط‌زیست شهری با دو رویکرد سنجیده می‌شود. یکی از نقطه‌نظر انرژی و جلوگیری از مصرف با به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر، شبکه‌های تکنولوژیکی کنترل و مدیریت آلودگی‌ها، ساختمان‌های سبز، مدیریت شهری سبز، اثربخشی، باز مصرف و ... دیگری از نقطه‌نظر شبکه شهری و مدیریت منابع شامل

هدف نهایی شهر هوشمند ارائه خدمات هوشمند در کلیه قابلیت‌های حیاتی شهر است. اهداف مختلف، تفاوت و شباهت‌های گوناگونی به شرح ذیل است: ۱- کاهش کربن ۲- دستیابی به بهره‌وری انرژی ۳- تأثیرگذاری فناوری ارتباطات و اطلاعات در توسعه صنایع خاص (در زمینه‌های چندرسانه‌ای یا صنایع دانش‌محور) ۴- دستیابی به محیط زندگی با بالاترین کیفیت برای ساکنین ۵- توسعه فضاهای سبز در درون شهر ۶- توسعه زیرساخت‌های اطلاعاتی پیشرفته قابل‌دسترس ۷- دستیابی به رشد اقتصادی و کیفیت زندگی به‌طور هم‌زمان ۸- توسعه جوامع پایدار ۹- تضمین سازگاری اجتماعی میان گروه‌های مختلف ساکنین ۱۰- تکامل شهر به‌عنوان آزمایشگاه زندگی به‌منظور بهبود مستمر و پیوسته (۳۹).

پسماندهای تر برای تولید کمپوست مرغوب، خالص‌سازی پسماندهای خشک (مواد مصنوعی) برای بازیافت و بازگشت بهینه این‌گونه مواد به چرخه تولید، جلوگیری از هدر رفتن سرمایه‌ها، ارتقاء سطح کیفیت خدمات شهری، حفظ محیط‌زیست و جلوگیری از تولید و انتشار آلودگی‌ها خواهیم بود (۷). هدف از محیط هوشمند، پایداری محیط‌زیست، کاهش استفاده از انرژی به کمک نوآوری‌های فناوری و تشویق به کاهش مصرف و بازیافت است. محیط هوشمند اشاره به استفاده از فناوری‌های جدید برای حفظ و حراست از محیط‌زیست دارد (۴).

پسماند، نورپردازی خیابان‌ها، سیستم‌های زهکشی، مانیتور کردن، منابع آب، کاهش آلودگی آب و بهبود کیفیت آب. محیط‌زیست هوشمند را در دو بُعد اساسی مدیریت کیفیت محیط‌زیست و مدیریت خدمات شهری معرفی می‌شود: استقرار سامانه یکپارچه مدیریت کیفیت محیط‌زیست، استقرار سامانه نظافت شهری و استقرار سامانه مدیریت پسماند می‌تواند در ذیل دو بخش اساسی مذکور مورد توجه قرار بگیرد که به‌عنوان مثال با اجرایی شدن سامانه مدیریت پسماند، شاهد بهبود روش ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و بازیافت پسماندها، خالص‌سازی

#### جدول ۴- شاخص‌ها و مؤلفه‌های محیط‌زیست هوشمند (۴۰ و ۴۱)

Table 4. Indicators and components of the smart environment (40 and 41)

معیار	شاخص	واحد شاخص	تعریف	تعداد شاخص*
اکوسیستم و اقلیم	بهره از ساعات آفتابی در طراحی ساختمان‌ها	hours/year	مدت‌زمانی که در طی سال خورشید در آسمان وجود دارد و به‌وسیله ابرها پنهان نمی‌گردد (میانگین تعداد ساعات آفتابی در طول سال تهران بر اساس ایستگاه مهرآباد تهران)	۳۰۰۹،۵
	سهم فضای سبز و آب	in km %	سهم مساحت سطح سبز و آب به‌عنوان درصدی از کل مساحت زمین	۸۲۵۳ هکتار
	تنوع زیستی	species of	تغییر خالص تعداد گونه‌های بومی	۱۶۷ گونه انحصاری که ۱۲/۸ درصد کل گونه‌های گیاهی تهران
آلودگی‌ها	کیفیت هوا	Index	غلظت سالانه آلاینده‌های مربوط به هوا	۰ تا ۵۰ پاک، ۵۱ تا ۱۰۰ سالم، ۱۰۱ تا ۱۵۰ ناسالم برای گروه‌های حساس، ۱۵۱ تا ۲۰۰ ناسالم برای همه، ۲۰۰ تا ۳۰۰ بسیار ناسالم، ۳۰۰ تا ۵۰۰ خطرناک
	آلودگی صوتی	of people	سهم جمعیت تحت تأثیر از نویز	۵۵ تا ۶۵ دسی دبل در روز ۴۵ دسی دبل در شب
	آلودگی آب	of people	حفظ کیفیت آب، حفظ رودخانه‌ها و تالاب‌ها، نمک‌زارها و دریاچه‌ها	طبق اعلام سازمان بهداشت جهانی حداکثر مجاز TDS آب ۱۰۰۰ است. اما آب مطلوب در هیچ استاندارد به‌صراحت گفته نشده است.
	زباله جامد شهری	t/cap/yr	مقدار زباله جامد شهری تولیدشده به ازای سرانه سالانه	۸ هزار تن

۳ میلیارد و ۶۷۲ میلیون لیتر	سرانه کل مصرف آب در روز	litres/day	مصرف آب	مدیریت پایدار منابع
۵۶۷۵۰ مگاوات	مصرف انرژی نهایی سالانه برای همه استفاده‌ها و اشکال انرژی	MWh/cap yr	مصرف انرژی نهایی سالانه	
-	درصد کل انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر، به‌عنوان بخشی از کل مصرف انرژی شهر	of MWh	استفاده از منابع تجدید پذیر	
۱۷ درصد	درصد زباله جامد شهری که بازیافت می‌شود.	of % tonnes	میزان بازیافت زباله جامد شهری	

\*تعداد شاخص‌ها طبق آمار سال ۱۴۰۰ در استان تهران می‌باشد.

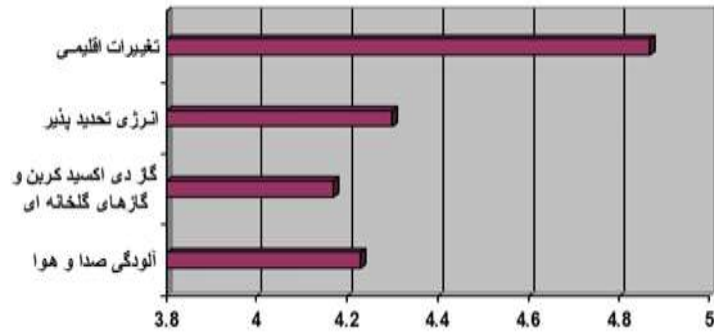
### یافته‌های پژوهش

زیرساخت‌های اطلاعاتی پیشرفته قابل‌دسترس، دستیابی به رشد اقتصادی و توسعه جوامع پایدار است. سازوکارهای مناسب محیط‌زیست استفاده بهینه از انرژی، آب و کاهش آلودگی محیط زندگی می‌باشد. مدیریت آلودگی‌ها، ساختمان‌های سبز، مدیریت شهری سبز، از نقطه‌نظر شبکه شهری و مدیریت منابع شامل پسماند، نورپردازی خیابان‌ها، سیستم‌های زهکشی، مانیتور کردن، منابع آب، کاهش آلودگی آب و بهبود کیفیت آب است.

**اثرات شهرها بر محیط‌زیست (نگرانی‌های زیست‌محیطی)**  
مشکلات زیست‌محیطی و نیاز به توسعه شهرهای پایدارتر محور کانونی بسیاری از پروژه‌های شهر هوشمند است (۴۲). شهرهای هوشمند یک نگاه روبه‌جلو به مسائل زیست‌محیطی دارند و یکی از هسته‌های اصلی شهر هوشمند، استفاده از فناوری برای افزایش پایداری و مدیریت بهتر منابع طبیعی است (۴۳). امروزه بیشترین منابع در شهرهای جهان مصرف می‌شود که از اهمیت اقتصادی بالا و عملکرد زیست‌محیطی ضعیف برخوردار هستند (۲۶). ۷۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای از شهرها نشأت می‌گیرد. که سهمی اساسی در تغییرات اقلیمی دارند. در حال حاضر مهم‌ترین معضل زیست‌محیطی شهر تهران، آلودگی هوای این شهر بوده که عوارض بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی زیادی به ساکنین خود تحمیل می‌نماید. آلودگی هوا چهارمین عامل خطر برای سلامتی و منجر به مرگ در سراسر جهان می‌باشد (۴۴).

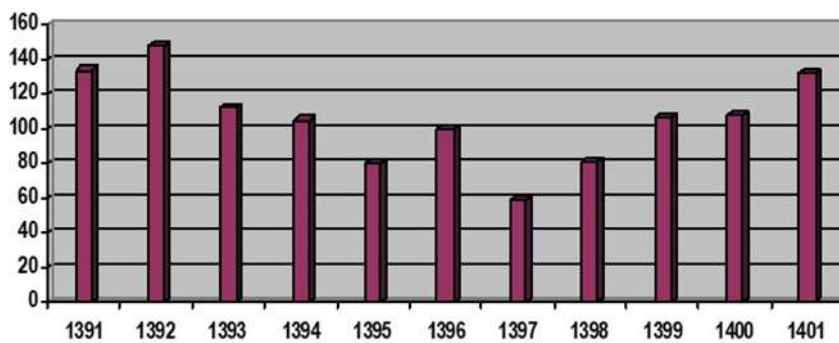
برای راه‌حل هوشمندسازی و سازگار شدن با محیط‌زیست هوشمند باید به شناخت کاملی از شهر هوشمند رسید. که برای رسیدن به شهر هوشمند، تمامی عوامل دخیل هستند و به صورت یک ساختار در نظر گرفته می‌شوند و ارتباط این عوامل باهم سنجیده می‌شوند. تأثیرگذارترین و تأثیرپذیرترین راهکار شهروندان هستند. ارزیابی روش‌های پیاده‌سازی و راه‌حل‌های هوشمندسازی سازگار با محیط‌زیست شهر تهران، شهروندان در حالی از کیفیت بالای زندگی بهره‌مند هستند که تکنولوژی سراسر زندگی شهروندان را احاطه کرده است.

از نظر متخصصان شهر، نتایج حاصل از این پژوهش هوشمندسازی برای تهران دارای اولویت‌بندی معیارهای ضرورت و الزامات شهر می‌باشد که از آن بهره گرفته شده است. اما طبق نمودارها و اطلاعات مرکز آمار ایران بیشترین سهم را دولت هوشمند و کمترین سهم را شهروند هوشمند رتبه‌بندی شده است. زندگی هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، اقتصاد هوشمند، جابه‌جایی هوشمند و در نهایت شهروند هوشمند است. هدف نهایی شهر هوشمند ارائه خدمات هوشمند در کلیه قابلیت‌های حیاتی شهر است. محیط‌زیست هوشمند شامل کاهش کربن، دستیابی به بهره‌وری انرژی، تأثیرگذاری فناوری ارتباطات و اطلاعات، دستیابی به محیط زندگی با بالاترین کیفیت برای ساکنین، توسعه فضاهای سبز در درون شهر، توسعه



شکل ۳- میانگین معیارهای زیست‌محیطی

Figure 3. Average environmental criteria



شکل ۴- تعداد روزهای هوای ناسالم شهر تهران از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱

Figure 4. The number of days of unhealthy air in Tehran from 2013 to 2014

تکنولوژی به کاررفته در شهرهای هوشمند هستند که بخشی از آن‌ها عملکرد چراغ‌های راهنمایی رانندگی و سیگنال‌های ترافیکی را کنترل می‌کنند. سنسورهای دیگر نیز می‌توانند میزان آلودگی هوا را تشخیص دهند. تمام این مجموعه فعالیت‌ها به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کنند. روش‌های دیگری نیز برای حفظ محیط‌زیست هستند مانند: آلودگی کمتر، بهره‌وری انرژی و نظارت بر شرایط زندگی. دوچرخه‌سواری می‌تواند به معنی کاهش تولید آلودگی توسط خودروهای شخصی باشد چراکه استفاده کمتر از اتومبیل‌ها میزان مصرف سوخت کاهش می‌یابد و یا از اتومبیل‌های الکترونیکی در شهرهای هوشمند گزینه مناسب است. بهره‌وری انرژی در شهرهای هوشمند، برای جلوگیری از مشکلات حمل‌ونقل می‌توان از سیستم‌های اینترنت اشیا مانند GPS، یا دوربین‌ها و چراغ‌های راهنمایی و رانندگی برای کنترل ترافیک استفاده کرد و یا مانند کشور هلند چراغ‌های خیابان تنها زمانی روشن می‌شوند که رفت‌وآمد در آن خیابان

در پنج سال اخیر تهران روند نزولی کیفیت هوا را نشان می‌دهد به طوری که در سال ۱۳۹۹ تعداد روزهای پاک تهران به ۱۷ روز در سال کاهش پیدا کرد. تعداد روزهای پاک سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ با روند نزولی زیادی روبه‌رو بوده و به ترتیب تنها ۲ و ۳ روز شد و پایتخت در صدر آلوده‌ترین شهرهای جهان قرار گرفت. این حجم از آلودگی پیاپی در مدت مشابه سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ بی‌سابقه بوده است. رکورد آلوده‌ترین روزها در آذر ۱۴۰۰ ثبت شده است. تعداد روزهای ناسالم هوای تهران در سال ۱۴۰۰ به شش روز کاهش یافت؛ اما در سال ۱۴۰۱ با تجربه ۳۴ روز هوای ناسالم را پشت سر گذراند و ۲ روز هوای تهران را خطرناک کرد.

#### راهکارهای راهبردی شهر هوشمند در بعد محیط‌زیست

شهر هوشمند شامل گروه‌های به‌هم‌پیوسته از تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات است برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و ارتقاء عملکردهای در خصوص سرویس‌های شهر. سنسورها بخشی از

در مراحل اولیه مانع از تبدیل شدن به مشکلات بزرگ تر می شوند. بیشتر شهرها در حال به کارگیری تکنولوژی های شهر هوشمند هستند.

زیاد شده باشد این روش Eindhoven نام دارد. استفاده از این روش ها نیز می تواند در ذخیره میلیاردها دلار به اقتصاد کشور کمک کرد. موضوع آخر نظارت بر شرایط زندگی است. سنسورها و دوربین ها برای ردیابی کیفیت هوا، درجه حرارت، آلودگی صوتی و میزان ترافیک استفاده می شوند. سنسورها با شناسایی مشکلات

### جدول ۵- سند راهبردی هوشمند سازی شهری (بعد محیط زیست)

Table 5. Strategic document of urban smartening (environmental dimension)

اهداف کلان: پایداری زیست محیطی ← انرژی سبز ← بهینگی مصرف					
محور/سطح	راهبرد - راهکار	برنامه	اقدام	پروژه	
زیرساخت	راهبرد: ۱. ارتقای کیفیت محیط زیست ۲. ارتقای کیفیت محیط زندگی راهکار: ۱. هوشمندسازی خانه ها ۲. هوشمندسازی ساختمان ها ۳. استفاده از انرژی های پاک و تجدیدپذیر ۴. استفاده از آب و پساب ۵. گسترش کیفی محیط زیست	توسعه خانه هوشمند	تأسیس خانه هوشمند	ساخت یک نمونه خانه هوشمند	
			ارائه شیوه نامه استقرار خانه هوشمند	دستورالعمل استقرار تجهیزات، اندازه گیری و پایش پیشرفته	دستورالعمل استقرار تجهیزات اتوماسیون خانگی
				دستورالعمل استقرار تجهیزات مدیریت مصرف آب	
	توسعه ساختمان هوشمند	توسعه ساختمان هوشمند	استقرار ساختمان هوشمند	تأسیس ساختمان هوشمند	ساخت یک نمونه ساختمان هوشمند
				سیستم مدیریت ساختمان (BMS)	سامانه پارکینگ هوشمند
				سیستم کنترل دستی	سیستم برق تضمینی
	توسعه برق سبز	توسعه نیروگاه های تولید برق خورشیدی	استقرار سامانه چرخه تولید و توزیع انرژی on grid/off grid	استقرار نیروگاه های تولید برق خورشیدی	
			توسعه نیروگاه های توزیع شده	استقرار سامانه استفاده از اتلاف انرژی	سامانه تولید هم زمان برق، حرارت و برودت (CCHP)

	استقرار سامانه هوشمند تصفیه تکمیلی پساب	مدیریت تأمین منابع آب		
	استقرار سامانه مدیریت چاه‌ها			
	استقرار سامانه اسکادای* انتقال آب	مدیریت انتقال آب		
	استقرار سامانه اسکادای توزیع آب	مدیریت توزیع آب		
	ارائه شیوه‌نامه استقرار تصفیه فاضلاب خانگی	مدیریت فاضلاب		
ایجاد آب‌نماها	استقرار تجهیزات آب و نور	توسعه زیباسازی فضای شهری	راهبرد: ارتقای کیفیت محیط‌زیست راهکار: ساماندهی محیط‌زیست	محتوا و کاربرد
نورپردازی				
روشنایی هوشمند خیابان				
	استقرار دکوراسیون و مبلمان شهری			
	استقرار تجهیزات اندازه‌گیری شاخص‌های زیست‌محیطی	توسعه پایش کیفیت محیط‌زیست		
	استقرار سامانه یکپارچه مدیریت کیفیت محیط‌زیست	مدیریت کیفیت محیط‌زیست		
	استقرار سامانه نظافت شهری	مدیریت خدمات شهری		
	استقرار سامانه مدیریت پسماند			

مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است موضوع زیرساخت فناوری و اطلاعات با ۶۷/۲۱ درصد بیشتر از موضوعات دیگر است. سپس انرژی هوشمند ۸/۹۰ درصد، محیط هوشمند ۸/۲۸ درصد، حکمرانی هوشمند ۷/۵۰ درصد، اقتصاد هوشمند ۴/۵۴ درصد، حمل‌ونقل هوشمند ۲/۲۸ درصد و در نهایت شهروند هوشمند ۱/۳۰ درصد تعلق دارند. یافته‌های حاصل از هوشمندسازی محیط‌زیست، شهر تهران در خصوص پیشنهاد و راهکاری برای چشم‌انداز آینده با فناوری‌های جدید برای تبدیل شدن به شهر هوشمند است.

\* اسکادای (SCADA) سیستمی است در یک منطقه یا فضای صنعتی، کلیه فرآیندهای صنعتی را در همان مکان و یا از راه دور کنترل می‌کند. SCADA در لاتین مخفف Supervisory Control and Data Acquisition است که می‌توان آن را در فارسی معادل «سامانه نظارت، کنترل و جمع‌آوری داده‌ها» ترجمه کرد. یافته‌های این تحقیق همان‌طور که در نمودار ۴ نشان داده شده است، انجام مطالعات موضوعی بوده و بین نوع سندها تمایز قائل نشده و جزء جامعه مورد بررسی قرار گرفته است. روند موضوعی کل مقالات به تفکیک موضوع در شهرهای هوشمند که



شکل ۵- درصد کل مقالات به تفکیک موضوع در حوزه شهرهای هوشمند

Figure 5. Percentage of total articles by topic in the field of smart cities

### بحث و نتیجه‌گیری

تهران فقط ۳ روز هوای پاک داشته است و ۲ روز هوای تهران خطرناک بوده است.

برای نتایج بهتر هوشمندسازی تهران با الگو قرار دادن نمونه شهرهای هوشمند مطرح جهان و استفاده از راه‌حل‌های ابتکاری آنها می‌توان راه‌حل‌های جدید و خلاقانه برای تکنولوژی‌های روز و حل مشکلات تهران اتخاذ کرد:

- هوشمندسازی حمل‌ونقل و ترافیک با توجه به گستردگی تردهای شهر تهران و اثر مستقیم بر آلودگی هوا و آلودگی صوتی
- اولویت‌بخشی به هوشمندسازی سیستم‌های کنترل مصرف انرژی خانگی و اداری
- استفاده از تجهیزات آکوستیک در اتوبان‌های درون شهر به منظور کاهش آلودگی صوتی
- تجهیز شهر به سیستم هوشمند جمع‌آوری و بازیافت زباله
- استفاده از انرژی خورشید برای تأمین روشنایی معابر همه این موارد می‌تواند برای بهبود محیط‌زیست تهران تأثیرگذار باشد. در روند هوشمندسازی محیط‌زیست در کلان‌شهر تهران به استفاده از مؤلفه‌ها و اولویت‌بندی نیازها و میزان این شاخص‌ها نمی‌توان به تنهایی اکتفا کرد و برای حل تمام مشکلات شهر نباید آنها را اولویت‌بندی کرد، بلکه به جای آن می‌بایست ظرفیت‌های شهری را برای رویارویی و مقابله با طیف وسیعی از مسائل و مشکلات و ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان اندیشید.

شهر هوشمند نیازمند اقداماتی یکپارچه در سطوح مختلف شهرداری و بافت اجتماعی است. هدف آن مقابله با چالش معاصر و بهره‌برداری از فرصت‌های اخیر ارائه‌شده توسط پیشرفت‌های شهری است. هوشمندسازی شهرها به‌عنوان راه‌حلی برای حفاظت از محیط‌زیست است. نتایج تجزیه‌وتحلیل تعاریف و مفاهیم شهر هوشمند حکایت از این دارد که زیرساخت‌ها برای مفهوم شهر هوشمند محوری و اساسی هستند. فناوری یک عامل توانمندساز برای شهر هوشمند است، اما لزوماً حیاتی‌ترین و مهم‌ترین عامل نیست. یکپارچگی سیستم‌ها و زیرساخت‌ها برای هوشمند شدن یک شهر اساسی است. در این میان با توجه به وضعیت نامناسب و جایگاه پایین ایران در میان کشورهای جهان راهکارهای راهبردی شهر هوشمند در بعد محیط‌زیست در بسترسازی‌های لازم ارتقای کیفیت محیط‌زیست، ارتقای کیفیت محیط زندگی و راهکارهای مانند هوشمندسازی خانه‌ها و ساختمان‌ها، استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، استفاده از آب و پساب و گسترش کیفی محیط‌زیست که در مدیریت منابع آب، انتقال آب، توزیع آب، مدیریت فاضلاب و توسعه زیباسازی فضای شهری از برنامه‌های هستند که در بعد محیط‌زیست پرداخته‌شده است. روند نزولی کیفیت هوای تهران در پنج سال اخیر باعث شده پایتخت در صدر آلوده‌ترین شهرهای جهان قرار گیرد. این حجم از آلودگی بی‌سابقه بوده است به طوری که رکورد آلوده‌ترین روزها در آذر ۱۴۰۰ ثبت شده است. و در سال ۱۴۰۱



- Footprint in Thailand: Evidence from Nonlinear Causal Estimations, 9, 1103.
5. Datta, A., 2015. The Smart Entrepreneurial City: Dholera and a 100 other utopias in India. In C. McFarlane, S. Marvin & A. Luque-Ayala, A. (Eds.), Smart Urbanism: Utopian Vision or False dawn. London: Routledge, pp. 52-70.
  6. Liu, D., Qi, X., 2022. Smart governance: The era requirements and realization path of the modernization of the basic government governance ability. *Procedia Computer Science* 199, the 8th International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2020 & 2021), pp. 674-680.
  7. Roustaei, Sh., Pourmohammadi, M. R., Ghanbari, H., 2018. Smart city theory and evaluation of its infrastructure components in urban management, case study: Tabriz Municipality. *Geography and urban-regional planning* (26): 197-216. (In Persian)
  8. Rezaei Zadeh Mahabadi, K., Azarmahr, M., 2018. Investigating the creation of a smart city with an emphasis on environmental protection and biodiversity. Conference on civil engineering, architecture and urban planning in the countries of the Islamic world. (In Persian)
  9. Damavandi, H., 2015. The application of the ecological footprint method in evaluating the sustainability of urban development (case example: Sari city). Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
  10. Swamy, V., 2022. Smart solutions for environmentally friendly smart cities. Translation Sahel Zarei. Tehran: Nazar Research Institute Publication.
- یافته‌ها و نتایج مختلفی که از مقاله حاصل شده است می‌توان در اینجا به‌طور خلاصه برای درک و آشنایی با پیامدهای بررسی شده ارائه کرد:
- کاهش فضای سبز و افزایش سطوح سخت یکی از دلایل افزایش قابل‌ملاحظه تابش و دمای بالا بوده است.
  - نواحی سبز و محوطه‌سازی و آب نقش قابل‌ملاحظه‌ای در سازگاری با محیط‌زیست شهر ایفا می‌کنند.
  - کیفیت هوای شهر با الگوهای فعالیت و ترافیک خودروها ارتباط دارد.
  - ناخالصی‌های اطراف میادین ترافیکی و نواحی پرجمعیت را می‌توان با تدابیر غیرفعال مثل درختان پرشاخ و برگ، احداث پهنه‌های آبی جذب‌کننده گرما، ذرات معلق، گردوخاک و ... مدیریت کرد.
  - ساختمان‌های بومی، ساختمان‌های با ابتکارات خورشیدی/غیرفعال، ساختمان‌های با فناوری سرمایه‌ش تبخیری شهر با اقلیم سازگار هستند.
  - اکثر ساختمان‌های جدید، به خاطر مصالح به‌کاررفته، سازگار نیستند.

## References

1. Karadag, t., 2013. An Evaluation of the Smart City Approach. (Master thesis). Middle East Technical University.
2. Katz, B., Bradley, J., 2013. The Metropolitan Revolution: How Cities and Metros Are Fixing Our Broken Politics and Fragile Economy; Brooking Institution Press: Washington, DC, USA.
3. Al Sharif, R., Pokharel, Sh., 2022. Smart City Dimensions and Associated Risks: Review of literature. [77](#), 103542
4. Hossain, H.I., Haseeb, M., Kamarudin, F., Dacko-Pikiewicz, Z., Szczepan´ska-Woszczyna, K., 2013. The Role of Globalization, Economic Growth and Natural Resources on the Ecological

- modeling of intelligent adaptive laminated composite beam. *Civil and Environmental Engineering (Technical College)* 52(3): 185-195. (In Persian)
18. Rajabi, A., Rasouli, S. H., Teymouri, S., Safaei Namin, R. 2021. Evaluation of the effects of smartening in the sustainability of small cities, case study: Nowshahr. *Geographers* 1(1). (In Persian)
19. Baluochi, A., Behbuodi, M., Turabi, M., 2021. Designing a model for a smart city inspired by the assumptions of modern government services and evaluating its infrastructure components in Bandar Abbas municipality. *Iranian Public Administration Studies* 4(2): 159-189. (In Persian)
20. Kamali, I., Shamsaei Zafarghandi, F. A., Mehr Nejad, I. 2019. Designing a smart building with maximum resilience with regard to energy management (case study: a five-story residential building located in the metropolis of Tehran). *Safe City* 2(6): 1-13. (In Persian)
21. Rahmani, M., Shakouri Ganjavi, H., Kazemi, A. 2017. Presenting a multi-objective optimization model for increasing energy efficiency in residential buildings. *Industrial Management* 9(1): 103-128. (In Persian)
22. Khodakarami. J., Ghobadi, P. 2016. Optimizing energy consumption in an office building equipped with an intelligent management system. *Engineering and Energy Management* 6(2): 12-23. (In Persian)
23. Ghorbani, R., Noushad, S. 2008. Smart growth strategy in urban development, principles and solutions. *Geography and Development* (12): 163-180. (In Persian)
11. Sadat Mousavi, H. S., Jahani, A., Danehkar, A., Etemad, V., Sahragerd, F. 2023. The use of neural network in modeling the effect of environmental factors on the abundance of vegetation in the central Alborz protected area. *Natural Environment* 76(2): 185-201. (In Persian)
12. Rahimi Nasab, L., Vazifeh Doust, H., Hamdi, K. 2023. Investigating the role of Internet of Things technology as an environmentally friendly technology in expanding and improving businesses based on customer value. *Sustainability, Development and Environment* 4(2): 109-125. (In Persian)
13. Khatibi, A., Shahbazi, M., Turabi, Z., 2022. Investigating the tendency of investors to make the building smarter based on the model (TAM) (case study: coastal areas of Mazandaran province). *Coastal Geographical Studies* 3(3): 19-36. (In Persian)
14. Kharazmi, O. A., Gafouryan, M., Sabouri, M., Sardar, S. 2022. Smart environment challenges in Mashhad metropolis using DPSIR model. *Geography and Development of Urban Space* 9(2): 17-36. (In Persian)
15. Taghavai, M., Shafiei, M., 2022. Analysis of indicators and explanation of strategies for realizing urban smartness (case study: Isfahan city). *Spatial Planning* 12(1): 51-80. (In Persian)
16. Mohammad Rezapour, B., 2022. Obstacles and solutions for smartening intra-city transportation with a crisis management approach (case example: Urmieh city). *Safe City* 5(2): 16-34. (In Persian)
17. Shahbazi, Y., Mirdamadi, H., Chanaghloou, M., 2022. Finite element

32. Caragliu, A., et al., 2011. Smart cities in Europe. *Journal of urban technology* 18(2): 65-82.
33. Komninos, N., 2011. Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. *Intelligent Buildings International* 3(3): 172-188.
34. Nam, T., Pardo, T. A., 2011. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People and Institutions. in *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual Digital Government Research Conference*, College Park, Maryland, June 12-15.
35. Harrison, C., Donnelly, I. A., 2011. A theory of smart cities. In *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS-2011*, Hull, UK.
36. Alawdhi, S., Aldama- Nalda, H., Chourabi, J. R., Gil- Garcia, S., Leung, S., Mellouli, T., Nam, T., A., Pardo, H. J., Scholl, S., 2012. Building Understanding of Smart City Initiatives. *Lecture Notes in Computer Science* (7443): 40-53.
37. Abbas, R. A., (2017). A comparison of smart city indicators for three top ten US cities. Doctoral dissertation, The University of Texas at Arlington. (In Persian)
38. Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., Yousef, W., 2012. Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* (25): 137-149.
39. Ojo, A., Curry, E., Janowski, T., Dzhushupova, Z., 2015. Designing Next Generation Smart City Initiatives: The SCID Framework. In *Transforming City Governments for Successful Smart Cities* (pp. 43-67). Springer International Publishing.
40. Giffinger, R., et al., 2007. Smart cities (Persian)
24. Mosannenzadeh, F., Vettorato, D. 2014. Defining smart city: A conceptual framework based on key word analysis. *Journal of Land Use, Mobility and Environment*. ISSN 1970-9889, e- ISSN 19709870.
25. Sinkiene, J., Grumadaite, K., Radzvickiene, L. L., 2014. Diversity of theoretical approaches to the concept of smart city. 8<sup>th</sup> International Scientific Conference. <http://dx.doi.org/10.3846/bm>. 2014. 112.
26. Albino, V., Beradi, U., Dangelico, R.M., 2015. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology* 22(1): 3-21.
27. Marsal-Llacuna, M. L., et al., 2015. Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. *Technological Forecasting and Social Change* (90): 611-622.
28. Zygiaris, S., 2013. Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. *Journal of the knowledge economy* 4(2): 217-231.
29. Bacic, Z., et al. 2018. Integrated sensor systems for smart cities. *Tehnicki Vjesnik* (25): 277- 284, doi: 10.17559/TV-20160620125732
30. Barrionuevo, J. M., Berrone, P., Ricart, J. E., 2012. Smart cities, sustainable progress. *IESE Insight* 1(14): 50-57.
31. Kourtit, K., Nijkamp, P., Arribas, D., 2012. Smart cities in perspective: A comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 1(25): 229- 246.

43. Chourabi, H., Taewoo, N., Shawn, W.J., Ramon, G.G., SehlMellouli, K.N., Theresa, A.P., Hans J.S., 2012. Understanding smart Cities: An integrative framework. 2012 45<sup>th</sup>
44. Air Quality Control Company. 2011. Air Quality Report of Tehran. Tehran, Municipality Publications .(In Persian)
- Ranking of European medium-sized cities. University of Ljubljana, Evert Meijers. Project homepage [www.smart-cities.eu](http://www.smart-cities.eu)
41. Giffinger, R., Gudrun, H., 2010. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities? ACE: architecture, city and environment 4(12): 7-26.
42. Bătăgan, L., 2011. Smart Cities and Sustainability Models. InformaticaEconomică 15(3): 80-87.