ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2023;38(2):133-141. 10.58209/geores.38.2.133

The Smart Environment Scenarios of Mashhad Metropolis, Iran

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Alaee R.[1] *MSc*
Rahnama M.R.[*1] *PhD*
Ajzashokouhi M.[1] *PhD*
Forghani A.[2] *PhD*

How to cite this article
Alaee R, Rahnama M R, Ajzashokouhi M, Forghani A. The Smart Environment Scenarios of Mashhad Metropolis, Iran. Geographical Researches. 2023;38(2): 133-141.

[1]Department of Geography, Faculty of Letters and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[2]Department of Technology, Engineering and Mathematics, Faculty of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM), University of South Australia, Adelaide, Australia

***Correspondence**
Address: Department of Geography, Faculty of Letters and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad, Iran. Postal Code: 9177943356
Phone: +98 (51) 38806700
Fax: +98 (51) 38796826
rahnama@um.ac.ir

Article History
Received: January 22, 2023
Accepted: April 5, 2023
ePublished: April 30, 2023

ABSTRACT

Aims A Smart city ensures sustainable economic development and life quality improvement using human and social capitals and communication infrastructures, manages its natural resources consciously, and includes the dimensions of Smart economy, mobility, environment, people, life and government. This study aims to understand the Smart environment component, using future studies approach in order to investigate and structurally analyze the interactions between the environmental drivers in the Mashhad metropolis and present future scenarios.

Methodology This is a quantitative survey carried out in 2022 in the Mashhad metropolis. In order to identify the drivers. The opinions of 30 urban management experts and specialists were collected using targeted non-random sampling and were analyzed in the Mic Mac software. For compiling the scenarios facing the Mashhad metropolis in the Smart environment, the questionnaire was given to 20 foresight experts to collect their opinions to score the matrix of the conditions facing the descriptors.

Findings According to the results of Mic Mac software, three indicators, including environmental regulations, raising citizens' awareness and encouraging them to participate, and the environmental supervision and monitoring were the most influential and impressible variables. Variables' places in the "matrix of direct influence" shows that system is unstable.

Conclusion Just two scenarios (Golden and disaster scenarios) out of 115 possible ones had high compatibility in Mashhad. "Environmental regulations" and "environmental supervision and monitoring" were the most influential factors playing an important role in making Mashhad environment smarter. These two factors are of great importance in making the first scenario more probable and to avoid the second scenario.

Keywords Foresight; Scenario Writing; Smart City; Mashhad; Environment

CITATION LINKS

[Al-Hader M, Rodzi A; 2009] The smart city infrastructure development ...; [Anagnostopoulos T, et al; 2015] Assessing dynamic models for ...; [Beatley T, Newman P; 2008] Green Urbanism Down Under: Learning ...; [Behtash M, et al; 2013] Evaluation and analysis of dimensions ... ; [Castelli M, et al; 2017] An evolutionary system for ozone ...; [Corbett J, Mellouli S; 2017] Winning the SDG battle in cities ...; [Giffinger R, et al; 2008] The role of rankings in growing city ... ; [Gunderson LH; 2000] Ecological resilience- in theory and ...; [Hatzelhoffer L, et al; 2012] Smart City in Practice: Converting ...; [Herzog AV, et al; 2001] Renewable energy ...; [Hoseini M; 2017] Explaining the Green City pattern with ...; [Huss W, Honton E; 1987] Scenario Planning-What Style Should ...; [Kanchev H, et al; 2011] Energy management and operational ...; [Karbasi A, Sayadi Ch; 2015] Analysis and strategic planning of urban ...; [Koontz TM, Thomas CW; 2006] What do we know and need to ...; [Kristiningrum E, Kusumo H; 2021] Indicators of Smart City Using SNI ...; [Lemos M, Agrawal A; 2006] Environmental ...; [Liang S, et al; 2013] Unintended environmental consequences ...; [Lindgren M, Bondhold H; 2019] Scenario planning: The link between ...; [Lowe M, et al; 2013] Livable, healthy, sustainable ...; [Mahdizadeh W; 2016] The level of resilience of Sanandaj ...; [Mashhad Municipality; 2021] Urban environmental pollutants ... [Martinez Blanco J, et al; 2010] The use of life cycle assessment for the comparison ...; [Miles A, et al; 2016] IoT-based decision support system ...; [Modami M, et al; 2016] Water pollution in Iran from urban ...; [Mohammadi Gh; 2016] Explaining the smart city model ...; [Moulaei MM, Talebian H; 2014] Future research of Iran's issues ...; [Moulaei MM, et al; 2016] Explanation and analyzing how to ...; [Mone G; 2015] The New Smart ...; [Moghim S, Garna RK; 2019] Counties' classification by environmental ...; [Nilssen M; 2019] To the smart city and ...; [Rahnama MR; 2019] Status of environmental issues in ...; [Rybnytska O, et al; 2018] Decision support for optimizing ...; [Salehi E, et al; 2011] Considering the environment resiliency ...; [Shum K, Watanabe C; 2017] From compact city to smart city ...; [Silva BN, et al; 2018] Towards sustainable smart cities ...; [Staffans A, Horelli L; 2014] Expanded Urban Planning as a vehicle ...; [Sun M, et al; 2019] Probabilistic Peak Load Estimation ...; [Thornbush M, Golubchikov O; 2021] Smart energy cities: The evolution ...; [Toosi R, et al; 2017] Infrastructure and necessity ...; [Van Poll R; 2011] Approaches and methods for measuring ...; [Yazdan Dad H, Sadegh Z; 2011] Investigation of landfill leachate treatment ...

Copyright© 2023, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

سناریوهای محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد

ریحانه علائی MSc
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
محمدرحیم رهنما* PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
محمد اجزاشکوهی PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
علی فرقانی PhD
گروه تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات، دانشکده علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات، دانشگاه استرالیای جنوبی، آدلاید، استرالیا

چکیده
اهداف: شهر هوشمند با بهره‌گیری از سرمایه‌های انسانی و اجتماعی و زیرساخت‌های ارتباطات، باعث پایداری توسعه اقتصادی و ارتقای کیفیت زندگی می‌شود، مدیریت منابع طبیعی آن آگاهانه است و ابعاد اقتصاد، تحرک، محیط زیست، مردم، زندگی و دولت هوشمند را در بر می‌گیرد. هدف این مطالعه شناسایی مؤلفه‌های محیط زیست هوشمند، با استفاده از رویکرد آینده‌پژوهی و بررسی و تحلیل ساختاری تأثیر متقابل پیشران‌های محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد و ارائه سناریوهای پیش رو بود.
روش‌شناسی: این پژوهش کمّی و پیمایشی در سال ۱۴۰۱ در کلانشهر مشهد انجام شد. به منظور شناسایی پیشران‌ها با استفاده از نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند، نظرات ۳۰ نفر از خبرگان و متخصصان مدیریت شهری گرفته شده و در نرم‌افزار میک‌مک مورد تحلیل قرار گرفت. برای تدوین سناریوهای پیش روی کلانشهر مشهد در محیط زیست هوشمند از نظرات ۲۰ نفر متخصص آینده‌نگاری برای امتیازدهی ماتریس حالت‌های پیش روی توصیف‌گرها بهره گرفته شد.
یافته‌ها: "توسعه قوانین زیست‌محیطی"، "ارتقای آگاهی و مشارکت شهروندان" و "نظارت و پایش محیطی" شاخص‌های تاثیرگذار و تأثیرپذیر بودند و با توجه به نحوه قرارگیری شاخص‌ها در نمودار ماتریس اثر مستقیم، سیستم ناپایدار بود.
نتیجه‌گیری: از میان ۱۱۵ سناریوی ممکن پیش روی شهر مشهد، تنها دو سناریو (طلایی و فاجعه) با سازگاری قوی وجود دارند. از این میان، توسعه قوانین زیست‌محیطی و نظارت و پایش محیطی بیشترین اثرگذاری را داشتند که بیانگر اهمیت این دو عامل در هوشمندسازی محیط زیست مشهد به منظور افزایش احتمال وقوع سناریو اول و اجتناب از سناریو دوم است.
کلیدواژگان: آینده‌نگاری، سناریونویسی، شهر هوشمند، مشهد، محیط زیست

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶
*نویسنده مسئول: rahnama@um.ac.ir

مقدمه

رشد جمعیت و شهرنشینی دو موضوع تاثیرگذار بر شیوه زندگی افراد در دنیای امروز هستند. علی‌رغم فرصت‌های شغلی، محل اقامت و زیرساخت‌هایی که شهرنشینی برای شهروندان فراهم می‌آورد، می‌تواند بر محیط زیست، شیوه زندگی و مدیریت شهرها تأثیری منفی بگذارد [Silva *et al.*, 2018].

سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است که نزدیک به ۷۰٪ جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ در شهرها زندگی خواهند کرد. این خطر برای شهرهایی که تمرکز جمعیت زیادی دارند و مسایل شهری متعددی را تجربه می‌کنند بیشتر است. مشکلاتی از قبیل افزایش محله‌های کثیف و آلوده، آلودگی هوا، سختی به‌دست‌آوردن آب آشامیدنی ، فاضلاب، منابع انرژی، تراکم ترافیک و رهاسازی پسماندها مسایل پیش روی برخی از شهرهای پرجمعیت جهان است. برای غلبه بر آثار منفی شهرنشینی در چنین شرایطی، توسعه شهر هوشمند به منظور رفع مشکلات شهری، بهبود مسایلی از قبیل کارآیی (بهره‌وری) و معرفی تکنولوژی‌های جدید امری لازم و ضروری است [Toosi *et al.*, 2017].

نظریه شهر هوشمند در شهرهای جهان سوم عمدتاً جنبه عملیاتی نیافته و پروژه‌های فنّاوری شهری همواره بدون مطالعات جامع و تخصصی و به صورت جزیره‌ای انجام شده‌اند که متصل به سایر پروژه‌های شهر نبوده و قابلیت ادغام با آنها را ندارند.

شهر هوشمند محیطی شهری است که از فنّاوری‌های اطلاعات و ارتباطات به عنوان وسیله‌ای برای افزایش کارآیی عملیات شهری و کیفیت خدمات ارایه‌شده به شهروندان بهره می‌برد و از رفع نیازهای اقتصادی، اجتماعی، پایداری و فرهنگی نسل آینده اطمینان حاصل می‌کند [Silva *et al.*, 2018].

پژوهشگران و محققان، ۶ بُعد کلی اقتصاد هوشمند، تحرک هوشمند، شهروند هوشمند، دولت هوشمند، زندگی هوشمند و محیط زیست هوشمند را برای یک شهر هوشمند متصور هستند [Giffinger *et al.*, 2008]. امروزه، اهمیت محیط‌های شهری به عنوان سکونتگاه اصلی شهروندان روزبه‌روز در حال افزایش است و کیفیت آنها نیازمند توجه خاصی است. چرا که، این محیط‌ها در وهله اول بستری برای توسعه انواع شاخص‌های زندگی نظیر سلامت، خانواده، کار، فراغت و غیره را فراهم می‌آورند و در وهله دوم جمعیت زیادی را در نواحی به‌شدت شهرنشین‌شده خود جای می‌دهند [Van Poll, 2011].

شاخص‌های مرتبط با محیط زیست هوشمند در مطالعه حاضر بر اساس بیشترین تکرار در مقالات و کتاب‌های مختلف داخلی و خارجی به شرح ذیل است:

- کیفیت هوا (غلظت مونواکسید کربن (CO)، غلظت دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، غلظت دی‌اکسید گوگرد (SO_2) و غلظت ذرات معلق) [Hatzelhoffer *et al.*, 2012; Castelli *et al.*, 2017; Staffans & Horelli, 2014; Miles *et al.*, 2018; Lowe *et al.*, 2013].
- انرژی و ساختمان (سرانه برق مصرفی، بهره‌وری انرژی در ساختمان، بهره‌گیری از انرژی‌های نو) [Kanchev *et al.*, 2011; Herzog *et al.*, 2001; Nilssen, 2019; Thornbush & Golubchikov, 2021].
- بازیافت زباله (میانگین سالانه تولید زباله خانگی در مشهد، میزان بازیافت زباله، سرانه جمع‌آوری زباله شهری توسط شهرداری) [Rybnytska *et al.*, 2018; Anagnostopoulos *et al.*, 2015; Staffans & Horelli, 2014].

- آب و فاضلاب (نسبت واحدهای مسکونی متصل به سیستم فاضلاب شهری، برخورداری از آب آشامیدنی شبکه آبرسانی عمومی، سرانه مصرف آب خانگی، حفاظت از منابع آبی، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب) [Sun *et al.*, 2017; Corbett & Mellouli, 2017].

- فضای سبز (سرانه دسترسی به فضاهای سبز پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده برحسب سطح (مترمربع)، حفظ فضای سبز) [Mone, 2015; Corbett & Mellouli, 2017; Hatzelhoffer *et al.*, 2012; Al-Hader *et al.*, 2011].

- مدیریت حفاظت از محیط زیست (ارتقای سطح آگاهی و مشارکت شهروندان، توسعه قوانین ناظر بر ارایه خدمات در حوزه سلامت، نظارت و پایش محیطی) [Lemos & Agrawal, 2019; Beatley & Newman, 2008; Moghim & Garna, 2019; Gunderson, 2000; Liang *et al.*, 2013; Koontz & Thomas, 2006; Mahdizadeh, 2016; Salehi *et al.*, 2011; Behtash *et al.*, 2013; Hoseini, 2017].

- برنامه‌ریزی و بازسازی شهری (اقدامات در جهت توسعه متراکم، توسعه حمل‌ونقل محور، دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی) [Kristiningrum & Kusmo, 2021 Shum & Watanabe, 2017].

تمرکز تحلیلی برنامه‌ریزی‌های سناریو در مدیریت محیط زیست بر برآوردی است که احتمال وقوع بیشتری دارد و رایج‌ترین پیش‌بینی‌ها را در مورد نتایج و درست‌ترین پاسخ‌ها در شرایط مختلف ارایه می‌دهد [Lindgren & Bandhold, 2019]. در ادامه دو نمونه از سناریوهای زیست‌محیطی شهرهای جهان ارایه می‌شود:

- در سال ۲۰۰۷، سناریوهای زیست‌محیطی شهر استکلهم برای سال ۲۰۵۰ منتشر شد که جمعیت این شهر حدود ۷۰۰ هزار نفر افزایش خواهد یافت. برای رسیدن به اهداف توسعه منطقه کلانشهری استکهلم، سه سناریو در نظر گرفته شده است:

- سناریوی داستان هسته: متراکم‌سازی و بلندمرتبه‌سازی شهر، تکیه بر حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و کاهش استفاده از ماشین و به تبع آن کاهش مصرف سوخت، کاهش عوامل تولید منواکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای از ویژگی‌های این سناریو است.

- سناریوی داستان ستاره: ویژگی عمده این سناریو ساخت‌وساز براساس ساختار ستاره‌ای شکل امروزی شهر است.

- داستان پراکنده: ساختار شهری غیرمنظم می‌شود، ساختار شهر سبز تغییر می‌کند، مالکیت خودرو افزایش می‌یابد و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت، انتشار آلودگی و تغییر کاربری اراضی بیشتر می‌شود [Rahnama, 2019].

- کاتالونیا با ۷,۵۳۵,۰۰۰ نفر جمعیت به خاطر شش‌برابرشدن پسماندهای تولیدی خود طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۷۰ با مشکل دفع زایدات مواجه شد. نکته اساسی در این استان، محدودبودن زمین است. از این رو، مجلس در سال ۲۰۰۸، برنامه‌ریزی یکپارچه‌ای را برای تحقق سرزمین "بدون دفن" و "بدون پسماند" در این ایالت آغاز کرد. به همین منظور مجلس این ایالت با ورود به مساله، ضرورت ایجاد یک سیستم مدیریت یکپارچه پسماند را تصویب کرد که متشکل از بازیافت، جمع‌آوری و دفن آنها با همکاری بخش‌های دولتی، خصوصی، عمومی و سازمان ملی حفاظت محیط زیست بود. دولت، با فراهم‌آوردن امکانات لازم، ایده‌های "سرزمین بدون دفن" و سپس "سرزمین بدون پسماند" را در دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۴ محقق کرد. دولت با اجرای دو سناریوی تامین انرژی و سوخت (تبدیل زباله به محصولات با ارزش افزوده مانند بیوگاز، برق و گرما) و مشکلات دفن پسماندهای هسته‌ای در کاتالونیا موفق به این کار شد [Martinez *et al.*, 2010].

کلانشهر مشهد دومین شهر بزرگ ایران و یکی از چهار نقطه اصلی توسعه وسیع فنّاوری اطلاعات در برنامه‌های دولت است که از پتانسیل‌های فراوانی برخوردار است. از جمله این پتانسیل‌ها می‌توان به حضور سالانه بیش از ۲۰ میلیون نفر زائر و مسافر، جمعیت ۳٬۰۰۱٬۱۸۴ نفری آن، وجود فرصت‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاری و سابقه اجرای طرح‌های مختلف در زمینه شهر الکترونیک و شهر هوشمند اشاره کرد. از نظر شاخص زیست‌محیطی، این شهر با جمعیتی بالغ بر ۳ میلیون نفر و حضور سالانه ۲۰ میلیون زائر، به طور میانگین روزانه حدود ۱۹۰۰ تن زباله تولید می‌کند. میانگین سرانه تولید زباله خانگی در این شهر حدود ۵۵۰ گرم و در زمان حضور زائرین حدود ۷۰۰ گرم گزارش شده است [Yazdan dad & Sadegh, 2011]. طبق آمار تولید روزانه زباله در مشهد، این نرخ در حال افزایش است، پس باید از هم اکنون چاره‌ای اندیشید و برای مدیریت زباله در سال‌های آینده برنامه‌ریزی کرد [Karbasi & Sayadi, 2015]. همچنین، طبق آخرین گزارش‌ها، کیفیت هوا نسبت به سال‌های گذشته کاهش یافته است به‌طوریکه میزان آلاینده‌های ذرات معلق، منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال قبل افزایش یافته است [Mashhad Municipality, 2021].

در حال حاضر، مصرف سالانه فراورده‌های نفتی در بخش حمل‌ونقل درون شهری مشهد بالغ بر ۷۷۴ میلیون لیتر بنزین و ۷۳۰ میلیون لیتر گازوئیل است این درحالیست که سرانه مالکیت خودرو در مشهد در ۱۰ سال گذشته میانگین نرخ رشدی برابر با ۴۷٪ داشته است. این پدیده در کنار کاهش استفاده از دوچرخه، تاکسی و اتوبوس به عنوان مهمترین وسائط نقلیه عمومی نقش بسزایی در میزان مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و انتشار CO_2 و آلودگی هوا خواهد داشت [Mashhad Municipality, 2021].

همچنین، عدم دسترسی به سیستم فاضلاب در برخی از مناطق شهر مشهد خطر آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی با فاضلاب خانگی را افزایش داده است (افزایش غلظت یون‌های فسفات ۷۲/۲ میلی‌گرم در لیتر و کلیفرم ۱۷۰ عدد در میلی‌لیتر) [Modami *et al.*, 2016]. از این رو، بررسی ابعاد زیست‌محیطی به عنوان یکی از اساسی‌ترین مسایل شهرهای امروزی از دریچه الگوی شهر هوشمند و با رویکردی آینده‌پژوهانه در کلانشهر مشهد ضروری به نظر می‌رسید. *هاس و هانتون* سه رویکرد اصلی را در طراحی سناریوها مشخص کرده‌اند که

در سه دسته به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند [Huss & Honton, 1987]:

منطق شهودی: اساس سناریونگاری منطق شهودی بر مبنای مجموعه پیچیده‌ای از روابط میان عوامل اقتصادی، سیاسی، فناوری، اجتماعی، منابع و محیطی است. در این روش عوامل کلیدی و پیشران‌ها بر اساس دو معیار درجه اهمیت و درجه عدم قطعیت طبقه‌بندی می‌شوند. نکته اصلی شناسایی عواملی است که از درجه اهمیت بیشتر و عدم قطعیت کمتری برخوردار باشند.

رویکرد تحلیل تاثیر روند: بنیانگذار اصلی این رویکرد *شوارتز* است. مراحل سناریونگاری در این رویکرد، با لیستی از متغیرها و روندهای آینده شروع می‌شود که به سه دسته تقسیم می‌شوند. روندهایی که تاثیر آنها بر روی موضوع مورد نظر قطعی است، روندهایی که تاثیر قطعی ندارند و روندهایی که تاثیر آنها نامشخص است.

تحلیل تاثیر متقابل: این روش ما را در فهم چگونگی تاثیر روندها بر یکدیگر و تحلیل روابط بین متغیرها در یک نظام یاری می‌رساند. این روش "تحلیل ساختار" نیز نامیده می‌شود.

با توجه به آنکه هنوز بررسی‌های علمی و پژوهش‌های مثمر ثمری پیرامون تمامی ابعاد شهر هوشمند در کلانشهر مشهد انجام نگرفته است و همه ابعاد پروژه‌های هوشمندسازی (به‌ویژه محیط زیست هوشمند) به طور گسترده اجرا نشده و صرفاً به نمونه‌هایی از هوشمندسازی در بخش شهرسازی، اکتفا شده است، هدف این مقاله بررسی سناریوهای پیش‌روی محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد بود.

روش‌شناسی

این مطالعه کمّی و پیمایشی در سال ۱۴۰۱ در بین متخصصان و کارشناسان خبره در حوزه محیط زیست و آینده‌نگاری در شهر مشهد انجام شد. برای انتخاب نمونه از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند استفاده شد. با توجه به توزیع پرسش‌نامه در میان خبرگان و متخصصان مسلط به موضوع، ابتدا افراد واجد شرایط (دارا بودن تحصیلات تکمیلی) و حداقل ۱۰ سال سابقه کاری مرتبط شناسایی و نسبت به توزیع پرسش‌نامه‌ها اقدام شد.

ابزار مورد استفاده برای جمع‌آوری داده‌ها، پرسش‌نامه "ماتریس اثرات متقابل" بود. بدین منظور ۱۹ شاخص در بعد محیط زیست هوشمند شناسایی شد و برای بررسی ارتباط بالفعل و بالقوه بین شاخص‌ها از ماتریس اثرات متقابل که در این پژوهش ۱۹*۱۹ بود استفاده شد.

برای ارزیابی نمرات، میزان اثرگذاری یک شاخص بر سایر شاخص‌ها از حاصل جمع سطرهای ماتریس و میزان اثرپذیری آن از سایر شاخص‌ها، از حاصل جمع ستون‌های ماتریس به‌دست می‌آید.

پس از بررسی منابع متعدد داخلی و خارجی و کسب اطمینان از شاخص‌های پژوهش، روایی پرسش‌نامه با تایید چند تن از متخصصان و اساتید دانشگاهی به‌دست آمد. پایایی پرسش‌نامه با استفاده از روش پیش آزمون و توزیع پرسش‌نامه در دو مرحله میان ۱۰ نفر از نمونه مورد نظر، پیش از آزمون اصلی، مورد بررسی و ثبات سنجش قرار گرفت.

به منظور بررسی روابط بین شاخص‌های شناسایی‌شده، از نرم‌افزارهای MICMAC 6.1.2 و ScenarioWizard 4.31 استفاده شد.

برای تعیین مؤثرترین پیشران‌های موثر بر تغییرات آتی روندهای اصلی محیط زیست هوشمند، از ۳۰ نفر از خبرگان خواسته شد تا تأثیر هر متغیر را بر متغیر دیگر در طیفی از ۰ تا ۳ (۰- بی‌تأثیر؛ ۱- تأثیر کم؛ ۲- تأثیر متوسط؛ ۳- تأثیر زیاد) تعیین کنند. سپس به کمک نرم‌افزار تحلیل ساختاری میک‌مک نتایج تحلیل محاسبه شد [Moulaei & Talebiyan, 2015].

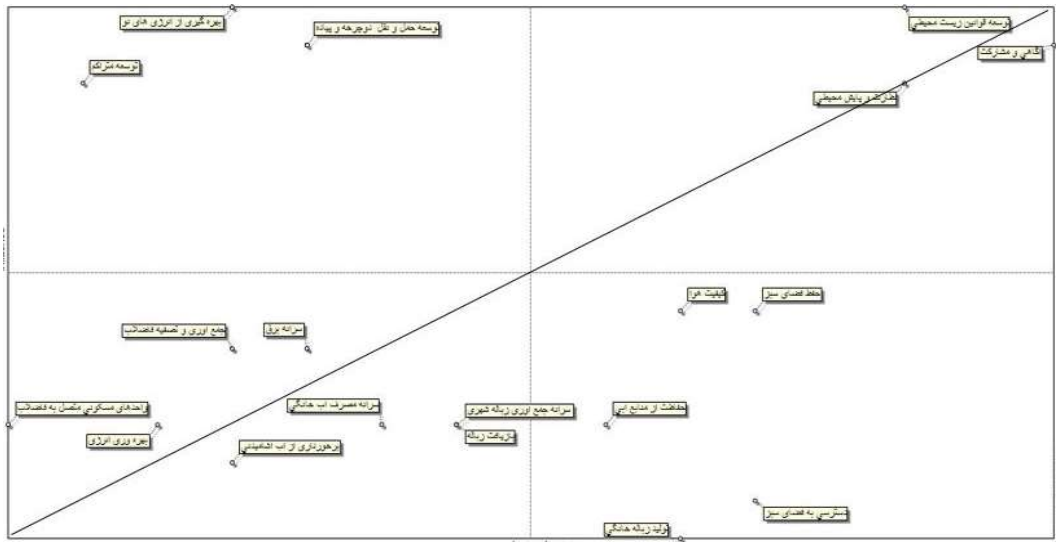
از آنجا که در روش میک مک چهار نوع ماتریس «تأثیرات مستقیم»، «تأثیرات غیرمستقیم»، «تأثیرات مستقیم بالقوه» و «تأثیرات غیرمستقیم بالقوه» برای بررسی وجود دارد. اولین اقدام با شروع از ماتریس تاثیر مستقیم (Matrix of Direct Influence: MDI) انجام شد که فقط شامل روابط کنونی میان متغیرها بود و دربرگیرنده متغیرهای ساختاری سیستم است. سپس ماتریس تأثیرات غیرمستقیم (Matrix of Indirect Influence: MII) متناظر با ماتریس تأثیرات مستقیم با تکرار پی‌درپی (تعداد چرخش‌ها) تقویت شد. دو ماتریس تأثیرات مستقیم بالقوه (Matrix of Potential Direct Influence: MPDI) و تأثیرات غیرمستقیم بالقوه (Matrix of Potential Indirect Influence: MPII) نیز با تخصیص یک مقدار متناظر به مقادیر تعریف‌شده در MDI به‌دست آمد که شامل روابط کنونی و بالقوه و وابستگی بین پیشران‌ها بود. در این مطالعه مقادیر متناظری برای MPDI تعریف نشد و ماتریس اثرات مستقیم و مستقیم بالقوه دارای نتایج یکسان بودند.

پس از تکمیل ساختار تحلیل اثرات متقاطع توسط نرم‌افزار میک مک و شناسایی پیشران‌ها، برای تدوین سناریوهای محتمل پیش روی محیط زیست هوشمند کلانشهر مشهد، از میان پیشران‌های کلیدی، توصیف‌گرها با استفاده از قواعد کدگذاری در روش CIB (Cross-Impact Balance) ماتریس‌بندی شده و در اختیار ۲۰ نفر از خبرگان قرار گرفت و پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، در نهایت برای تحلیل وارد نرم‌افزار سناریو ویزارد شد. مقیاس سنجش در طیف دارای اثر تقویت‌کننده شدید (۳+) تا اثر محدوده‌کننده شدید (۳-) در نظر گرفته شد.

انتخاب توصیف‌گرها در بخش سناریو بر اساس مجموع متغیرهای اثرگذار و متغیرهای ریسک بود.

یافته‌ها

پس از جمع‌آوری نظر خبرگان درباره تأثیر متقابل پیشران‌های محیط زیست هوشمند (جدول ۱)، ماتریس دوبعدی که در آن سطرها نشان‌دهنده تأثیرگذاری پیشران‌ها و ستون‌ها بیانگر تأثیرپذیری پیشران‌ها هستند تکمیل شد (شکل ۱).



شکل ۱) نقشه اثر/وابستگی مستقیم

جدول ۱) اثرگذاری و اثرپذیری شاخص‌ها

ردیف	شاخص	اثرگذاری	اثرپذیری
۱	کیفیت هوا	۳۰	۳۳
۲	سرانه برق مصرفی	۲۹	۲۸
۳	بهره‌گیری از انرژی‌های نو	۳۸	۲۷
۴	بهره‌وری انرژی در ساختمان	۲۷	۲۶
۵	تولید زباله خانگی	۲۴	۳۳
۶	بازیافت زباله	۲۷	۳۰
۷	سرانه جمع‌آوری زباله	۲۷	۳۰
۸	نسبت واحدهای مسکونی متصل به فاضلاب	۲۷	۲۴
۹	برخورداری از آب آشامیدنی	۲۶	۲۷
۱۰	سرانه مصرف آب خانگی	۲۷	۲۹
۱۱	جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب	۲۹	۲۷
۱۲	حفاظت از منابع آبی	۲۷	۳۲
۱۳	حفظ فضای سبز	۳۰	۳۴
۱۴	دسترسی به فضای سبز	۲۵	۳۴
۱۵	ارتقای سطح آگاهی و مشارکت	۳۷	۳۸
۱۶	توسعه قوانین زیست‌محیطی	۳۸	۳۶
۱۷	نظارت و پایش محیطی	۳۶	۳۶
۱۸	توسعه متراکم	۳۶	۲۵
۱۹	توسعه حمل‌ونقل‌محور، دوچرخه و پیاده‌روی	۳۷	۲۸

متغیرهای راهبردی یا دووجهی که به صورت بسیار تأثیرگذار و بسیار تأثیرپذیر عمل می‌کردند در قسمت شمال شرقی نمودار قرار گرفتند. این متغیرها هم قابل دستکاری و هم قابل کنترل بودند و هم بر پویایی و تغییر سیستم تأثیر می‌گذاشتند؛ یعنی شاخص‌های ناپایداری را تشکیل می‌دادند. متغیرهایی که بالای خط قطری این ناحیه قرار گرفتند، متغیرهای ریسک نامیده شدند زیرا ظرفیت تبدیل‌شدن به بازیگران کلیدی را داشته، به سرعت تحت تاثیر تغییرات قرار می‌گرفتند و خیلی سریع این تغییرات را به متغیرهای وابسته منتقل می‌کردند. متغیرهایی که زیر خط قطری این ناحیه قرار گرفتند متغیرهای هدف نامیده شدند که با دستکاری این متغیرها سیستم تغییرات تکاملی را در پیش می‌گرفت.

همانطور که از شکل ۱ بر می‌آید وضعیت شهر مشهد از نظر شاخص‌های محیط زیست هوشمند در وضعیت ناپایداری قرار داشت، به‌طوری که قرارگیری پیشران‌ها به شکل پراکنده بود.

جدول ۲) ویژگی ماتریس اثرات متقابل حاصل از نظرات متخصصان

اثرات متقابل	تعداد سلول	درصد
اثرات تقویت‌کننده قوی	٦	۳/۳۳
اثرات تقویت‌کننده متوسط	۲۷	۱۵
اثرات تقویت‌کننده ضعیف	٤٦	۲۵/٥٦
فاقد اثر متقابل	۷۷	٤۲/۷۸
اثرات محدودکننده قوی	۰	۰
اثرات محدودکننده متوسط	٦	۳/۳۳
اثرات محدودکننده ضعیف	۱۸	۱۰

پس از توزیع و تکمیل پرسش‌نامه‌ها، داده‌ها در نرم‌افزار سناریو ویزارد، تجزیه و تحلیل و ۱۸۰ قضاوت سلولی حاصل شد (جدول ۲). نتایج حالت‌های ممکن هر پیشران براساس وضعیت مطلوب، نیمه‌مطلوب و نامطلوب در جدول ۳ نمایش داده شده است.

در مجموع ۱۱۵ سناریوی ممکن شناسایی شد که ۱۱۳ سناریو ضعیف و ۲ سناریو قوی بود برای سناریوی اول (جدول ۴) مقادیر (A1, B1, C1, D1, E1) و برای سناریوی دوم (جدول ۵) مقادیر (A3, B3, C3, D3, E3) بررسی شد (جدول ۶).

میزان تأثیرگذاری توصیف‌گر "توسعه قوانین زیست‌محیطی" در مقایسه با سایر توصیف‌گرها بیشتر بود. همچنین توصیف‌گر "نظارت و پایش محیطی" به دلیل قرارگیری در نیمه بالایی سیستم، خاصیت اثرگذاری بر سایر توصیف‌گرها را داشت و با توجه به موقعیت آن می‌تواند به‌عنوان توصیف‌گر دووجهی شناسایی گردد. سه توصیف‌گر "بهره‌گیری از انرژی‌های نو"، "حمل‌ونقل عمومی، استفاده از دوچرخه و پیاده‌روی" و "توسعه متراکم شهر" از تأثیرپذیری بالایی برخوردار بودند (شکل ۲).

جدول ۳) حالت‌های ممکن برای هر پیشران

شاخص	حالت‌های ممکن	نوع سناریو	کد
بهره‌گیری از انرژی‌های نو	برنامه‌ریزی هدفمند جهت افزایش مصرف انرژی از منابع تجدیدپذیر مانند نور خورشید، باد و باران، جزر و مد، انرژی زمین گرمایی و به حداقل رساندن استفاده از منابع تجدیدناپذیر	مطلوب	A1
	انجام اقداماتی محدود و بدون برنامه جهت بهره‌گیری از انرژی‌های نو	نیمه‌مطلوب	A2
	عدم توجه به استفاده از منابع تجدیدپذیر و انرژی‌های نو	نامطلوب	A3
حمل‌ونقل عمومی، دوچرخه و پیاده	اقداماتی هدفمند در جهت استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباط پایدار و پیشرفته در حمل‌ونقل به منظور بهبود ترافیک شهری، تقویت حالت‌های حمل‌ونقلی بدون CO_2 (دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی)	مطلوب	B1
	توجه سطحی به استفاده از حمل‌ونقل عمومی، دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی	نیمه‌مطلوب	B2
	بی‌توجهی به حمل‌ونقل عمومی، دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی	نامطلوب	B3
توسعه متراکم	برنامه‌ریزی و بازسازی شهری جهت توسعه متراکم شهر و جلوگیری از گسترش و توسعه فیزیکی	مطلوب	C1
	توسعه متراکم شهر بدون برنامه	نیمه‌مطلوب	C2
	گسترش و توسعه فیزیکی شهر	نامطلوب	C3
توسعه قوانین زیست محیطی	سیر صعودی و توسعه حقوق محیط زیست در روند تدوین و تصویب قوانین برنامه‌ای کشور و لحاظ‌نمودن ملاحظات زیست‌محیطی در برنامه‌های توسعه‌ای در شهر	مطلوب	D1
	توجه به مقوله محیط زیست بدون تقویت پشتوانه‌های قانونی	نیمه‌مطلوب	D2
	عدم توسعه و توجه به قوانین زیست‌محیطی	نامطلوب	D3
نظارت و پایش محیطی	اجرای برنامه‌های کنترل و پایش محیط‌زیست در حوزه انسانی و طبیعی	مطلوب	E1
	اجرای ناقص و مقطعی برنامه‌های کنترل و پایش محیط زیستی	نیمه‌مطلوب	E2
	بی‌توجهی به اجرای برنامه‌های کنترل و پایش محیط‌زیست در حوزه انسانی و طبیعی	نامطلوب	E3

جدول ۴) محاسبه تعادل اثر سناریوی اول

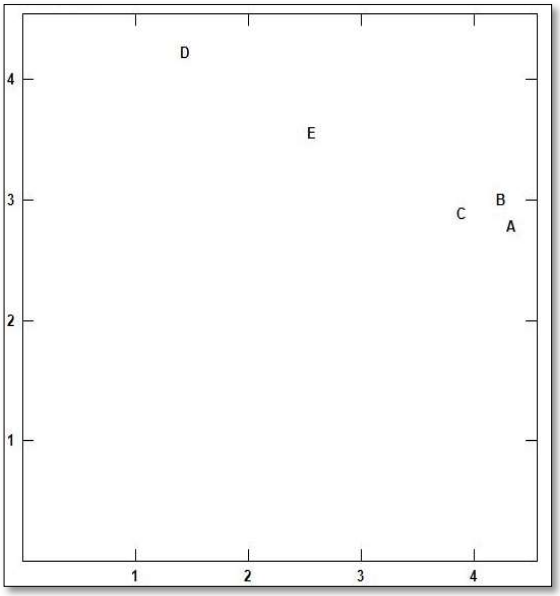
مؤلفه		C1			C2			C3			C4			C5		
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
C1- انرژی های نو	۱- مطلوب				۳	۱	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۲
	۲- نیمه‌مطلوب				۰	۱	۲	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰
	۳- نامطلوب				۱-	۰	۲	۱-	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱
C2- حمل و نقل عمومی	۱- مطلوب	۳	۰	۱-				۳	۰	۱-	۱	۱	۰	۱	۱	۰
	۲- نیمه‌مطلوب	۱	۱	۱				۰	۲	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰
	۳- نامطلوب	۱-	۱-	۲				۲-	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C3- توسعه متراکم	۱- مطلوب	۲	۱	۰	۱-	۱	۳				۱	۰	۰	۱	۲	۰
	۲- نیمه‌مطلوب	۰	۰	۰	۱	۲	۰				۰	۱	۱	۰	۱	۰
	۳- نامطلوب	۱-	۲-	۲	۰	۲	۰				۰	۰	۰	۰	۰	۱
C4- توسعه قوانین	۱- مطلوب	۳	۱	۱-	۲	۰	۱-	۲	۱	۱-				۱	۲	۱-
	۲- نیمه‌مطلوب	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱				۰	۱	۰
	۳- نامطلوب	۲-	۱-	۲	۲-	۰	۲	۲-	۰	۲				۰	۰	۲
C5- نظارت و پایش	۱- مطلوب	۲	۰	۱-	۲	۱	۱-	۳	۱	۱-	۲	۰	۱-			
	۲- نیمه‌مطلوب	۰	۱	۲	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۲	۰	۱			
	۳- نامطلوب	۲-	۰	۱	۰	۲	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰			
تعادل		۱۰	۲	۱-	۳	۱۰	۳-	۳	۱۰	۲-	۳	۵	۱-	۲	۷	۱-

جدول ۵) محاسبه تعادل اثر سناریوی دوم

مؤلفه		C1			C2			C3			C4			C5		
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
C1- انرژی های نو	۱- مطلوب				۳	۱	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۲
	۲- نیمه‌مطلوب				۰	۱	۲	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰
	۳- نامطلوب				۱-	۰	۲	۱-	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱
C2- حمل و نقل عمومی	۱- مطلوب	۳	۰	۱-				۳	۰	۱-	۱	۱	۰	۱	۱	۰
	۲- نیمه‌مطلوب	۱	۱	۱				۰	۲	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰
	۳- نامطلوب	۱-	۱-	۲				۲-	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C3- توسعه متراکم	۱- مطلوب	۲	۱	۰	۱-	۱	۳				۱	۰	۰	۱	۲	۰
	۲- نیمه‌مطلوب	۰	۰	۰	۱	۲	۰				۰	۱	۱	۰	۱	۰
	۳- نامطلوب	۱-	۲-	۲	۰	۲	۰				۰	۰	۰	۰	۰	۱
C4- توسعه قوانین	۱- مطلوب	۳	۱	۱-	۲	۰	۱-	۲	۱	۱-				۱	۲	۱-
	۲- نیمه‌مطلوب	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱				۰	۱	۰
	۳- نامطلوب	۲-	۱-	۲	۲-	۰	۲	۲-	۰	۲				۰	۰	۲
C5- نظارت و پایش	۱- مطلوب	۲	۰	۱-	۲	۱	۱-	۳	۱	۱-	۲	۰	۱-			
	۲- نیمه‌مطلوب	۰	۱	۲	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۲	۰	۱			
	۳- نامطلوب	۲-	۰	۱	۰	۲	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰			
تعادل		۶-	۳-	۷	۵-	۸	۰	۵-	۷	۰	۱-	۱	۱	۰	۱	۳

جدول ۶) سناریوهای محیط زیست هوشمند کلانشهر مشهد

سناریو اول	ارزش سازگاری	سناریو دوم	ارزش سازگاری
A1	۸	**A3**	۱۰
B1	۸	**B3**	۸
C1	۷	**C3**	۷
D1	۳	**D3**	۲
E1	۳	**E3**	۰
ارزش سازگاری کل سناریو	۳	-	۰
مجموع امتیاز اثر متقابل	٤٢	-	٢٦



شکل ۲) سیستم شبکه‌ای توصیف‌گرها (A: بهره‌گیری از انرژی‌های نو؛ B: حمل و نقل عمومی دوچرخه و پیاده‌روی؛ C: توسعه تراکم؛ D: توسعه قوانین زیست‌محیطی؛ E: نظارت و پایش محیطی)

بحث

این مطالعه با شناسایی پیشران‌های مؤثر بر محیط زیست هوشمند کلانشهر مشهد از منظر متخصصان، به بررسی سناریوهای پیش روی این کلانشهر پرداخته است. شاخص "بهره‌گیری از انرژی‌های نو و توسعه قوانین زیست‌محیطی" با امتیاز ۳۸ دارای بیشترین میزان تأثیرگذاری بر سایر شاخص‌ها بود. "ارتقای سطح آگاهی و مشارکت"، "توسعه حمل‌ونقل عمومی، دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی"، "توسعه شهری متراکم" و "نظارت و پایش محیطی" در رتبه‌های بعدی میزان تأثیرگذاری قرار داشتند. همچنین، شاخص‌های "تولید زباله خانگی" با امتیاز ۲۴ و "دسترسی به فضای سبز" با امتیاز ۲۵ دارای کمترین میزان تأثیرگذاری بر سایر شاخص‌های محیط زیست هوشمند بودند. شاخص "ارتقای سطح آگاهی و مشارکت شهروندان" با امتیاز ۳۸ دارای بیشترین تأثیرپذیری از سایر شاخص‌ها و "نسبت واحدهای مسکونی متصل به فاضلاب" با امتیاز ۲۴ دارای کمترین میزان تأثیرپذیری بود. همچنین می‌توان بیان کرد که دو شاخص توسعه قوانین زیست‌محیطی و نظارت و پایش محیطی به عنوان پیشران‌های ریسک در هوشمندسازی محیط زیست شهری مشهد قابل شناسایی است که دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بسیار بالایی بر سایر پیشران‌ها هستند و به همراه پیشران‌های تأثیرگذار به عنوان توصیف‌گرهای سناریوها انتخاب شدند. محمدی شش شاخص برای بررسی مؤلفه محیط زیست هوشمند ارایه می‌دهد، در حالی که، پژوهش حاضر با بررسی منابع داخلی و خارجی، شاخص‌های بیشتری در بعد محیط زیست هوشمند شناسایی کرد [Mohammadi, 2016].

در مقایسه دیگری در تبیین چگونگی هوشمندسازی شهرها، سه مؤلفه مردم، عوامل نهادی و زیرساخت‌ها و سه عامل هوش، نوآوری و یکپارچگی به عنوان عوامل کلیدی در نظر گرفته شده‌اند. پژوهش مذکور نشان داده است که مردم و عوامل نهادی می‌توانند نقش به‌سزایی در هوشمندسازی شهرها ایفا کنند [Moulaei *et al.*, 2016]. یافته‌های پژوهش حاضر، به‌طور مشابهی، نشان داد که ارتقای سطح آگاهی و مشارکت شهروندان به عنوان نیروهای تاثیرگذار در هوشمندسازی محیط زیست کلانشهر مشهد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مهمترین محدودیت‌های این مطالعه، کمبود منابع داخلی و پیشینه موضوع در ایران، عدم وجود سنجه‌هایی برای بررسی هوشمندی محیط زیست شهری در کلانشهرهای ایران متناسب با شرایط محلی و بومی هر شهر، عدم وجود گزارش‌هایی در خصوص اقدامات انجام‌شده در شهرهای ایران به‌ویژه کلانشهرهای آن بود.از جمله پیشنهادات متناسب با یافته‌ها، می‌توان به آگاه‌سازی شهروندان نسبت به محیط زیست توسط مدیران ذیربط، ارایه برنامه‌هایی برای ترویج فرهنگ مشارکت، توجه مدیران شهری و دستگاه‌های اجرایی و سیاست‌گذار به اهمیت محیط زیست و به‌ویژه هوشمندسازی آن در کلانشهر مشهد و بهره‌گیری از تجارب شهرهای پیشگام در دنیا اشاره نمود. همچنین به منظور انجام پژوهش‌های بعدی، پرداختن به بررسی نقش ذی‌نفعان در پروژه هوشمندسازی محیط زیست کلانشهر مشهد پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

از میان ۱۱۵ سناریوی ممکن پیش روی شهر مشهد، تنها دو سناریو با سازگاری قوی وجود دارند. سناریوی اول (سناریوی طلایی) که وضعیت مطلوب توصیف‌گرها را برای محیط زیست هوشمند شهر مشهد متصور می‌شود و سناریوی دوم (سناریوی فاجعه) که وضعیت نامطلوب توصیف‌گرها را نشان می‌دهد. از این میان، توسعه قوانین زیست‌محیطی و نظارت و پایش محیطی بیشترین اثرگذاری را داشتند که بیانگر اهمیت این دو عامل در هوشمندسازی محیط زیست مشهد به منظور افزایش احتمال وقوع سناریو اول و اجتناب از سناریو دوم است.

تشکر و قدردانی: از همکاری کلیه سازمان‌هایی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند به ویژه سازمان آب و فاضلاب مشهد، اداره کل

حفاظت محیط زیست خراسان رضوی و شهرداری مشهد برای ارایه داده‌های مورد نیاز و تکمیل پرسش‌نامه‌ها کمال تشکر را داریم.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: ریحانه علایی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/نگارنده مقدمه (۶۰٪)؛ محمدرحیم رهنما (نویسنده دوم)، روش‌شناس/نگارنده بحث (۲۰٪)؛ محمد اجزاشکوهی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی/تحلیل‌گر آماری (۱۰٪)؛ علی فرقانی (نویسنده چهارم)، پژوهشگر کمکی (۱۰٪)

منابع مالی: این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم و چهارم در گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد است.

منابع

- Al-Hader M, Rodzi A (2009). The smart city infrastructure development and monitoring. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management. 4(2):87-94.
- Anagnostopoulos T, Kolomvatsos K, Anagnostopoulos C, Zaslavsky A, Hadjiefthymiades S (2015). Assessing dynamic models for high priority waste collection in smart cities. Systems and Software. 110:178-192.
- Beatley T, Newman P (2008). Green Urbanism Down Under: Learning from Sustainable Communities in Australia. 1st Edition. Washington DC: Island Press.
- Behtash M, Keinejad MA, Pirbabaei MT, Asgari A (2013). Evaluation and analysis of dimensions and components and components of Tabriz metropolis resiliency. HONAR-HAYE-ZIBA MEMARI-VA-SHAHRSAZI. 18(3):33-42. [Persian]
- Castelli M, Goncalyes I, Trujillo L, Popovic A (2017). An evolutionary system for ozone concentration forecasting. Information Systems Frontiers. 19:1123-1132.
- Corbett J, Mellouli S (2017). Winning the SDG battle in cities: How an integrated information ecosystem can contribute to the achievement of the 2030 sustainable development goals. Information System Journal. 27(4):427-461.
- Giffinger R, Kramar H, Haindl G (2008). The role of rankings in growing city competition. Proceedings of XI EURA Conference; 2008 Oct 9-11; Milan, Italy. Dortmund: European Urban Research Associations.
- Gunderson LH (2000). Ecological resilience- in theory and application. Annual Reviews of Ecology and Systematics. 31:425-439.
- Hatzelhoffer L, Humboldt K, Lobeck M, Wiegandt CC (2012). Smart City in Practice: Converting Innovation Ideas into Reality. Berlin: JOVIS Verlag.
- Herzog AV, Lipman TE, Kammen DM (2001). Renewable energy sources. In: EOLSS, editor. Theory and practices for energy education, training, regulation and standards. Abu Dhabi: EOLSS Publishers Co.
- Hoseini M (2017). Explaining the Green City pattern with scenario approach on the horizon 2026 on Mashhad [dissertation]. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. [Persian]
- Huss W, Honton E (1987). Scenario planning- what style should you use? Long Range Planning. 20(4):21-29.
- Kanchev H, Lu D, Colas F, Lazarov V, Francois B (2011). Energy management and operational planning of a micro-grid with a PV-based active generator for smart grid applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 58(10):4583-4592.
- Karbasi A, Sayadi Ch (2015). Analysis and strategic planning of urban waste in Mashhad city in order to protect the environment. Proceedings of the 6th National Conference on Urban Planning and Management with Emphasis on the Elements of Islamic City; 2014 Nov 12-13; Mashhad, Iran. [Persian]
- Koontz TM, Thomas CW (2006). What do we know and need to know about the environmental outcomes of collaborative management? Public Administration Review. 66(s1):111-121.
- Kristiningrum E, Kusumo H (2021). Indicators of Smart City Using SNI ISO 37122:2019. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1096(1):012013.
- Lemos M, Agrawal A (2006). Environmental Governance. Annual Review of Environment and Resources. 31:297-325.
- Liang S, Xu M, Suh S, Tan RR (2013). Unintended environmental consequences and cobenefits of economic restructuring. Environmental Sciences Technology. 47(22):12894-12902.
- Lindgren M, Bondhold H (2019). Scenario planning: The link between future and strategy. Tatar A, translator. Tehran: Educational and Research Institute of Defense Industry Technology, Science and Defense Future Research Center. [Persian]
- Lowe M, Whitzman C, Badland H, Davern M, Hes D, Aye L, et al (2013). Livable, healthy, sustainable; what are the key indicators for Melbourne neighborhoods? (Research paper 1). Melbourne: Place, Health and Livability Research Program.
- Mahdizadeh W (2016). The level of resilience of Sanandaj city in the environmental dimension. Proceedings of the First International Conference on Urban Economy, 2016 May 18: Tehran, Iran. [Persian].
- Mashhad Municipality (2021). Urban environmental pollutants monitoring in Mashhad (Comprehensive report). Mashhad: Department of Environment. [Persian]
- Martinez Blanco J, Colón J, Gabarrell X, Font X, Sánchez A, Artola A, et al (2010). The use of life cycle assessment for the comparison of bio waste composting at home and full scale. Waste Management. 30(6):983-994.
- Miles A, Zaslavsky A, Browne C (2018). IoT-based decision support system for monitoring and mitigating atmospheric pollution in smart cities. Journal of Decision Systems. 27:56-67.
- Modami M, Hedayati H, Dadkhah A (2016). Water pollution in Iran from urban development perspective. Proceedings of the 1st International Comprehensive Environmental Conference; 2016 Feb 20: Tehran, Iran. Tehran: Iran's Development Conference Center. [Persian]
- Mohammadi Gh (2016). Explaining the smart city model in Mashhad metropolis based on sustainable development [dissertation]. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. [Persian]
- Moulaei MM, Talebian H (2014). Future research of Iran's issues with structural analysis method. Majles and Strategy Quarterly Journal. 86:5-32. [Persian]
- Moulaei MM, Shah Hosseini G, Dabaghchi S (2016). Explanation and analyzing how to make smart cities in the context of the influencing components and key factors. NAQSHEJAHAN. 6(3):75-93. [Persian]
- Mone G (2015). The New Smart Cities. Communications of the ACM. 58(7):20-21.

- Staffans A, Horelli L (2014). Expanded Urban Planning as a vehicle for understanding and shaping smart, Livable Cities. Journal of Community Informatics. 10(3): Unknown pages.
- Sun M, Wang Y, Strbac G, Kang C (2019). Probabilistic Peak Load Estimation in Smart Cities Using Smart Meter Data. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 66(2):1608-1618.
- Thornbush M, Golubchikov O (2021). Smart energy cities: The evolution of the city energy- sustainability nexus. Environmental Development. 39:100626.
- Toosi R, Samiei M, Movahedi M (2017). Infrastructure and necessity of moving towards a smart city considering the activities of Mashhad Municipality. Proceedings of the 1st National Smart City Conference, 2016 May 18: Qom, Iran. [Persian]
- Van Poll R (2011). Approaches and methods for measuring the quality of the city's residential environment. 1st Edition. Rafeiyan M, Molodi J, translators. Tehran: Azarakhsh Publications. [Persian]
- Yazdan Dad H, Sadegh Z (2011). Investigation of landfill leachate treatment methods in Mashhad. Proceedings of the First National Conference on Sustainable Urban Development, 2011 Mar 9: Gilan, Iran. [Persian]
- Moghim S, Garna RK (2019). Counties' classification by environmental resilience. Journal of Environmental Management. 230:345-354.
- Nilssen M (2019). To the smart city and beyond? Developing a typology of smart urban innovation. Technological Forecasting & Social Change. 142:98-104.
- Rahnama MR (2019). Status of environmental issues in the global metropolises' perspective. Political Spatial Planning Journal. 1(3):147-154. [Persian]
- Rybnytska O, Burstein F, Rybin AV, Zaslavsky A (2018). Decision support for optimizing waste management. Journal of Decision Systems. 27:67-78.
- Salehi E, Aghababaei MT, Sarmadi H, Farzad Behtash MR (2011). Considering the environment resiliency by use of cause model. Journal of Environmental Studies. 37(59):99-112. [Persian]
- Shum K, Watanabe C (2017). From compact city to smart city: A sustainability science & synergy perspective. Journal of Environmental Science and Engineering. A6:200-208.
- Silva BN, Khan M, Han K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. Sustainable Cities and Society. 38:697-713.