University of Guilan

Urban Planning Knowledge

ISSN: 2645-5412

Evaluation of Housing Projects Based on Zero Energy Building Indicators (Mehr Pardisan Housing, Qom City)

Saeed Zanganeh Shahraki[1], Mostafa Tavakoli Naghmeh[2], Amin Mahmoudi Azar[3], Habib Mahmoudi Chenari[4*]

1 .Assistant Professor of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
2 .PhD Researcher of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
3 .Researcher of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
4. Assistant Professor and Faculty Member, Environmental Research Institute, Jahad Daneshgahi, Rasht, Iran

Highlights:

One innovative aspect of this research involves utilizing advanced statistical models for interpreting findings and leveraging Geographic Information Systems (GIS) with location-based analyses to provide clear visual comparisons of neighborhoods in the study area.

ARTICLE INFO

UPK, 2026
VOL. 10, Issue 1, PP, 100-117
Received: 15 Dec 2025
Accepted: 05 Jun 2026

Article Type:
Research article

Keywords: zero-carbon housing, t-test, ANOVA, Pardisan, and Qom city

Cite this article:
Zanganeh Shahraki, S., Tavakoli Naghmeh, M., Mahmoudi Azar, A & Mahmoudi Chenari, H (2026). Evaluation of Housing Projects Based on Zero Energy Building Indicators (Mehr Pardisan Housing, Qom City). Urban Plan Knowl, 10(1), 100-117.

DOI:
10.22124/UPK.2026.32547.2107

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Urbanization is widely recognized as one of the most prominent phenomena of the contemporary era, to the extent that the present age is often referred to as the era of urbanization. According to United Nations projections, by 2050, nearly 70% of the world's population will reside in urban areas. The rapid growth of cities has generated major developmental challenges in many countries around the world. Among these challenges, various forms of environmental pollution in urban areas are particularly significant. In this context, it can be argued that the root cause of many urban environmental problems is excessive energy consumption, especially the reliance on non-renewable energy sources. Two major crises currently threaten the future of humanity: the depletion of fossil fuel resources and the environmental degradation caused by the indiscriminate use of these fuels. Buildings account for approximately 40% of primary energy consumption, 70% of electricity consumption, and 36% of greenhouse gas emissions worldwide. The publication of such statistics has encouraged governments, particularly in developed countries, to adopt innovative approaches in the construction sector, among which zero-energy and zero-carbon buildings have emerged as important solutions. In Iran, energy consumption, particularly in the building sector, also presents significant and noteworthy challenges.

Methodology: This research was conducted using a descriptive–analytical approach based on both library and field research methods. To achieve the research objectives, the study was carried out in two stages. In the first stage, which involved a review of the theoretical literature, an effort was made to compile the latest scientific findings, theoretical foundations, indicators, and criteria relevant to the research. In the second stage, field data were collected through a Likert-scale questionnaire and subsequently analyzed using SPSS software.

***Corresponding Author:** h.mahmoodi@acecr.ac.ir

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

University of Guilan

Urban Planning Knowledge

ISSN: 2645-5412

To develop the questionnaire items, eight indicators were considered: reduction of heat exchange, thermal performance of windows, green roofs, carbon dioxide emissions, wind energy utilization, water energy utilization, solar energy utilization, and energy consumption. Following the collection of citizens' opinions regarding these indicators, the data were analyzed in SPSS using a one-sample t-test to assess the current status of the indicators in the study area and an ANOVA test to compare neighborhoods in terms of the selected indicators and variables. In addition, neighborhoods were ranked according to zero-carbon housing indicators using the Analytic Hierarchy Process (AHP).

Results: The results of the ANOVA analysis, conducted to compare neighborhoods in terms of zero-carbon housing indicators, indicate that Neighborhood 1 achieved the most favorable conditions among the studied neighborhoods. Comparisons with the remaining neighborhoods revealed consistently lower performance levels, suggesting that Neighborhood 1 demonstrates the highest degree of compatibility with zero-carbon housing indicators. In contrast, Shahrek Neighborhood exhibited the least favorable performance across the evaluated indicators. The comparative results show that this neighborhood performed significantly worse than the other neighborhoods with respect to the eight selected indicators and therefore represents the weakest area in terms of compatibility with zero-carbon housing criteria.

Discussion: The analysis of the research data was conducted in three stages. The first stage involved a descriptive analysis of respondents' characteristics, while the second focused on a descriptive examination of their responses. In the third stage, inferential statistical analyses were performed. Initially, a one-sample t-test was employed to evaluate the status of the selected indicators. Based on the findings, residential buildings in the Pardisan area of Qom demonstrated relatively favorable conditions in terms of wall thermal capacity, energy consumption, and solar energy utilization. However, with regard to the remaining indicators examined in this study, the buildings did not achieve acceptable levels of compliance with zero-carbon housing standards.

Conclusion: This study was conducted to evaluate the condition of residential buildings and housing units in District 8 of Qom City in terms of their compatibility with zero-carbon housing indicators and criteria. Due to the limited availability of objective data, field data were collected through a questionnaire survey. A one-sample t-test was used to assess the degree of compliance of residential buildings with zero-carbon housing standards. The findings indicated that wall thermal capacity (2.8), energy consumption (9.7), and solar energy utilization (4.9) demonstrated relatively favorable conditions compared with the other indicators examined. Furthermore, the results of the ANOVA analysis comparing neighborhoods in terms of compatibility with zero-carbon housing indicators confirmed the favorable condition of Neighborhood 1 and the unfavorable condition of Shahrek Neighborhood relative to the other twelve neighborhoods within the study area. These findings highlight significant spatial disparities in the implementation of zero-carbon housing principles across the neighborhoods of District 8 of Qom.

ISSN: 2645-5412

ارزیابی پروژه های مسکن بر اساس شاخص‌های ساختمان انرژی صفر (مسکن مهر پردیسان شهر قم)

سعید زنگنه شهرکی [۱]، مصطفی توکلی نغمه [۲]، امین محمودی آذر [۳]، حبیب محمودی چناری* [۴]

۱. استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران ، تهران ، ایران

۲. پژوهشگر دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران ، تهران ، ایران

۳. پژوهشگر جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران ، تهران ، ایران

۴. استادیار و عضو هیات علمی پژوهشکده محیط زیست، جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

نکات برجسته:

از جمله نکاتی که جنبه نوآورانه هم در این پژوهش داشته است استفاده از ظرفیت های مدل های جدید آماری در تبیین یافته ها و نیز استفاده از ظرفیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل های مکان پایه به منظور ارائه دید بصری مطلوب در مقایسه محلات مختلف در محدوده مورد مطالعه است.

اطلاعات مقاله

دانش شهرسازی، ۱۴۰۵

دوره ۱۰، شماره ۱، صفحات ۱۱۷-۱۰۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۵

نوع مقاله:

پژوهشی

کلید واژه‌ها مسکن کربن صفر ، آزمون t ، آنووا ، پردیسان ، شهر قم

ارجاع به این مقاله:

زنگنه شهرکی، سعید، توکلی نغمه، مصطفی، محمودی آذر، امین، محمودی چناری، حبیب. (۱۴۰۵). ارزیابی پروژه های مسکن بر اساس شاخص های ساختمان انرژی صفر (مسکن مهر پردیسان شهر قم)، دانش شهرسازی، ۱۰(۱)، ۱۱۷-۱۰۰.

DOI: 10.22124/upk.2026.32547.2107

چکیده

بیان مسئله: یکی از مفاهیم تقریبا جدید که در ادبیات برنامه ریزی مسکن مطرح شده است ، مفوم مسکن کربن صفر است که بر صرفه جویی در مصرف انرژی و نیز میزان مصرف انرژی تاکید دارد. موضوع مسکن کربن صفر در سال های اخیر مورد توجه پژوهشگران در حوزه مسکن بوده است.

هدف: در این پژوهش که با روش توصیفی – تحلیلی و مبتنی بر روش مطالعات کتابخانه ای و میدانی صورت گرفته است ، هدف بررسی وضعیت محدوده منطقه ۸ شهرداری قم از جهت تناسب با شاخص ها و مولفه های مسکن کربن صفر بوده است

روش: برای این منظور پرسشنامه ای تنظیم و در حجم نمونه ۳۸۶ نفری در محدوده توزیع شده است. در تحلیل یافته ها از آزمون های t تک نمونه ای و آنووا به منظور مقایسه محلات استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج بیانگر این مطلب بود که دراغلب شاخص ها تناسبی مشاهده نمی شود. فقط در سه شاخص ظرفیت حرارتی جداره با مقدار ۸/۲ ،مصرف انرژی با مقدار ۹/۷ و استفاده از انرژی خورشید با مقدار ۴/۹ وضعیت نسبتا مطلوبی داشته است. همچنین نتایج آزمون آنووا به منظور مقایسه محلات مختلف از حیث تناسب با شاخص های مسکن کربن صفر نیز بیانگر وضعیت محله ۱ و وضعیت بد محله شهرک نسبت به سایر محلات دوازده گانه محدوده مورد مطالعه دارد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج علی رغم تفاوت های محسوس میان محلات مختلف بیانگر وضعیت مطلوب از حیث شاخص های مدیریت بهینه انرژی بوده است.

نویسنده مسئول: h.mahmoodi@acecr.ac.ir

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

بیان مسئله

توسعه شتابان شهرنشینی، برجسته‌ترین پدیده کالبدی و اجتماعی عصر حاضر است؛ به‌طوری‌که پیش‌بینی‌های سازمان ملل متحد حاکی از آن است که تا سال ۲۰۵۰، نزدیک به ۷۰ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن خواهند شد (Diaz-Sarachaga, 2019). این رشد سریع، پایداری سکونتگاه‌های انسانی را با چالش‌های عدیده‌ای، به‌ویژه در حوزه آلودگی‌های محیطی روبرو ساخته است (Brunetta & Caldarice & Tollin , 2019). ریشه اصلی این بحران‌های زیست‌محیطی را می‌توان در مصرف مفرط انرژی و وابستگی فزاینده به در این میان، بخش ساختمان به عنوان یکی از مصرف‌کنندگان اصلی انرژی، نقشی محوری در تشدید تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند. مستندات نشان می‌دهد که ساختمان‌ها مسئول حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی اولیه، ۷۰ درصد از مصرف برق و ۳۶ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان هستند. پژوهش‌های اخیر تأکید می‌کنند که برای دستیابی به اهداف توافق‌نامه پاریس، انتقال به سمت ساختمان‌های کربن صفر خالص[1] تا سال ۲۰۵۰ نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است (International Energy Agency [IEA], 2023). این رویکرد جدید، علاوه بر انرژیِ زمان بهره‌برداری، بر کاهش «کربن تجسم‌یافته»[2]در مصالح ساختمانی نیز تمرکز دارد (Hoxha & Shala & Dahiri, 2024).

در پاسخ به این بحران، سیاست‌های سخت‌گیرانه‌ای در سطح بین‌المللی اتخاذ شده است؛ برای نمونه، ایالات متحده طبق مصوبات سال ۲۰۰۷، نقشه راهی را برای صفر کردن مصرف خالص انرژی در تمامی ساختمان‌های تجاری تا سال ۲۰۵۰ ترسیم کرده است. اتحادیه اروپا نیز از سال ۲۰۱۸، الزامات ساختمان‌های با انرژی نزدیک به صفر[3] را برای ابنیه دولتی و عمومی اجرایی نمود (Kheiri, Ghasemi Sichani, & Khodabakhshian, 2016; Amani & Moghaddas Mashhad, 2020). گزارش‌های سال ۲۰۲۴ نشان می‌دهد که بازنگری در دستورالعمل‌های عملکرد انرژی ساختمان (EPBD) در اروپا، اکنون بر گذار از ساختمان‌های «انرژی صفر» به سمت ساختمان‌های «بدون انتشار»[4] متمرکز شده است (European Commission, 2024b).

در ایران، وضعیت مصرف انرژی در بخش خانگی بسیار نگران‌کننده است. سهم بیش از ۴۰ درصدی این بخش در مصرف انرژی کشور، آن را به بزرگ‌ترین مصرف‌کننده تبدیل کرده، به گونه‌ای که شدت مصرف انرژی در ساختمان‌های ایران بیش از ۲.۵ برابر متوسط جهانی است و کشور را در رتبه ۱۱ آلاینده‌ترین کشورهای جهان قرار داده است (Asghari, Ebrahimi Asl, Maleki & Sattari, 2021). با توجه به اینکه ۹۸ درصد انرژی این بخش از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود و سهم ۲۳ درصدی در تولید دی‌اکسید کربن کشور دارد (Jan Zadeh & Zandieh, 2016). ضرورت بازنگری در الگوهای ساخت‌وساز دوچندان می‌شود. اگرچه تدوین مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان گامی در جهت همسویی با استانداردهای جهانی بوده است، اما شکاف میان سیاست‌گذاری و اجرا همچنان باقی است.

شهر قم به عنوان یکی از کلان‌شهرهای مذهبی و استراتژیک با جمعیتی بالغ بر یک میلیون و دویست هزار نفر، با چالش‌های جدی اقلیمی، آلودگی هوا و تقاضای بالای انرژی مواجه است. با توجه به توسعه گسترده پروژه‌های مسکن ملی و مهر در این شهر، بررسی تاب‌آوری و انطباق این سازه‌ها با استانداردهای نوین ضروری است. بر این اساس، پژوهش حاضر در پی پاسخ به این پرسش است که شاخص‌ها و دستورالعمل‌های ساختمان‌های انرژی صفر تا چه میزان در پروژه‌های کلان مسکن شهری قم (به‌طور خاص مسکن مهر پردیسان) لحاظ شده است و اولویت‌های کلیدی برای گذار این مجتمع‌ها به سمت وضعیت انرژی صفر شامل چه مولفه‌هایی می‌گردد؟

مبانی نظری

پایداری یک از مباحث کلی و مهم در عمران شهری است به طوری که بسیاری از نظریات و مدل های ارائه شده به منظور هرچه مطلوب تر کردن زیست شهری ، ریشه در نظریه پایداری دارد. دیدگاه پایداری و به طور مشخص توسعه پایدار که توسط خانم برانت لند مطرح شده است ، به استفاده از منابع زمین با شرط ذخیره و حفظ آن برای نسل های بعدی بشر اشاره دارد. در این زمینه پایداری بیش از پیش در استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر مطرح می باشدچراکه مدت زمانی طولانی صرف جایگزینی آن می شود.در حوزه مسکن و طراحی مسکن نیز با توجه به این مطلب که بخش قابل توجهی از هدر رفت انرژی و عدم پایداری در بهره گیری از انرژی در این بخش است، از زوایای مختلفی به بحث پایداری پرداخته شده است. به‌طوری که مفهوم پایداری در معماری و شهرسازی، طیفی گسترده از الزامات فنی تا ارزش‌های اخلاقی

1. Net Zero Carbon
2. Embodied Carbon
3. nZEB
4. Zero-Emission Buildings

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۱۷-۱۰۰، بهار ۱۴۰۵

را در بر می‌گیرد. در این راستا، هاگان بر تبیین رابطه‌ای متعادل و هم‌زیستانه میان اثر معماری و محیط پیرامون تأکید دارد، در حالی که برخی این مفهوم را در قالب یک مدیریت متعهدانه بر مبنای اصول بوم‌سازگار[1] تعریف می‌کند. از منظر سیستمی، هر جزئی از بنا باید به عنوان بخشی از یک کل بزرگ‌تر در نظر گرفته شود تا پایداری محقق گردد. در ابعاد گسترده‌تر، پایداری التقاطی از ارزش‌های زیباشناختی، محیطی، اجتماعی، سیاسی و اخلاقی انگاشته میگردد. این پیوند میان انسان و طبیعت مشهود است؛ پایداری علم و هنر برقراری ارتباطی مناسب بین محیط انسانی و جهان طبیعت است.

با نگاهی به پژوهش‌های سال‌های اخیر (۲۰۲۵-۲۰۲۲)، مفاهیم کلاسیک پایداری به سمت «کربن‌زدایی مطلق» سوق یافته‌اند. هوشا و همکاران (۲۰۲۴) معتقدند که پایداری در عصر حاضر فراتر از صرفه‌جویی در انرژی، مستلزم مدیریت «کربن تجسم‌یافته» در چرخه حیات مصالح است (Hoxha et al, 2024). همچنین وانگ و زو (۲۰۲۵) بر این باورند که طراحی مسکن کربن‌صفر باید از مدل‌های ایستا به سمت «سیستم‌های انرژی تطبیقی» حرکت کند تا پاسخگوی تغییرات اقلیمی شدید در کلان‌شهرها باشد (Wang & Zuo, 2025).

با توجه به اهمیت دیدگاه پایداری در طراحی ساختمان ها ، برخی از نظریه پردازان اصول و دستورالعمل‌هایی به منظور طراحی پایدار ساختمان‌ها از منظر محیط زیستی ارائه کرده‌اند که در جدول ۱ مطرح شده است.

جدول ۱. اصول طراحی ساختمان از منظر پایداری زیست محیطی

اصل	شرح اصل
حفظ انرژی	ساختمان‌ها می‌توانند به گون ای طراحی شوند تا سطح مناسب از گرما را فراهم کرده ، تهویه پذیر بوده و از گرما و سرما و حرکات هوای طبیعی استفاده کنند.
هم راهی باشرایط آب و هوایی	هر بخش از جهان دارای آب و هوا و اقلیم مشخصی است که هرکدام پتانسیل مختلفی برای استفاده از ویژگی های آب و هوایی برای فراهم کردن مناسب و راحت در داخل و خارج ساختمان است.
به حداقل رساندن مصرف منابع جدید	این اصل از ۲ طریق صورت می پذیرد .ابتدا با به حداقل رساندن استفاده از مواد و منابع تجدیدناپذیر در ساختمان‌های جدی و دوم استفاده مجدد از ساختمان‌ها با به حداقل رساندن مصرف انرژی
توجه به مکان	عمل کرد هر ساختمان تعریف‌کننده شرایط مکانی است که در آن قرار دارد .در حالت ایده‌آل اثر مکان باید به حداقل و بهینه باشد. توپوگرافی، هیدرولوژی، شرایط زمین و اکولوژی همه به‌طور آگاهانه و یا نا آگاهانه تاثیر گذارند
احترام به استفاده کنندگان	استفاده‌کنندگان باید در فرایند تغییر و مدیریت مکان ها مشارکت داده شوند .آن‌ها بر مکانی که در آن قرار دارند، تاثیر گذاشته و از آن تاثیر می‌گیرند
کل گرایی	همه این اصول با یک دیگر راه کارهای قوی و منطقی برای ساخت ساختمان‌ها و مکان‌های پایدار فراهم میکنند

برگرفته از: Avazali Pour & Taghizadeh & Zabihi, 2019

مفهوم ساختمان انرژی صفر در اصل توسط اسبنسن و کور سگارد در دهه ۱۹۷۰ ارائه شد، این بود که ساختمان انرژی صفر میتواند تمام زمستان بدون هیچ منبع انرژی مصنوعی گرم شود. منبع اصلی انرژی خورشیدی است (Esbensen & Korsgaard, 1977). استفاده از انرژی تجدیدپذیر برای دستیابی به ساختمان انرژی صفر بسیار مهم است ساختمان‌های انرژی صفر، ساختمان‌هایی هستند که در طول یک سال خنثی هستند یعنی همان میزان انرژی که از شبکه دریافت می‌کنند به شبکه تحویل می‌دهند. کاملاً مشخص است که آنها نیازی به سوخت‌های فسیلی برای گرمایش و سرمایش تأمین نور و دیگر کاربردهای انرژی ندارند و یا به‌عبارتی دیگر ساختمانی است که بدون تبادل انرژی با شبکه تمامی نیازهای انرژی را خود تأمین می‌کند (Attia, 2018). اهداف پیش‌بینی‌شده ساختمان‌های انرژی صفر برای کاهش مصرف انرژی فسیلی تا حد ممکن استفاده کامل از انرژی تجدیدپذیر اعمال پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی ساختمان و دستیابی به انرژی صفر یا نزدیک به صفر ساختمان‌ها هستند.

آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) ساختمان انرژی صفر را به‌عنوان ساختمانی که از سوخت‌های فسیلی استفاده نمی‌کند، تعریف کرد درحالی‌که ساختمان باید از انرژی خورشیدی و دیگر منابع تجدیدپذیر انرژی کسب کند (Laustsen, 2008). به‌طور کلی ساختمان انرژی صفر شامل دو استراتژی به‌حداقل رساندن تقاضا از طریق معیارهای بهره‌وری انرژی (طراحی غیرفعال) و استفاده از انرژی تجدیدپذیر و فن‌آوری‌های دیگر برای برآورده کردن الزامات انرژی باقی‌مانده (طراحی فعال) (Zhang et al, 2016) هستند. ساختمان صفر انرژی به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شود که مصرف سالانه انرژی آن‌ها صفر و آلاینده‌های کربنی تولید نمی‌کنند. در ساختمان‌های انرژی صفر علاوه بر بهره‌گیری از راهکارهای غیرفعال و حفظ اصول بهینه مصرف انرژی، تمام و یا دست‌کم بخش زیادی از انرژی مورد نیاز ساختمان‌ها در خود بنا از طریق سیستم‌های تعبیه‌شده در آن جهت بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر، تولید می‌شود. به‌طورکلی ساختمان‌های انرژی صفر را به دو دسته تقسیم

1. Construction Ecology

بندی میکنند: ۱. خودکفا ۲. متصل. ساختمان‌های خودکفا نیاز به اتصال به شبکه انرژی خارجی ندارند و تمامی انرژی مورد نیاز بنا از طریق منابع تجدیدپذیر موجود در سایت تأمین می‌شود؛ ولی ساختمان‌های متصل عبارتند از ساختمان‌هایی که در یک دوره زمانی خاص مجموع انرژی دریافتی و تولیدی آنها صفر است. این بدان معنی است که امکان دارد در بعضی زمان‌ها از شبکه خارجی انرژی دریافت کنند (Marszal et al, 2011).

به طور کلی ساختمان‌های انرژی صفر دارای مزایایی هستند. این ساختمان‌ها حداکثر تطابق با طبیعت را دارا هستند دارای تعادل بین مصرف و درخواست انرژی می‌باشند. باعث کاهش تقاضای انرژی نیز می‌شوند. به دلیل استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و به صفر رساندن سوخت فسیلی باعث کاهش چشمگیر در تخریب محیط زیست‌محیطی می‌شوند. این ساختمان‌ها با کاهش ۵۰ درصدی مصرف آب آشامیدنی و نیز کاهش مصرف الکتریکی باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. هم‌چنین مالکان ساختمان دیگر نگران افزایش قیمت‌های انرژی در آینده نیستند. مطابق با هر نوع اقدام و برنامه‌ریزی ساختمان‌های انرژی صفر دارای محدودیت‌هایی نیز هستند که از جمله آن‌ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد؛ هزینه‌های اولیه یک ساختمان انرژی صفر می‌تواند بیشتر از یک ساختمان معمولی مشابه باشد. تعداد کمی از طراحان یا سازندگان مهارت‌ها و تجربه‌های مورد نیاز برای طراحی و ساخت ساختمان‌های انرژی صفر را دارا هستند. قیمت تکنولوژی تجهیزات سلول‌های خورشیدی جدید به‌طور سالیانه ۱۷٪ کاهش پیدا می‌کند این ممکن است ارزش پولی که در انرژی خورشیدی سرمایه‌گذاری شده است را کاهش دهد.

پژوهش‌های اخیر در سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهند که فراتر از مصرف انرژی، مسئله «تاب‌آوری انرژی[1]» در برابر تغییرات اقلیمی شدید به یکی از مباحث اصلی در ساختمان‌های صفر انرژی تبدیل شده است (Wang & Zuo, 2025). همچنین، استفاده از «پوسته‌های هوشمند[2]» که قادر به تنظیم خودکار تبادل حرارتی هستند، به عنوان راهکار کلیدی برای جبران هزینه‌های بالای سلول‌های خورشیدی مطرح شده است (European Commission, 2024a).

پیشینه پژوهش

در زمینه ساختمان‌های با انرژی صفر (Zero Energy Buildings: ZEB / Net Zero Energy Buildings: NZEB) تاکنون پژوهش‌های گسترده‌ای در سطوح مفهومی، سیاست‌گذاری، فنی و ارزیابی عملکرد انجام شده است. در این بخش، مهم‌ترین مطالعات خارجی و داخلی مرتبط با موضوع تحقیق حاضر مرور می‌شود.

یانگ و جیان (Yang & Jian, 2019) در مطالعه‌ای با عنوان «مدل‌سازی انرژی ساختمان‌های شهری و طراحی شهری برای توسعه پایدار محله‌ها» بیان می‌کنند که تحقق محله‌های پایدار مستلزم ارزیابی همزمان عملکرد انرژی ساختمان‌ها در مقیاس خرد و کلان است. آنان تأکید دارند که منابع مورد استفاده در محلات شهری متعلق به نسل‌های آینده نیز بوده و بنابراین طراحی شهری باید با رویکرد بهره‌وری انرژی و کاهش مصرف انجام گیرد.

ولز و همکاران (Wells, Rismanchi & Aye, 2018) در مقاله‌ای مروری درباره ساختمان‌های صفر انرژی خالص در استرالیا، به ابهام مفهومی در تعریف NZEB اشاره کرده‌اند. به اعتقاد آنان، این مفهوم می‌تواند به تعادل تولید و مصرف انرژی، صفر بودن هزینه انرژی، یا صفر بودن خالص انتشار گازهای گلخانه‌ای[3] اطلاق شود. این تنوع تعاریف، ضرورت استانداردسازی شاخص‌های ارزیابی را برجسته می‌سازد.

داگوستین و پارکر (D'Agostino & Parker, 2018) در بررسی وضعیت ساختمان‌های تقریباً صفر انرژی با هزینه بهینه در اروپا نشان می‌دهند که تحقق NZEB در اتحادیه اروپا حاصل ترکیبی از سیاست‌های چندسطحی، استانداردهای سخت‌گیرانه انرژی، پروژه‌های پایلوت، مشوق‌های اقتصادی و برنامه‌های تحقیقاتی ملی است. یافته‌های آنان بیانگر اهمیت همگرایی ابزارهای مقرراتی و اقتصادی در پیشبرد اهداف انرژی صفر است.

در مطالعات جدیدتر، مفهوم «ساختمان انرژی صفر در چرخه عمر[4]» مورد توجه قرار گرفته است که علاوه بر انرژی بهره‌برداری، انرژی نهفته در مصالح و فرآیند ساخت را نیز در ارزیابی لحاظ می‌کند (Pomponi & Moncaster, 2020). این رویکرد برای پروژه‌های مسکن انبوه اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا سهم انرژی نهفته در این پروژه‌ها قابل توجه است.

1. Energy Resilience
2. Smart Envelopes
3. GHG
4. Life-Cycle Net Zero

در سال‌های اخیر، رویکردهای جدیدتری نیز در ارزیابی ساختمان‌های انرژی صفر مطرح شده است. برای مثال، آژانس بین‌المللی انرژی (IEA, 2021) در چارچوب برنامه Energy in Buildings and Communities بر ضرورت یکپارچه‌سازی طراحی غیرفعال، فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی تأکید کرده است. همچنین برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP, 2022) نقش ساختمان‌های با عملکرد کربن صفر را در دستیابی به اهداف توسعه پایدار و توافق پاریس حیاتی دانسته است.

از سوی دیگر، پژوهش‌های ۲۰۲۰ به بعد بر نقش ساختمان‌های انرژی صفر در توسعه مسکن مقرون‌به‌صرفه و اجتماعی نیز تمرکز داشته‌اند. برای نمونه، Attia (2018) نشان می‌دهد که ادغام راهبردهای طراحی غیرفعال، عایق‌کاری پیشرفته و سامانه‌های فتوولتائیک در پروژه‌های مسکن انبوه می‌تواند بدون افزایش چشمگیر هزینه اولیه، در بلندمدت منجر به کاهش هزینه‌های بهره‌برداری شود.

در حوزه مطالعات داخلی، پژوهشگران به بررسی اصول طراحی، امکان‌سنجی و ارزیابی شاخص‌های ساختمان‌های انرژی صفر پرداخته‌اند.

اصغری (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی محله پایدار شهری با ساختمان‌های صفر انرژی در محله ولیعصر تبریز» به تحلیل شاخص‌های مختلف پرداخت و نشان داد که شاخص افزایش زیبایی محیط (۰.۸۵) و کاهش ضایعات مصالح (۰.۸۰) بیشترین امتیاز را کسب کرده‌اند، در حالی که تقلیل هزینه‌ها (۰/۴۰) پایین‌ترین رتبه را داشته است. نتایج پژوهش وی حاکی از رابطه مثبت و معنادار میان توسعه محله پایدار و استفاده از اصول ساختمان انرژی صفر است.

با این حال، در ادبیات داخلی کمتر پژوهشی به ارزیابی پروژه‌های مسکن انبوه دولتی (نظیر مسکن مهر) بر اساس شاخص‌های استاندارد ساختمان انرژی صفر پرداخته است؛ به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک مانند شهر قم که شرایط اقلیمی نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد انرژی ساختمان دارد.

جمع بندی پیشینه پژوهش

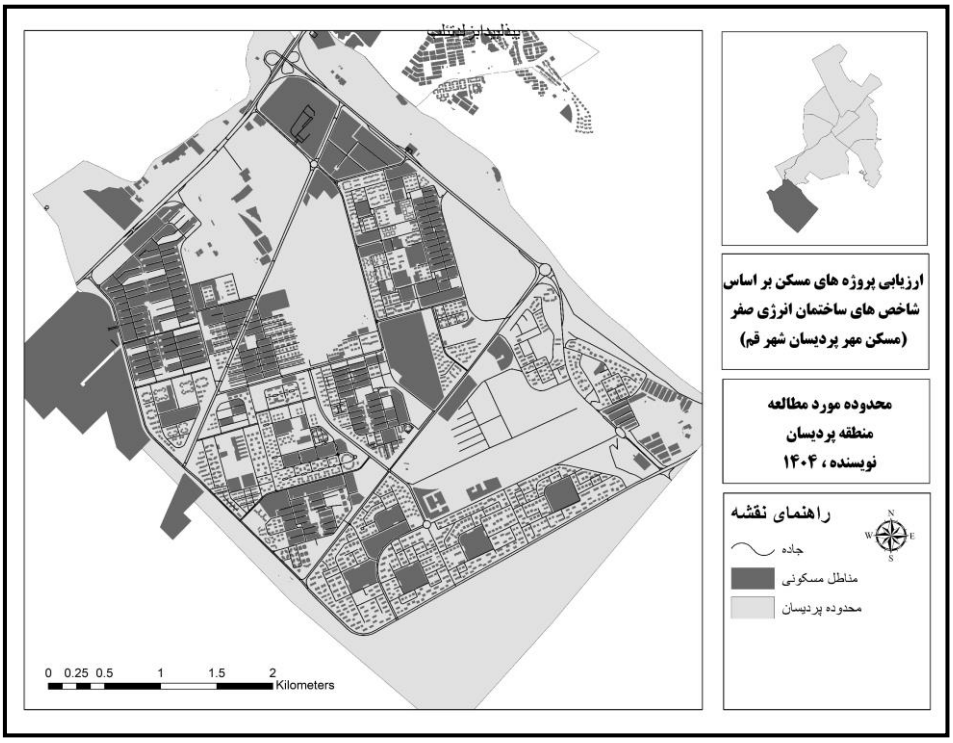
بررسی پیشینه‌های صورت‌گرفته در این پژوهش بیانگر بین اصول و مبانی نظری و دیدگاه‌های اصلی در زمینه ساختمان‌های انرژی صفر بوده است در بخش تحقیقت خارجی بیشتر به تجربیات به دست آمده در اجرای پروژه های مربوط به ساختمان های انرژی صفر اشاره شده است و در بخش پژوهش‌های داخلی ضمن بیان اصول و چارچوب اجرای ساختمان‌های انرژی صفر نسبت به ارزیابی برخی از محلات و مناطق شهری از جهت اصول و الزامات ساختمان‌های انرژی صفر پرداخته شده است. بنابراین به طور کلی مرور پیشینه نشان می‌دهد که در مطالعات خارجی، تمرکز اصلی بر: تبیین مفهومی و استانداردسازی تعریف NZEB، سیاست‌گذاری و چارچوب‌های مقرراتی، تجارب اجرایی و پروژه‌های پایلوت، ارزیابی عملکرد انرژی در مقیاس ساختمان و محله، توجه به چرخه عمر و کربن نهفته بوده است. در پژوهش‌های داخلی نیز بیشتر به: تبیین اصول نظری ساختمان انرژی صفر، امکان‌سنجی راهکارهای فنی ، ارزیابی برخی محلات منتخب پرداخته شده است. با این حال، خلأ پژوهشی قابل توجهی در زمینه ارزیابی پروژه‌های مسکن انبوه اجراشده (مانند مسکن مهر) بر اساس شاخص‌های کمی و استاندارد ساختمان انرژی صفر وجود دارد؛ به‌ویژه در شرایط اقلیمی خاص شهر قم. همچنین پیوند میان سیاست‌های تأمین مسکن اجتماعی و الزامات ساختمان انرژی صفر کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، پژوهش حاضر با تمرکز بر «ارزیابی پروژه‌های مسکن مهر پردیسان قم بر اساس شاخص‌های ساختمان انرژی صفر» درصدد است این شکاف را پوشش داده و چارچوبی تحلیلی برای سنجش انطباق پروژه‌های مسکن انبوه با معیارهای NZEB ارائه دهد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر به روش توصیفی – تحلیلی و با تکیه بر منابع کتابخانه‌ای و تکنیک‌های روش میدانی صورت گرفته است. بر این منظور و تامین اهداف آن پژوهش حاضر در دو بخش انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی منطقه ۸ (پردیسان قم) –که به عنوان محل احداث واحدهای مسکن مهر و ملی شهر قم شناخته می‌شود، از جهت رعایت و مطابقت با شاخص های مسکن انرژی صفر در راستای صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. برای این منظور مطالعات این پژوهش در ۳ فاز انجام شده است. در بخش اول که شامل مرور ادبیات نظری است سعی گردیده که با بررسی جدیدترین یافته های علمی ، مبانی نظری و شاخص ها و معیار های انجام پژوهش گردآوری و تدوین گردد و در بخش دوم با عنایت به ذینفع بودن مردم و ساکنان این محدوده با تنظیم پرسشنامه ای در طیف لیکرت داده های میدانی مرتبط با شاخص ها و معیارهای مسکن انرژی صفر گردآوری و در نرم‌افزار SPSS کدگذاری شده است. در بخش سوم داده های جمع آوری دشه در نرم افزار های SPSS و GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در تحلیل داده‌های این بخش از آزمون های t تک نمونه‌ای برای بررسی وضعیت موجود واحدهای احداث شده از جهت سازگاری با شاخص‌های مسکن انرژی صفر از نظر شهروندان استفاده شده است. همچنین از آزمون Annova نیز برای مقایسه پاسخ‌های دریافت شده در محلات مختلف محدوده مورد مطالعه به منظور مقایسه میزان

رضایت عمومی شهروندان استفاده شده است. همچنین در در این گام و در ادامه نیز به منظور ارائه دیدی فضایی بهتر یافته های بخش های قبل با کمک مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نیز قابلیت‌های نرم‌افزار GIS ادغام شده است که به نوعی نوآوری این پژوهش نیز بوده است و در آن محلات مختلف محدوده مورد مطالعه از حیث شاخص‌های مسکن انرژی صفر رتبه‌بندی نیز شده‌اند و به مخاطبان ارائه شده است.

پردیسان یک شهرک مسکونی بزرگ در استان قم و حاشیه شهر قم و به عنوان منطقه هشتم شهرداری قم است که در جنوب غربی مادرشهر قم قرار دارد. این شهرک یا همان شهر جدید، در حال حاضر حدود ۳۰۰ هزار نفر جمعیت دارد کار طراحی و ساخت این شهرک در سال ۷۵–۱۳۷۴ آغاز گردید و در سال ۱۳۷۷ توسط وزارت مسکن و شهرسازی تأسیس شد. شهرک پردیسان در سال ۱۳۹۰ به یکی از مناطق هشت‌گانه شهرداری قم تبدیل شد. منطقه ۸ شهرداری قم (پردیسان) در تاریخ ۳۰ بهمن‌ماه سال ۷۵ به عنوان محدوده خدمات شهری شهر قم اضافه شد.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه پژوهش

معرفی شاخص ها و معیارهای پژوهش

به منظور انجام پژوهش در قالب عملیات میدانی نیاز به تنظیم پرسشنامه‌ای بر مبنای شاخص‌ها و معیارهایی بوده است که در این بخش به معرفی شاخص‌ها و معیارها در قالب جدول ۲ پرداخته شده استیش از این عمل تیم پژوهش با مراجعه به محدوده مورد مطالعه نسبت به گرفتن تصاویری از برخی از پروژه های مسکن در شهر قم اقدام کرده است که در تصاویر ۲ و ۳ نمونه‌هایی از آنها قابل مشاهده است. همچنین جدول ۲، شاخص‌ها و معیارهای پژوهش را نشان می‌دهد.

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۱۷-۱۰۰، بهار ۱۴۰۵

جدول ۲. معرفی شاخص‌ها و معیارهای پژوهش

ردیف	شاخص	معیار	ردیف	شاخص	معیار
۱	شاخص کاهش تبادل حرارت	پنجره دو جداره	۱۸	انرژی باد	بادگیر بادشکن
۲		عایق حرارتی	۱۹		گلخانه برای تصفیه هوا
۳		مصالح مناسب اقلیم	۲۰		دودکش خورشیدی
۴		مصالح هوشمند	۲۱	انرژی آب	ذخیره باران
۵		دیوار قابل گذر نور	۲۲		تصفیه آب خاکستری
۶		رنگ مناسب مصالح	۲۳		سیستم آب شیرین کن
۷		تکنیکهای کاهش نفوذ هوا	۲۴	استفاده از انرژی خورشید	تناسب ساختمان از جهت نور گیری
۸		عایق حرارت و رطوبت	۲۵		آبگرمکن خورشیدی
۹	ظرفیت حرارتی جداره ها	ضخامت و ارتفاع مناسب	۲۶		سرمایش خورشیدی
۱۰		زیرزمین وظرفیت حرارتی خاک	۲۷		سیستم خورشیدی فوتوولتائیک
۱۱		مصالح با ظرفیت بالای حرارتی	۲۸		سلول خورشیدی در پنجره
۱۲		مصالح فلزی برای بازتاب نور	۲۹		ایوان و سایه بان
۱۳	بام سبز	بام سبز	۳۰		کف سازی مناسب برای ذخیره انرژی
۱۴		گلخانه برای تلطیف هوا	۳۱	مصرف انرژی	تناسب ابعادساختمان
۱۵		مصالح قابل بازیافت	۳۲		قابلیت ذخیره انرژی
۱۶	کربن دی اکسید	تولید برق سبز	۳۳		تکنیکهای تلطیف هوا روف گاردن
۱۷		co2 سیستم هشدار	۳۴		سیستم مدیریت انرژی

شکل ۲. مواردی از پروژه های مسکن در شهر قم (پردیسان)

شکل ۳. مواردی از پروژه های مسکن در شهر قم (پردیسان)

یافته‌ها و بحث

به منظور انجام این بخش از پژوهش که در واقع یکی از بخش‌های مهم است، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی مورد کدگذاری در نرم‌افزار SPSS قرار گرفته و پس از آن تجزیه و تحلیل مورد توجه بوده است. تحلیل‌هایی که در این بخش بر روی داده‌های جمع‌آوری شده از طریق پرسشنامه انجام شده است شامل تحلیل و آزمون T تک نمونه‌ای و آزمون آنووا بوده است. همچنین با توجه به ماهیت مکانی موضوع پژوهش در این بخش با استفاده از ظرفیت‌های نرم‌افزار GIS نقشه‌ای که معرف مقایسه محلات مختلف محدوده مورد مطالعه است به نمایش درآمده است. بنابراین به منظور بررسی و تحلیل یافته‌های پژوهش در ابتدای این بخش نسبت به معرفی ویژگی‌های توصیفی پاسخ‌گویان پرداخته شده است. در این زمینه پاسخ‌گویان از منظر شاخص‌هایی نظیر جنسیت، تحصیلات، سابقه سکونت و محل سکونت در محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در ادامه به آن اشاره شده است.

بر اساس مطالب مندرج در جدول ۳ و نیز بر مبنای شاخص جنسیت از میان حجم نمونه مورد بررسی ۳۸۶ نفری ، تعداد ۲۱۱ نفر معادل ۵۷/۳ درصد آقا و ۱۶۵ نفر معادل۴۲/۷ درصد خانم بوده اند. که از نظر تحصیلات و سطح سواد تعداد ۱۶۳ نفر دیپلم و پایین تر، ۱۲۰ نفر دارای مدرک تحصیلی کارشناسی، ۶۶ نفر دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و ۳۷ نفر دارای مدرک تحصیلی دکتری یا معادل آن بوده‌اند. همچنین از منظر سابقه سکونت در منطقه نیز در میان ۳۸۶ نفر حجم نمونه مورد بررسی ۱۵۴ نفر مدت زیر ۵ سال، ۱۳۸ نفر مدت ۵ تا ۱۰ سال، ۷۰ نفر مدت ۱۰ تا ۱۵ سال، ۲۴ نفر هم بالای ۱۵ سال در محدوده زندگی می‌کنند (جدول ۳).

جدول ۳. ویژگی‌های توصیفی پاسخ گویان

جنسیت					
فراوانی	درصد	درصد مورد تایید	درصد تجمعی		
۵۷.۳	۵۷.۳	۵۷.۳	۲۲۱	آقا	متغیر
۱۰۰.۰	۴۲.۷	۴۲.۷	۱۶۵	خانم	
	۱۰۰.۰	۱۰۰.۰	۳۸۶	کل	
تحصیلات					
فراوانی	درصد	درصد مورد تایید	درصد تجمعی		
۴۲.۲	۴۲.۲	۴۲.۲	۱۶۳	دیپلم	متغیر
۷۳.۳	۳۱.۱	۳۱.۱	۱۲۰	کارشناسی	
۹۰.۴	۱۷.۱	۱۷.۱	۶۶	کارشناسی ارشد	
۱۰۰.۰	۹.۶	۹.۶	۳۷	دکتری و بالاتر	
	۱۰۰.۰	۱۰۰.۰	۳۸۶	کل	
سکونت					
فراوانی	درصد	درصد مورد تایید	درصد تجمعی		
۳۹.۹	۳۹.۹	۳۹.۹	۱۵۴	زیر ۵ سال	متغیر
۷۵.۶	۳۵.۸	۳۵.۸	۱۳۸	۵ تا۱۰ سال	
۹۳.۸	۱۸.۱	۱۸.۱	۷۰	۱۰ تا ۱۵ سال	
۱۰۰.۰	۶.۲	۶.۲	۲۴	بالای ۱۵ سال	
	۱۰۰.۰	۱۰۰.۰	۳۸۶	کل	

آمار توصیفی معیارهای پژوهش

در ادامه انجام مراحل پژوهش بر مبنای شاخص‌های هشت‌گانه و معیارهای ۳۴گانه، در این بخش نسبت به ارائه یافته‌های پژوهش در بخش معیارهای پژوهش از جهت شاخص های آمار توصیفی شامل توزیع فراوانی پاسخ‌ها در طیف لیکرت، میانگین پاسخ‌ها ، انحراف معیار پاسخ‌ها ، واریانس پاسخ‌ها و معیار کای اسکوئر به منظور بیان معنی‌داری پاسخ‌ها اقدام شده است که خروجی این بخش در قالب جداول زیر آمده است:

جدول ۴. فراوانی پاسخ ها در شاخص ها و متغیرهای پژوهش

ردیف	شاخص	متغیر	خیلی خوب	خوب	مت وسط	بد	خیلی بد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	خی دو	Sig
۱	کاهش تبادل حرارت	پنجره دو جداره	۱۵۰	۱۰۸	۵۸	۳۹	۳۱	۲.۲۰۴۷	۱.۲۷۵۹۸	۱.۶۲۸	a۱۳۲.۲۶۴	۰.۰۰۰
۲		عایق حرارتی	۶۴	۶۳	۶۰	۱۰۱	۹۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۳		مصالح مناسب اقلیم	۱۵۰	۱۰۸	۵۸	۳۹	۳۱	۲.۲۰۴۷	۱.۲۷۵۹۸	۱.۶۲۸	a۱۳۲.۲۶۴	۰.۰۰۰
۴		مصالح هوشمند	۶۰	۶۵	۸۲	۹۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۵		دیوار قابل گذر نور	۶۷	۶۲	۶۰	۱۲۱	۸۰	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۶		رنگ مناسب مصالح	۱۵۴	۹۸	۴۴	۴۶	۴۴	۲.۲۹۵۳	۱.۳۹۰۴۴	۱.۹۳۳	a۱۲۳.۱۷۱	۰.۰۰۰
۷		تکنیکهای کاهش نفوذ هوا	۵۰	۴۵	۵۶	۱۳۹	۹۶	۳.۴۸۱۹	۱.۳۲۷۴۱	۱.۷۶۲	a۸۲.۸۸۶	۰.۰۰۰
۸		عایق حرارت و رطوبت	۱۵۰	۹۸	۴۸	۴۲	۴۸	۲.۲۹۵۳	۱.۳۹۰۴۴	۱.۹۳۳	a۱۲۳.۱۷۱	۰.۰۰۰
۱	ظرفیت حرارتی جداره	ضخامت و ارتفاع مناسب	۱۲۵	۱۲۳	۴۹	۴۶	۴۳	۲.۳۷۵۶	۱.۳۳۹۲۵	۱.۷۹۴	a۹۴.۸۲۹	۰.۰۰۰
۲		زیرزمین و ظرفیت حرارتی خاک	۵۰	۴۵	۵۴	۱۳۹	۹۶	۳.۴۸۱۹	۱.۳۲۷۴۱	۱.۷۶۲	a۸۲.۸۸۶	۰.۰۰۰
۳		مصالح با ظرفیت بالای حرارتی	۲۲	۲۵	۸۴	۱۵۷	۹۸	۳.۷۳۵۸	۱.۰۸۴۷۸	۱.۱۷۷	a۱۶۳.۴۵۶	۰.۰۰۰

ردیف	شاخص	متغیر	خیلی خوب	خوب	مت وسط	بد	خیلی بد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	خی دو	Sig
۴		مصالح فلزی برای بازتاب نور	۲۲	۲۵	۸۴	۱۵۷	۹۸	۳.۷۳۵۸	۱.۰۸۴۷۸	۱.۱۷۷	a۱۶۳.۴۵۶	۰.۰۰۰
۱	مصرف انرژی	تناسب.ابعادساختمان	۱۲۵	۱۲۳	۴۹	۴۶	۴۳	۲.۳۷۵۶	۱.۳۳۹۲۵	۱.۷۹۴	a۹۴.۸۲۹	۰.۰۰۰
۲		قابلیت ذخیره انرژی	۲۲	۲۵	۸۴	۱۵۷	۹۸	۳.۷۳۵۸	۱.۰۸۴۷۸	۱.۱۷۷	a۱۶۳.۴۵۶	۰.۰۰۰
۳		تکنیکهای تلطیف هوا روف گاردن	۲۲	۲۵	۸۴	۱۵۷	۹۸	۳.۷۳۵۸	۱.۰۸۴۷۸	۱.۱۷۷	a۱۶۳.۴۵۶	۰.۰۰۰
۴		سیستم مدیریت انرژی	۲۲	۲۵	۸۴	۱۵۷	۹۸	۳.۷۳۵۸	۱.۰۸۴۷۸	۱.۱۷۷	a۱۶۳.۴۵۶	۰.۰۰۰
۱	استفاده از انرژی خورشیدی	تناسب ساختمان از جهت نور گیری	۱۲۵	۱۲۳	۴۹	۴۶	۴۳	۲.۳۷۵۶	۱.۳۳۹۲۵	۱.۷۹۴	a۹۴.۸۲۹	۰.۰۰۰
۲		آبگرمکن خورشیدی	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۳		سرمایش خورشیدی	۴۶	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۴		سیستم خورشیدی فوتوولتائیک	۴۵	۴۸	۶۳	۱۱۷	۱۱۳	۳.۵۳۱۱	۱.۳۳۶۹۲	۱.۷۸۷	a۶۴.۲۰۷	۰.۰۰۰
۵		سلول خورشیدی در پنجره	۵۶	۵۲	۵۷	۱۲۴	۹۷	۳.۳۹۹۰	۱.۳۷۳۷۴	۱.۸۸۷	a۵۲.۷۸۲	۰.۰۰۰
۶		ایوان.و.سایه.بان	۶۳	۴۳	۵۲	۱۱۵	۱۱۳	۳.۴۴۵۶	۱.۴۲۸۲۵	۲.۰۴۰	a۶۱.۰۹۸	۰.۰۰۰
۷		کف سازی مناسب برای ذخیره انرژی	۳۹	۴۷	۷۳	۱۱۷	۱۱۰	۳.۵۴۹۲	۱.۲۹۲۹۰	۱.۶۷۲	a۶۵.۳۹۹	۰.۰۰۰
۱	انرژی باران	ذخیره باران	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۲		تصفیه آب خاکستری	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۳		سیستم آب شیرین‌کن	۱۲۵	۱۲۳	۴۹	۴۶	۴۳	۲.۳۷۵۶	۱.۳۳۹۲۵	۱.۷۹۴	a۹۴.۸۲۹	۰.۰۰۰
۱	انرژی باد	بادگیر بادشکن	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۲		گلخانه برای تصفیه هوا	۱۲۵	۱۲۳	۴۹	۴۶	۴۳	۲.۳۷۵۶	۱.۳۳۹۲۵	۱.۷۹۴	a۹۴.۸۲۹	۰.۰۰۰
۳		دودکش.خورشیدی	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۱	اکسید کربن	تولید برق سبز	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۲		سیستم هشدار co2	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۱	بام سبز	بام.سبز	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰
۲		گلخانه برای تلطیف هوا	۱۲۵	۱۲۳	۴۹	۴۶	۴۳	۲.۳۷۵۶	۱.۳۳۹۲۵	۱.۷۹۴	a۹۴.۸۲۹	۰.۰۰۰
۳		مصالح قابل بازیافت	۶۴	۶۱	۶۲	۱۱۱	۸۸	۳.۲۵۳۹	۱.۴۰۰۴۸	۱.۹۶۱	a۲۴.۹۵۹	۰.۰۰۰

در جدول فوق که مشتمل بر آماری توضیفی پاسخ دریافت شده از پرسشنامه پژوهش است، تعداد ۸ عنوان شاخص که عبارت است از کاهش تبادل حرارتی، ظرفیت حرارتی جداره‌ها، بام سبز، میزان انتشار کربن دی اکسید، استفاده از انرژی باد، استفاده از انرژی آب، استفاده از انرژی خورشید و کاهش مصرف انرژی به همراه متغیرهای مربوط به هر شاخص آمده است. در هر بخش محاسبات مربوط به فراوانی پاسخ‌ها ، میانگین پاسخ‌ها ، انحراف معیار، واریانس و میزان ضریب کای اسکوئر (خی دو) به منظور سنجش معنی داری پاسخ‌ها محاسبه شده است. با عنایت به ضریب sig که در ستون آخر برای هر متغیر محاسبه شده است می‌توان استنباط کرد که پاسخ‌های دریافت‌شده در این بخش معنی‌دار بوده است.

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۱۷-۱۰۰، بهار ۱۴۰۵

آزمون t تک نمونه‌ای

یکی از آزمون‌های مورد استفاده در این پژوهش آزمون T بوده است. فلسفه استفاده از این آزمون به منظور بررسی وضعیت و رضایت‌مندی ساکنان محدوده مورد مطالعه از رعایت و تناسب ساختمان‌های مسکونی محدوده از منظر رعایت استانداردهای ساختمان‌های انرژی صفر یا رعایت مجموعه دستورالعمل‌های مبحث ۱۹ در مقررات و قوانین احداث ساختمان بوده است که خروجی آن در قالب جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. خروجی آزمون t تک نمونه ای

	Test Value = 3					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
کاهش تبادل حرارت	−۵.۴۱۸	۳۸۵	۰.۰۰۰	−۰.۲۱۹۵۶	−۰.۲۹۹۲	−۰.۱۳۹۹
ظرفیت حرارتی جداره	۸.۲۳۰	۳۸۵	۰.۰۰۰	۰.۳۳۲۲۵	۰.۲۵۲۹	۰.۴۱۱۶
مصرف انرژی	۹.۷۱۲	۳۸۵	۰.۰۰۰	۰.۳۹۵۷۳	۰.۳۱۵۶	۰.۴۷۵۸
استفاده از انرژی خورشید	۴.۹۰۳	۳۸۵	۰.۰۰۰	۰.۲۵۸۳۳	۰.۱۵۴۷	۰.۳۶۱۹
انرژی آب	−۰.۷۵۱	۳۸۵	۰.۰۴۳	۰.۰۳۸۸۶	−۰.۱۴۰۶	۰.۰۶۲۹
انرژی باد	−۰.۷۵۱	۳۸۵	۰.۰۴۳	−۰.۰۳۸۸۶	−۰.۱۴۰۶	۰.۰۶۲۹
اکسید کربن	−۳.۵۶۲	۳۸۵	۰.۰۰۰	−۰.۱۷۳۸۹	−۰.۱۱۳۷	۰.۰۹۴۰
بام سبز و بیوفیلیک	−۰.۷۵۱	۳۸۵	۰.۴۵۳	−۰.۰۳۸۸۶	−۰.۱۴۰۶	۰.۰۶۲۹

بر مبنای یافته‌های فوق مشخص می‌شود که در مجموع ساختمان‌های مسکونی در محدوده پردیسان قم، از منظر شاخص‌های ظرفیت حرارتی جداره‌ها، مصرف انرژی و استفاده از انرژی خورشید وضعیت خوب داشته است و از منظر سایر شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش وضعیت قابل قبولی ندارند.

آزمون Annova

یکی دیگر از آزمون‌هایی که مورد استفاده در این پژوهش بوده است آزمون Annova است. هدف از این آزمون مقایسه محلات مختلف محدوده پردیسان از منظر شاخص‌های مختلف ساختمان انرژی صفر است بر این منظور یافته‌های این بخش با توجه به دو فاکتور مورد سنجش قرار می‌گیرد یکی مقایسه هر محله از منظر شاخص‌های هشت‌گانه با دیگر محلات و معنی‌داری آن که با علامت ستاره برای هر شاخص مشخص شده است و دوم میزان برتری هر محله نسب به سایر محلات دیگر که با علامت مثبت و منفی مشخص شده است.

جدول ۶ خروجی آزمون Annova

محله	اختلاف میانگین	محله	محله	اختلاف میانگین	محله	محله	اختلاف میانگین	محله	محله	اختلاف میانگین	محله
پردیسان	-.10662*	محله ۷	پردیسان	-.21415*	محله ۴	پردیسان	-.38235*	محله ۱	شهرک	.01654*	شهر پردیسان
شهرک	-.09007		شهرک	-.19761*		شهرک	-.36581*		دانشگاه	-.10846*	
دانشگاه	-.21507*		دانشگاه	-.32261*		دانشگاه	-.49081*		محله ۱	.38235*	
محله ۱	.27574*		محله ۱	.16820*		محله ۲	-.17923*		محله ۲	.20313*	
محله ۲	.09651*		محله ۲	-.01103*		محله ۳	-.32445*		محله ۳	.05790*	
محله ۳	-.04871*		محله ۳	-.15625*		محله ۴	-.16820*		محله ۴	.21415*	
محله ۴	.10754*		محله ۵	-.25919*		محله ۵	-.42739*		محله ۵	-.04504*	
محله ۵	-.15165*		محله ۶	.06342*		محله ۶	-.10478*		محله ۶	.27757*	
محله ۶	.17096*		محله ۷	-.10754*		محله ۷	-.27574*		محله ۷	.10662*	
محله ۸	.09782*		محله ۸	-.00972*		محله ۸	-.17792*		محله ۸	.20443*	
محله ۹	.08088*		محله ۹	-.02665*		محله ۹	-.19485*		محله ۹	.18750*	
پردیسان	-.20443*	محله ۸	پردیسان	.04504*	محله ۵	پردیسان	-.20313*	محله ۲	پردیسان	-.01654*	شهرک پردیسان
شهرک	-.18789*		شهرک	.06158*		شهرک	-.18658*		دانشگاه	-.12500*	
دانشگاه	-.31289*		دانشگاه	-.06342*		دانشگاه	-.31158*		محله ۱	.36581*	
محله ۱	.17792*		محله ۱	.42739*		محله ۱	.17923*		محله ۲	.18658*	
محله ۲	-.00131*		محله ۲	.24816*		محله ۳	-.14522*		محله ۳	.04136*	
محله ۳	-.14653*		محله ۳	.10294*		محله ۴	.01103*		محله ۴	.19761*	
محله ۴	.00972*		محله ۴	.25919*		محله ۵	-.24816*		محله ۵	-.06158*	
محله ۵	-.24947*		محله ۶	.32261*		محله ۶	.07445*		محله ۶	.26103*	
محله ۶	.07314*		محله ۷	.15165*		محله ۷	-.09651*		محله ۷	.09007*	
محله ۷	-.09782*		محله ۸	.24947*		محله ۸	.00131*		محله ۸	.18789*	
محله ۹	-.01693*		محله ۹	.23254*		محله ۹	-.01563*		محله ۹	.17096*	
پردیسان	-.18750*	محله ۹	پردیسان	-.27757*	محله ۶	پردیسان	-.05790*	محله ۳	پردیسان	.10846*	شهرک دانشگاه
شهرک	-.17096*		شهرک	-.26103*		شهرک	-.04136*		شهرک	.12500*	
دانشگاه	-.29596*		دانشگاه	-.38603*		دانشگاه	-.16636*		محله ۱	.49081*	
محله ۱	.19485*		محله ۱	.10478*		محله ۱	.32445*		محله ۲	.31158*	
محله ۲	.01563*		محله ۲	-.07445*		محله ۲	.14522*		محله ۳	.16636*	
محله ۳	-.12960*		محله ۳	-.21967*		محله ۴	.15625*		محله ۴	.32261*	
محله ۴	.02665*		محله ۴	-.06342*		محله ۵	-.10294*		محله ۵	.06342*	
محله ۵	-.23254*		محله ۵	-.32261*		محله ۶	.21967*		محله ۶	.38603*	
محله ۶	.09007*		محله ۷	-.17096*		محله ۷	.04871*		محله ۷	.21507*	
محله ۷	-.08088*		محله ۸	-.07314*		محله ۸	.14653*		محله ۸	.31289*	
محله ۸	.01693*		محله ۹	-.09007*		محله ۹	.12960*		محله ۹	.29596*	

بر مبنای مندرجات جدول فوق با عنایت به این مطلب که سایر محلات نسبت به محله شماره ۱ از حیث مثبت و منفی بودن، همگی منفی هستند، به این مفهوم است که وضعیت به‌مراتب بدتری نسبت به محله ۱ داشته‌اند و بنابراین این محله (محله شماره ۱) به‌عنوان بهترین محله محدوده مورد مطالعه از منظر تناسب ساختمان‌های آن با شاخص‌های مسکن انرژی صفر است. همچنین محله شهرک نیز با توجه به این مطلب که سایر محلات از حیث مثبت و منفی بودن، مثبت هستند به این مفهوم است که این محله (محله شهرک) نسبت به شاخص‌های هشت‌گانه مطرح شده وضعیت به‌مراتب بدتری نسبت به سایر محلات داشته و بنابراین بدترین محله از این منظر است.

دانش شهرسازی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۱۱۷-۱۰۰، بهار ۱۴۰۵

رتبه‌بندی محلات منطقه بر مبنای میزان تناسب ساختمان‌ها از منظر شاخص‌های انرژی صفر

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این بخش سعی شده است که محلات دوازده‌گانه منطقه هشت را بر مبنای شاخص‌ها و برخی از متغیرهای پژوهش رتبه‌بندی شود. برای این منظور از مدل تحلیل سلسه‌مراتبی استفاده شده است. محاسبات این بخش از پژوهش در نرم‌افزار excel صورت گرفته است که خروجی اوزان مرتبط با هر شاخص و متغیر به همراه ضرایب l ، CR و CI در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷. اوزان مربوط به معیارها و زیرمعیارهای مدل سلسله‌مراتبی

معیار	وزن معیار	زیر معیار	وزن زیر معیار	ردیف	معیار	وزن معیار	زیر معیار	وزن زیر معیار
کاهش تبادل حرارت	۰.۲۴	پنجره دو جداره	۰.۱۱	۱۴	استفاده از انرژی باد	۰.۰۴	بادگیر بادشکن	۰.۲۰
		عایق حرارتی	۰.۵۳	۱۵			گلخانه برای تصفیه هوا	۰.۷۰
		مصالح مناسب اقلیم	۰.۳۱	۱۶			دودکش خورشیدی	۰.۱۰
		رنگ مناسب مصالح	۰.۰۶	۱۷	استفاده از انرژی آب	۰.۰۸	ذخیره باران	۰.۱۶
ظرفیت حرارتی جداره	۰.۱۷	ضخامت و ارتفاع مناسب	۰.۱۶	۱۸			تصفیه آب خاکستری	۰.۵۷
		زیرزمین وظرفیت حرارتی خاک	۰.۰۹	۱۹			سیستم آب شیرین کن	۰.۲۷
		مصالح با ظرفیت بالای حرارتی	۰.۵۶	۲۰	استفاده از انرژی خورشید	۰.۰۵	تناسب ساختمان از جهت نور	۰.۶۹
		مصالح فلزی برای بازتاب نور	۰.۱۸	۲۱			سلول خورشیدی در پنجره	۰.۰۸
کربن اکسید	۰.۰۷	تولید برق سبز	۰.۸۳	۲۲			ایوان و سایه بان	۰.۲۳
		سیستم هشدار co2	۰.۱۷	۲۳	مدیریت مصرف انرژی	۰.۲۲	تناسب ابعادساختمان	۰.۵۸
بام سبز	۰.۱۴	بام سبز	۰.۳۳	۲۴			قابلیت ذخیره انرژی	۰.۱۴
		گلخانه برای تلطیف هوا	۰.۰۵	۲۵			سیستم مدیریت انرژی	۰.۲۸
		مصالح قابل بازیافت	۰.۶۲					

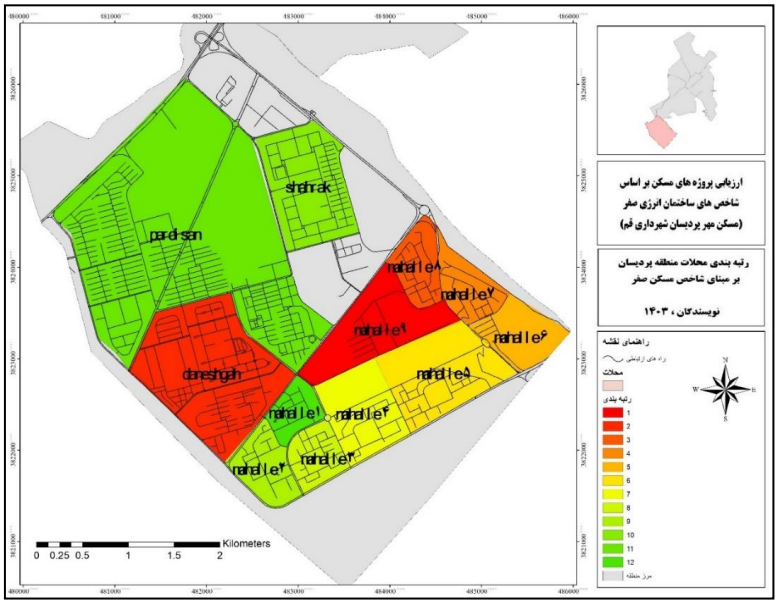
در ادامه انجام مدل سلسله مراتبی نسبت به مقایسه زوجی محلات دوازده گانه از منظر هر یک از زیر معیارها نیز اقدام شده است که با توجه به دامنه وسیع محاسبات از بیان اوزان مربوطه خودداری شده است لکن خروجی نهایی مرتبط با وزن هر محله به همراه ضرایب سه گانه l ، CR و CI در جدول زیر آمده است.

جدول ۸. اوزان مربوط به محله های دوازده گانه منطقه هشت در مدل سلسله مراتبی

ردیف	محله	وزن	رتبه
۱	پردیسان	۰.۱۸۶۳۶۴۹۸۷	۲
۲	شهرک پردیسان	۰.۱۲۱۱۸۷۹۸۵	۳
۳	شهرک دانشگاه	۰.۰۱۶۸۸۶۱۴۶	۱۱
۴	محله ۱	۰.۲۷۰۱۶۴۵۵۹	۱
۵	محله ۲	۰.۱۱۴۳۱۰۲۹۷	۴
۶	محله ۳	۰.۰۸۷۹۱۹۹۲۱	۵
۷	محله ۴	۰.۰۶۵۹۵۲۰۱۶	۶
۸	محله ۵	۰.۰۵۱۰۱۸۴۱۳	۷
۹	محله ۶	۰.۰۳۲۵۶۳۵۱۵	۸
۱۰	محله ۷	۰.۰۲۳۷۵۱۷۰۱	۹
۱۱	محله ۸	۰.۰۱۷۱۰۳۸۶۹	۱۰
۱۲	محله ۹	۰.۰۱۲۷۷۶۵۹۳	۱۲

L	CR	CI
۲۸.۶۲	۵.۰۲	۴.۵۲

بر مبنای خروجی نهایی سلسله مراتب محلات منطقه هشت، محلات یک، پردیسان و شهرک پردیسان در رتبه‌های اول و تا سوم از منظر شاخص‌های مرتبط با مسکن کربن صفر قرار گرفته‌اند همچنین محلات شهرک دانشگاه، محله ۹ و محله ۸ از این منظر در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفته‌اند. خروجی مدل سلسله‌مراتبی فوق در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. سلسله مراتب محلات منطقه ۸ بر مبنای تناسب ساختمان ها از جهت مولفه های مسکن انرژی صفر

آنچه که در شکل و جدول متناظر با آن مد نظر بوده است ارائه یک دید بصری و فضایی است که در آن سعی شده با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی محلات مختلف منطقه ۸ از نظر شاخص مسکن انرژی مورد رتبه‌بندی قرار گیرند. بنابراین خروجی شکل فوق نمایان‌گر رتبه‌بندی محلات است. چنانچه که در راهنمای نقشه نیز مشهود است، محلات دوازده‌گانه در یک طیف رنگی مرتب شده‌اند که هرچه به رنگ سبز میل می‌کند، وضعیت محلات از حیث شاخص‌های مسکن انرژی صفر بهتر می‌شود و هر چه رنگ محلات به سمت قرمز میل می‌کند، وضعیت از حیث شاخص بدتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

مسکن انرژی صفر یکی از مفاهیم نوظهور و جدید در مباحث برنامه‌ریزی مسکن است که امروزه در میان کشورهای مختلف به ویژه در کشورهای توسعه‌یافته از جایگاه و اهمیت درخور توجهی برخوردار است. در کشور ما نیز با توجه به ضرورت صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پرداختن به این قبیل موضوعات ضرورت اجتناب ناپذیری دارد. چرا که دسترسی کشور به منابع انرژی محدود است و در عین حال کشور ما از جهت برخورداری از منابع انرژی تجدیدپذیر وضعیت بسیار مطلوبی دارد اما در عین از جهت مدیریت و برنامه‌ریزی در این زمینه بسیار عقب مانده است. بنابراین با عنایت به این مطلب، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی وضعیت ساختمان‌ها و منازل مسکونی محدوده منطقه ۸ شهر قم از منظر تناسب با شاخص‌ها و معیارهای مسکن انرژی صفر صورت گرفته است. باتوجه به این مطلب که دست‌یابی به داده‌های عینی مقدور نبود، تصمیم بر آن شد در این زمینه از داده‌های میدانی در قالب پرسشنامه استفاده شود. به‌منظور تحلیل داده‌های پرسشنامه از آزمون t به‌منظور بررسی مقدار تناسب ساختمان‌ها از جهت انطباق با معیارهای مسکن انرژی صفر استفاده شده است که خروجی این آزمون موید این مطلب بود که در اغلب شاخص‌ها تناسبی مشاهد نمی‌شود؛ فقط در سه شاخص، ظرفیت حرارتی جداره با مقدار ۸/۲ ، مصرف انرژی با مقدار ۹/۷ و استفاده از انرژی خورشید با مقدار ۴/۹ وضعیت نسبتا مطلوبی داشته است. همچنین نتایج آزمون آنووا به منظور مقایسه محلات مختلف از حیث تناسب با شاخص‌های مسکن کربن صفر نیز بیانگر وضعیت محله ۱ و وضعیت بد محله شهرک نسبت به سایر محلات دوازده‌گانه محدوده مورد مطالعه است. از طرف دیگر، در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از ظرفیت‌های مدل تحلیل سلسه مراتبی نسبت به رتبه‌بندی محلات محدوده مورد مطالعه نیز اقدام شود؛ که در این صورت، پس از انجام مقایسات زوجی در سطح معیارها و زیر معیارها، محله یک، محله شهرک و محله پردیسان در محدوده مورد مطالعه رتبه‌های بهتر (۱ تا ۳) و محلات ۸ ، ۹ و محله دانشگاه در این تحلیل در رتبه‌های

پایین‌تر قرار گرفته‌اند که در نقشه آخر نشان داده شد. به‌طورکلی مقایسه پژوهش حاضر با پژوهش‌های دیگر از نظر ماهیت موضوع و روش انجام پژوهش متفاوت بوده است. بر خلاف پژهش‌های خارجی که در زمینه ماهیت ساختمان انرژی صفر در برخی از تحقیقات به مطالعه پرداخته‌اند، در این پژوهش موضوع مورد مطالعه علاوه بر ماهیت معیارهای معرفی ساختمان انرژی صفر را شامل می‌شود. همچنین آنچه که در پژوهش‌های داخلی پیرامون ساختمان انرژی صفر بحث شده است، در زمینه شاخص‌های ساختمان انرژی صفر و اصول آن بوده است و نیز در یکی از پژوهش‌ها هم موضوع طراحی محله با خصوصیت ساختمان انرژی صفر منظور بوده است؛ در حالی که در پژوهش حاضر موضوع بررسی پروژه‌های انجام شده از منظر مطابقت با معیارهای ساختمان انرژی صفر بوده است. ضمن اینکه در این پژوهش از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی برای دید فضایی در راستای مقایسه بخش‌های مختلف محدوده مورد مطالعه استفاده شده است.

در این راستا و بر اساس یافته‌ها و نتایج پژوهش: برای بهبود انطباق پروژه‌های مسکن با شاخص‌های انرژی صفر، یک راهبرد سه‌سطحی پیشنهاد می‌شود. در سطح کلان و سیاستی، ضروری است با بازنگری و سخت‌گیری در اجرای مقررات ملی ساختمان (به ویژه مبحث ۱۹) و تدوین سند راهبردی کاهش کربن همراه با نظام مشوق‌ها و جریمه‌های مالی، چارچوب حکمرانی روشنی ایجاد شود. این بستر قانونی و اقتصادی، امکان تحقق اقدامات عملی را فراهم می‌سازد. در سطح میانی و عملیاتی، تمرکز باید بر اجرای فوری و اولویت‌دار راهکارهای فنی باشد که بیشترین شکاف موجود را پر می‌کنند، از جمله نصب گسترده عایق‌های حرارتی و پنجره‌های دو جداره، استقرار سیستم‌های خورشیدی روی بام‌ها، و پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی و بازیافت آب در مقیاس محله. در نهایت، در سطح خرد و مشارکتی، موفقیت پایدار این راهکارها منوط به جلب مشارکت فعال ساکنان است که از طریق توانمندسازی آنان در قالب کمیته‌های محله‌ای، آموزش‌های کاربردی و شفاف‌سازی اطلاعات با ابزارهایی مانند الصاق برچسب انرژی و انتشار نقشه عملکرد محلات محقق می‌شود. بنابراین، هماهنگی و تقویت متقابل این سه سطح، از قانونگذاری و تأمین منابع تا اجرای فنی و نهایتاً همراهی جامعه، شرط اساسی تبدیل پروژه‌های مسکن موجود به الگوهایی پایدار و کم‌کربن است.

References

Amani, N., & Moghaddas Mashhad, M. (2020). Feasibility study of constructing zero-energy buildings in Iran's cold and semi-arid climate: A case study of Mashhad city. *Environmental Science and Technology*, 22(5), 57–71. URL: https://sid.ir/paper/392122/fa (In Persian)

Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., Dousi, M., Hionidis, S., Kaliakos. S., Mastrapostoli, E., Nomikos, M., Santamouris, M., Synnefa, A.,Vanoli, G. P., & Vassilakopoulou, K. (2016), Design and performance analysis of a zero-energy settlement in Greece, *Int Jnl of Low-Carbon Technologies*, 12(2), 141–161. Doi: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.004

Asghari, A., Ebrahimi Asl, H., Maleki Gavgani, A., & Sattari Sarbanqali, H. (2021). Assessment of a sustainable urban neighborhood with zero-energy buildings: The case of Valiasr neighborhood, Tabriz. *Journal of Sustainable City*, 4(2), 91–106. DOI: 20.1001.1.24766631.1400.4.2.5.9 (In Persian)

Attia S. (2018). Evolution of definitions and approaches, Net zero energy buildings (NZEB), *Butterworth-Heinemann*, 21–51. DOI: 10.1016/B978-0-12-812461-1.00002-2

Avazali Pour Haghighatparast, S., Taghizadeh, Y., & Zabihi, H. (2019). Designing a vernacular pattern in hot and arid climates to reduce energy consumption in the residential sector: A case study of Yazd city. *Environmental Science and Technology*, 21(3), 227–236. https://sid.ir/paper/360859/fa (In Persian)

Brunetta, G., Caldarice, O., Tollin, N. & Casals Jordi Morató, M.R. (2019). Urban Resilience for Risk and Adaptation Governance Theory and Practice, Published of Springer. DOI:10.1007/978-3-319-76944-8

D'Agostino, D. & Parker, D. (2018). Data on cost-optimal Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) across Europe, Data in Brief, Vol.17, pp.1168–1174. https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.02.038

Diaz-Sarachaga, J.M., (2019) Analysis of the Global Resilience Assessment Frameworks for the Urban Realm, *ICSD 5th International Conference on Sustainable Developme*nt, 17-21, Belgrade. https://www.researchgate.net/publication/332511634_Analysis_of_the_Global_Resilience_Assessment_Frameworks_for_the_Urban_Realm

Esbensen T. V. & Korsgaard V. (1977). Dimensioning of the solar heating system in the zero energy house in Denmark. *Sol Energy 1977*, 19, 195–199. https://doi.org/10.1016/0038-092X(77)90058-5

European Commission. (2024a). Directive on the Energy Performance of Buildings (recast). *Official Journal of the European Union*.

European Commission. (2024b*).* Energy Performance of Buildings Directive: Towards Zero-Emission Standards. *Official Journal of the EU*.

Hoxha, V., Shala, A., & Dahiri, K. (2024). Transitioning to Net Zero Carbon Buildings: A Review of Current Challenges and Future Opportunities in Urban Environments. *Journal of Sustainable Development*, 17(1), 45-62.

IEA. (2021). Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector. *International Energy Agency*.

International Energy Agency (IEA). (2023*).* Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*. IEA Publications*.

Jan Zadeh, A., & Zandieh, M. (2016). Feasibility of designing a zero-energy neighborhood unit in Qazvin. *Energy Policy and Planning Research*, 2(3), 103–132. (In Persian) https://sid.ir/paper/266321/fa

Kheiri, R., Ghasemi Sichani, M., & Khodabakhshian, M. (2016). Designing a house based on zero-energy theory: A case study of Isfahan city. *In Proceedings of the Biennial Conference on Society and Contemporary Architecture*. (In Persian) https://sid.ir/paper/874220/fa

Laustsen J. (2008). Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, *International Energy Agency (IEA),*477–488.

Marszal, A. J.; Heiselberg, P.; Bourrelle, J. S.; Musall, E.; Voss, K; Sartori, I. and A. Napolitano (2011), "Zero Energy Building–A review of definitions and calculation methodologies", *Energy and Buildings*, 979, 4-971. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.022

Pomponi, F., & Moncaster, A. (2020). Embodied carbon mitigation and life cycle assessment in buildings. *Energy and Buildings, 206*, 109634.

Wang, J., & Zuo, K. (2025). *Ur*ban Housing and the Zero-Carbon Transition: Integrated Strategies for Sustainable Cities*. Urban Planning and Architecture Review*, 12(2), 112-128.

Wells, L. & Rismanchi, B. & Aye, L. (2018*)* A review of Net Zero Energy Buildings with reflections on the Australian context*, Energy and Buildings*, Vol.158, pp.616–628. DOI:10.1016/j.enbuild.2017.10.055

World Green Building Council. (2023*).* Advancing Net Zero: Whole Life Carbon Vision. London: *WGBC*.

Yang, X., & Jian, Y. (2019). Urban building energy modelling and sustainable neighborhood design. *Sustainable Cities and Society, 48*, 101558.

Zhang, J. & Zhou, N. & Hinge, A. Feng, W. & Zhang, S. (2016) Governance strategies to achieve zeroenergy buildings in China, *Build Res Inf 2016*, Vol.44: pp. 604–618. 10.1080/09613218.2016.1157345