Housing and Rural Environment

Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215

Homepage: https://jhre.ir

Impact of thermal behavior on energy demand in Tehran's residential apartments

Abasalt Askari Rabori[1], **Shahin Heidari**[2]✉

1. PhD student, Department of Architecture, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail:abasaltaskari@ut.ac.ir
2. Corresponding author, Professor, Department of Architecture, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: shheidari@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 25 July 2025
Received in revised form 9 August 2025
Accepted 13 August 2025
Available online 29 September 2025

Keywords:
Thermal comfort,
Thermal behavior,
Residential apartment,
Energy demand,
Climate change.

ABSTRACT

Objective: The growing energy demand in the building sector, coupled with the intensifying effects of climate change, highlights the importance of considering the factors that influence energy consumption in buildings. Occupant behavior has been recognized as a critical factor that can either exacerbate or mitigate building energy demand. This study aims to examine the role of thermal behavior in shaping energy consumption patterns, with a particular focus on achieving thermal comfort and promoting adaptation to climate change.

Method: This study takes a quantitative approach, using a survey-based field study to investigate thermal comfort and prioritize occupant thermal behaviors. Data were collected using structured questionnaires targeting subjective comfort assessments and behavioral preferences. The collected data were analyzed using correlational analysis of the variables, complemented by descriptive analytical inference to extract meaningful patterns and relationships.

Results: According to the ASHRAE standard, 49% of respondents preferred the neutral temperature, while 90% reported being within the comfort range, which spanned from slightly cool to slightly warm. The neutral temperature identified in this study was 23.9 °C, and the acceptable thermal range for residents was determined to be between 19 °C and 28.8 °C. In terms of thermal preference, 59% of participants expressed no desire for change, while 27% preferred a warmer indoor environment and 14% a cooler one. Behavioral strategies such as using heating systems, wearing warmer clothing and moving to warmer areas were identified as the primary adaptive behaviors, highlighting the significant role of occupant behavior in influencing energy demand to achieve thermal comfort.

Conclusions: The observed extension of the comfort range beyond standard values indicates the substantial influence of occupant behavior on energy consumption patterns. Accordingly, engaging residents to adjust their behaviors can enhance resilience to future thermal conditions, improve thermal comfort and contribute to effective energy balance management in buildings by leveraging adaptation opportunities. Therefore, integrating behavioral considerations into building design and operational strategies is essential to mitigate energy demand and support sustainable adaptation to climate change.

Cite this article: Askari Rabori, A., Heidari, Sh. (2025). Impact of thermal behavior on energy demand in Tehran's residential apartment. *Housing and Rural Environment*, *44* (191), 19-32. https://doi.org/10.22034/44.191.19

The present paper is derived from the first author's doctoral dissertation entitled "Thermal Behavior of Residential Building Occupants with an Emphasis on Climate Change Adaptation", conducted under the supervision of second author at the University of Tehran.

© The Author(s).
Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).
DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

Introduction

Climate change is inevitable, and contemporary buildings are increasingly unable to respond adequately to these changes. Adaptation to climate change is thus regarded as one of the primary solutions. Often overlooked in this context is the role of occupant behavior within buildings. Therefore, reassessing and evaluating user behavior, as the main energy consumer within buildings, appears essential. While occupant behavior in buildings is predominantly passive, transforming users into active elements within buildings is necessary for effective adaptation to climate change. This can offset some of the increase in future energy demand. Consequently, this research aims to investigate the impact of occupants' thermal behavior on building energy demand and elucidate how energy demand savings might be achieved in future climatic conditions.

Method

This research is quantitative. A cross-sectional thermal comfort assessment was conducted involving 164 residents from typical apartments in medium-density areas of Tehran. Data on individuals' thermal sensations and behavioral priorities for achieving comfortable conditions were collected through field surveys and questionnaires. Linear regression and correlation analyses were employed to examine relationships between environmental variables, alongside descriptive and inferential statistics, to determine behavioral priorities related to thermal comfort.

Results

The study was conducted with 164 residents living in 76 apartment units in middle-income districts of Tehran. Among the participants, 93 were female and 71 were male. The minimum, maximum and mean values of the measured environmental parameters are shown below:

- Outdoor air temperature: 0°C (min), 20°C (max), mean 9.71°C

Indoor air temperature: 18.5°C (minimum), 29°C (maximum), mean 23.81°C

- Indoor relative humidity: 11.6% (minimum), 60% (maximum), mean 30.48%
- Mean radiant temperature (MRT): 14.07°C (minimum), 30.4°C (maximum), mean 23.61°C.

Thermal sensation and thermal preference

The results revealed that 59% of individuals prefer neutral thermal conditions, 27% prefer warmer environments and 14% prefer cooler environments. Additionally, 49% of individuals preferred neutral temperatures, with 90% of respondents within the comfort zone. The identified neutral temperature was 23.95°C, with an acceptable range of 19.09°C to 28.80°C.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

Comparison between AMV & PMV

Given that the standard thermal comfort range in Iran is 21°C to 25°C, the findings demonstrate deviations of 1.91°C below and 3.80°C above this range. This highlights variations in the energy required to achieve comfort.

Behavioural patterns

The most important behavioral priorities identified were the use of heating systems, wearing warmer clothing and moving to warmer areas. This emphasizes the critical role of reactive behaviors in modulating energy demand.

Conclusions

This study examined the impact of thermal behavior on energy demand and thermal comfort conditions in residential apartments in the context of future climate change. Comfort ranges and neutral temperatures were determined, and behavioral patterns during cold seasons were analyzed. Given the inadequacy of current building envelopes and mechanical systems, which result in significant energy losses, it is essential to activate occupants' adaptive behaviors. Improving building envelope conditions and mechanical systems alone, without addressing occupant behaviors, will not adequately meet future climatic challenges. The findings emphasize the importance of raising awareness of climate change and future energy imbalances, encouraging occupants to be more aware of the impact of their thermal behaviors on comfort conditions and highlighting opportunities for adaptation in future building designs to improve occupants' adaptability and resilience to future temperature conditions.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Not applicable

Acknowledgements

Not applicable

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

مسکن و محیط روستا
شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸
Homepage: https://jhre.ir

تأثیر رفتار حرارتی در تقاضای انرژی آپارتمان‌های مسکونی شهر تهران

اباصلت عسکری رابری[۱]، شاهین حیدری[۲]✉

۱. دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: abasaltaskari@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد، گروه معماری، دانشکده معماری، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shheidari@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷

کلیدواژه‌ها:
آسایش حرارتی،
رفتار حرارتی،
آپارتمان‌های مسکونی،
تقاضای انرژی،
تغییر اقلیم.

چکیده

هدف: با افزایش تقاضای انرژی در بخش ساختمان و تأثیر فزاینده تغییرات اقلیمی، ضرورت توجه به عوامل مؤثر در تقاضای انرژی در ساختمان را بیش از پیش نمایان می‌کند. رفتار ساکنان به‌عنوان عاملی مؤثر در کاهش یا افزایش تقاضای انرژی در ساختمان است. این پژوهش با هدف سازگاری با تغییرات اقلیمی به دنبال بررسی تأثیر رفتار حرارتی در تقاضای انرژی جهت رسیدن به شرایط آسایش است.

روش پژوهش: این پژوهش از نظر روش در دسته کمی قرار می‌گیرد که با استفاده از نظر سنجی‌های آسایش حرارتی و اولویت‌بندی رفتارهای حرارتی به روش پیمایشی و میدانی انجام شد و از طریق تحلیل همبستگی بین متغیرها و توصیف تحلیلی استنباطی داده‌ها تحلیل شد.

یافته‌ها: با توجه با استاندارد اشری، ۴۹ درصد افراد دمای تعادل را ترجیح دادند و ۹۰ درصد در محدوده آسایش (کمی سرد تا کمی گرم) قرار دارند. دمای خنثی این پژوهش ۲۳/۹ درجه سانتیگراد می باشد و محدوده ۱۹ تا ۲۸/۸ درجه سانتیگراد بازه دمایی قابل قبول برای ساکنان حاصل شد. همچنین ۵۹ درصد افراد در ترجیح حرارتی علاقمند به هیچ نوع تغییری نبودند، ۲۷ درصد ترجیح داده‌اند که واحد گرمتر شود و ۱۴ درصد ترجیح دادند که واحد سردتر شود. همچنین استفاده از سیستم‌های گرمایشی و پوشیدن لباس گرم‌تر و رفتن به جای گرتر به‌عنوان مهم‌ترین اولویت‌های رفتاری ساکنان شناسایی شد که نشان دهنده اهمیت رفتارهای واکنشی در کاهش یا افزایش تقاضای انرژی برای رسیدن به آسایش حرارتی هستند.

نتیجه‌گیری: قرارگیری محدوده آسایش حرارتی در دامنه گسترده‌تری نسبت به استانداردها نشان از تأثیر رفتار حرارتی ساکنان در کاهش یا افزایش تقاضای انرژی دارد. بنابراین توجه به فرصت‌های سازگاری جهت فعال کردن ساکنان برای تطبیق‌پذیری با تغییرات اقلیمی و تاب‌آوری شرایط دمایی آینده و اصلاح تراز انرژی مؤثر است.

استناد: عسکری رابری؛ اباصلت، حیدری؛ شاهین. (۱۴۰۴). تأثیر رفتار حرارتی در تقاضای انرژی آپارتمان‌های مسکونی شهر تهران. *مسکن و محیط روستا*، ۴۴ (۱۹۱)، ۱۹-۳۲. https://doi.org/10.22034/44.191.19

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول با عنوان «رفتار حرارتی کاربران در ساختمان‌های مسکونی با تاکید بر سازگاری با تغییرات اقلیمی» می‌باشد که با راهنمایی نگارنده دوم در دانشگاه تهران انجام شده است.

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

مقدمه

نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که ساختمان‌ها بخش کلیدی و تأثیرگذار بر تقاضای انرژی و افزاینده آلاینده‌های محیطی هستند. بیش از ۳۰ درصد از کل تقاضای انرژی جهان موکول به ساختمان‌هاست که با احتساب انرژی عملیاتی این مقدار تقریباً ۵۰ درصد از کل تقاضای انرژی جهانی را شامل می‌شود و این پتانسیل صرفه‌جویی در بخش ساختمانی را نشان می‌دهد (Yousefi et al., 2017). با روند فعلی شهرنشینی پیش‌بینی می‌شود چنین نرخی بیشتر افزایش یابد، به‌نحوی‌که تقاضای انرژی ساختمان‌ها به‌طور متوسط سالانه ۱/۵ درصد رشد کرده و تا سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ دو یا سه برابر شود (IPCC, 2023).

بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، بخش ساختمان مسئول انتشار ۴۰ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای است که به‌طور قابل‌توجهی در گرمایش جهانی نقش دارند و علاوه بر آن انتشار مربوط به این بخش سالانه ۱ درصد افزایش می‌یابد (Hashempour et al., 2020). از طرفی بخش ساختمان یکی از حوزه‌هایی است که باعث عدم تعادل انرژی بین تقاضا و منابع انرژی شده و انتشار گازهای گلخانه‌ای در محیط‌زیست را افزایش می‌دهد. متولیاً این بخش دارای پتانسیل بسیار زیادی برای افزایش بهره‌وری و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) در جهت مقابله با تغییرات اقلیمی جهانی است (Li et al., 2019). امکان وسیع و کم‌هزینه برای صرفه‌جویی تقاضای انرژی در بخش ساختمان ممکن است روند افزایش نیاز به انرژی را در جهان به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد و یا حتی معکوس کند، درنتیجه ساختمان پتانسیل وسیعی را برای حفظ منابع انرژی، تسریع انتقال انرژی، کاهش تغییرات اقلیمی و تضمین آینده‌ای با کربن کم را برای همه ارائه می‌دهد (Ahmed Ali et al., 2020).

تقاضای انرژی در ساختمان‌ها تا حد زیادی به عوامل مختلفی ازجمله ویژگی‌های فیزیکی یا هندسه ساختمان‌ها، عوامل جغرافیایی، سیستم‌های خدماتی ساختمان و وسایل مختلف مورداستفاده، بستگی دارد. در این میان، عملکرد ساختمان‌ها بیشتر تحت تأثیر شش پارامتر اصلی قرار می‌گیرد که عبارت‌اند از: پوسته ساختمان، شرایط محیط داخلی، عملیات و نگهداری، اقلیم، تجهیزات و رفتار ساکنان (Latha et al., 2022). در این فرصت قصد داریم به عامل رفتار یا سبک زندگی افراد بپردازیم. رفتار ساکنان نقش مهمی در عملکرد انرژی ساختمان ایفا می‌کند و یکی از مهم‌ترین دلایل اختلاف در تقاضای انرژی پیش‌بینی‌شده و مقدار واقعی آن است (Mahdavi et al., 2021). رفتار کاربر درواقع نگرش کاربر نسبت به اقدامات مرتبط با انرژی ساختمان، مانند کنترل سیستم HVAC، روشنایی، تنظیم لباس، پنجره‌ها، پرده‌ها و غیره است (Hong et al., 2015). ساکنان جهت فراهم کردن شرایط آسایش در ساختمان انرژی مصرف می‌کنند، بااین‌حال، به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژی و روان‌شناسی افراد نمی‌توان مقدار آن را به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد. همچنین آسایش ساکنان در یک ساختمان به چهار عامل نسبت داده می‌شود که عبارت‌اند از: آسایش حرارتی، آسایش صوتی، کیفیت هوای داخل ساختمان و آسایش بصری (Alhorr et al., 2016). آسایش حرارتی جزء حیاتی کیفیت محیط داخلی است و به پارامترهای محیطی و شخصی بستگی دارد. پارامترهای شخصی برای آسایش حرارتی شامل نرخ پوشش و نرخ فعالیت است، درحالی‌که پارامترهای محیطی شامل دما، سرعت هوا، رطوبت نسبی و میانگین دمای تابشی هستند. سایر عوامل مرتبط با پارامترهای شخصی که بر آسایش نیز تأثیر می‌گذارند شامل سن، وزن، قد و جنسیت هستند. این عوامل مهم بوده و می‌توانند احساس آسایش فرد را در فضا تعیین کنند (Lamberti et al., 2021). اکثر محققان توافق دارند که رفتار ساکنان نقش مهمی در عملکرد انرژی ساختمان ایفا می‌کند (Gaetani et al., 2018). باتوجه‌به تلاش‌های انجام‌شده در بهبود پوشش ساختمان‌ها و کارایی سیستم‌ها، کاهش تقاضای انرژی ازطریق تأثیر رفتار ساکنان بر مصرف ساختمان‌ها قابل‌دستیابی است (Ashouri et al., 2019; Zhang et al., 2018). علاوه بر این، رفتار ساکنان اغلب در طراحی و ارزیابی انرژی نادیده گرفته می‌شود یا خیلی ساده‌سازی می‌شود که باعث ایجاد تفاوت بسیار زیادی بین عملکردهای انرژی محاسبه‌شده و اندازه‌گیری‌شده می‌گردد (Carlucci et al., 2020).

با تمام پیش‌بینی‌های انجام‌شده در حوزه تقاضای انرژی در ایران ادامه وضع موجود با چالش‌های جدی همراه شده است. باتوجه‌به ناترازی انرژی، بالا بودن سرانه مصرف و مسائل و مشکلات زیرساختی در حوزه تأمین انرژی نیاز به بازنگری در سیاست‌های کلی حوزه انرژی و به‌خصوص در بخش ساختمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باتوجه‌به اینکه وقوع تغییرات اقلیمی حتمی است و ساختمان‌های امروزی قادر به پاسخ‌گویی به این حجم از تغییرات نیستند؛ سازگاری با تغییرات اقلیمی

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

به‌عنوان یکی از راهکارهای اصلی موردتوجه قرار گرفته است. در این میان آنچه مغفول مانده نقش رفتار کاربر در ساختمان است؛ بنابراین بازنگری و ارزیابی نقش کاربر به‌عنوان مصرف‌کننده اصلی انرژی در ساختمان ضروری به نظر می‌رسد. به عبارتی رفتار کاربر در ساختمان غیرفعال بوده و برای سازگاری با تغییرات اقلیمی نیاز به تبدیل کاربر به عنصری فعال در ساختمان است تا بخشی از افزایش تقاضای انرژی در آینده از این طریق جبران شود. بنابراین این پژوهش با هدف سازگاری با تغییرات اقلیمی در پی آن است که به بررسی تأثیر رفتار حرارتی کاربر در تقاضای انرژی ساختمان‌ها پرداخته تا چگونگی امکان صرفه‌جویی در میزان تقاضای انرژی باتوجه‌به تغییرات اقلیمی آینده را بررسی نماید.

پیشینه پژوهش

«تغییر اقلیم چالش نسل ماست» – این بیانیه صداهای متعددی در سراسر جهان پیدا کرده و منجر به افزایش تعداد فعالیت‌های پژوهشی برای مقابله با این چالش و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسان و پیامدهای مضر آن شده است (World Health Organization, 2016). تغییر اقلیم واقعیتی است که در جامعه علمی در سراسر جهان ثابت شده است و با گذشت زمان، نادیده گرفتن آن دشوارتر می‌شود. بر اساس سناریوهای هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی، دمای هوای سیاره تا سال ۲۱۰۰ ممکن است حدود ۵/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد که نشان‌دهنده تشدید سریع مشکل است (IPCC, 2023).

طبق گزارش IPCC، ساختمان‌ها ۴۰ درصد از منابع انرژی را مصرف می‌کنند و منجر به انتشار ۳۶ درصد کربن مربوط به انرژی در کشورهای صنعتی می‌شوند. سناریوی افزایش دمای هوا تا ۴ درجه سانتی‌گراد به این معنی است که تقاضای انرژی می‌تواند دو برابر شود. پیش‌بینی می‌شود که ساعات تابش خورشید و نسبت تابش مستقیم به تابش پراکنده در آینده افزایش یابد، درحالی‌که مطالعات مدل‌سازی افزایش مداوم تقاضای انرژی موردنیاز برای سرمایش ساختمان‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین، نیاز به کاهش گرمای بیش‌ازحد به یک عامل مهم در طراحی تبدیل خواهد شد و به همین دلیل برای طراحان مهم‌تر است که عملکرد ساختمان‌های خود را در شرایط اقلیمی آینده شبیه‌سازی کنند (Ali et al., 2013). همچنین بر طبق گزارش IPCC، کاهش تغییرات اقلیمی و سازگاری اقلیمی دو رویکرد کلی در پاسخ به گرمایش جهانی هستند. رویکرد کاهش تغییرات اقلیمی با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و رویکرد سازگاری اقلیمی با هدف تنظیم اقدامات لازم در جامعه برای مقابله با تغییرات اقلیمی و پیامدهای احتمالی آن در آینده طراحی شده‌اند. باتوجه‌به دو رویکرد کلی، کاهش احتمال مواجهه با تغییرات اقلیمی و افزایش توانایی سازگاری با محیط در حال تغییر باید به‌طور هم‌زمان پی گرفته شود، درنتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌ها امکان‌پذیر است (Ren et al., 2011).

در گزارش اخیر IPCC سه سناریو اقلیمی را بر اساس میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌صورت بسیار کم، متوسط و بسیار زیاد تا سال ۲۱۰۰ را پیش‌بینی می‌کند. بر این اساس افزایش گرمایش جهانی در بهترین حالت برای سناریوی انتشار بسیار کم (SSP1 - 1.9) ۱/۴ درجه، برای سناریوی انتشار متوسط (SSP2 - 4.5) ۲/۷ درجه و برای سناریوی انتشار بسیار زیاد (- SSP5 8.5) ۴/۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد (IPCC, 2023). به‌طورکلی این گزارش واکنش اقلیمی را با پنج سناریو ارزیابی می‌کند که تغییرات اقلیمی آینده ناشی از محرک‌های انسانی را پوشش می‌دهد. ارزیابی از سال ۲۰۱۵ شروع شده و شامل سناریوهای با انتشار گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید کربن بسیار زیاد (SSP3-7.0 و SSP5-8.5) که تا سال ۲۱۰۰ نسبت به سطح فعلی انتشار دو برابر می‌شود؛ سناریوهایی با انتشار متوسط (SSP2-4.5) در حد انتشار فعلی تا اواسط قرن باقی مانده و پس‌ازآن کاهش می‌یابند و سناریوهایی با انتشار بسیار کم (SSP1-1.9 و SSP1-2.6) که به انتشار صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ رسیده و پس‌ازآن انتشار منفی دی‌اکسید کربن نشان می‌دهد (جدول ۱).

جدول ۱. تغییرات در سطح دمای جهانی، برای دوره‌های زمانی ۲۰ ساله و پنج سناریوی انتشار (IPCC, 2023)

سناریو	کوتاه‌مدت (۲۰۴۰-۲۰۲۱)		میان‌مدت (۲۰۶۰-۲۰۴۱)		بلندمدت (۲۱۰۰-۲۰۶۱)	
	بهترین برآورد (c°)	محدوده بسیار محتمل(c°)	بهترین برآورد (c°)	محدوده بسیار محتمل(c°)	بهترین برآورد (c°)	محدوده بسیار محتمل(c°)
SSP1 - 1.9	۱/۵	۱/۲ تا ۱/۷	۱/۶	۱/۲ تا ۲	۱/۴	۱تا ۱/۸
SSP1-2.6	۱/۵	۱/۲ تا ۱/۸	۱/۷	۱/۳ تا ۲/۲	۱/۸	۱/۳ تا ۲/۴

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

سناریو	کوتاه‌مدت (۲۰۴۰-۲۰۲۱)		میان‌مدت (۲۰۶۰-۲۰۴۱)		بلندمدت (۲۱۰۰-۲۰۶۱)	
	بهترین برآورد (c°)	محدوده بسیار محتمل(c°)	بهترین برآورد (c°)	محدوده بسیار محتمل(c°)	بهترین برآورد (c°)	محدوده بسیار محتمل(c°)
SSP2-4.5	۱/۵	۱/۲ تا ۱/۸	۲	۱/۶ تا ۲/۵	۲/۷	۲/۱ تا ۳/۵
SSP3-7.0	۱/۵	۱/۲ تا ۱/۸	۲/۱	۱/۷ تا ۲/۶	۳/۶	۲/۸ تا ۴/۶
SSP5 - 8.5	۱/۶	۱/۳ تا ۱/۹	۲/۴	۱/۹ تا ۳	۴/۴	۳/۳ تا ۵/۷

تقاضای انرژی و ساختمان

همان‌گونه که گفته شد، ساختمان یکی از مصرف‌کنندگان اصلی انرژی و از مشارکت‌کنندگان در انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی است که به یک بخش اصلی تبدیل شده است. انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای (GHG) ازطریق ساختمان‌ها در سال ۲۰۱۹ برابر با ۱۲ گیگاتن معادل کربن، معادل ۲۱ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی در آن سال است. همچنین ساختمان‌های مسکونی ۷۰ درصد از نیاز انرژی صنعت ساختمان را مصرف می‌کنند. طی دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۰، انتشار جهانی دی‌اکسید کربن از ساختمان‌ها ۵۰ درصد، تقاضای نهایی انرژی ۳۸ درصد و تقاضای برق ۱۶۱ درصد افزایش یافته است (Cabeza et al., 2022). بخش ساختمان یک‌سوم انرژی جهانی را مصرف می‌کند (Kaewunruen et al., 2019). بر اساس گزارش‌های اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۰ و ایالات‌متحده در سال ۲۰۱۵، ساختمان‌ها ۴۰ درصد انرژی جهانی را مصرف می‌کنند. تقاضای انرژی در یک ساختمان شامل گرمایش و سرمایش فضا، آب گرم، روشنایی، وسایل آشپزی و سایر تجهیزات است.

در اغلب مطالعات به دلیل الزامات بلندپروازانه و ایدئال، تقاضای کلی انرژی ساختمان‌ها کاهش می‌یابد و مفهوم ساختمان‌های با تقاضای انرژی صفر مطرح می‌شود، اما در واقعیت تفاوت قابل‌توجهی در مقادیر پیش‌بینی‌شده و واقعی تقاضای انرژی ساختمان‌ها دیده می‌شود. نتایج مطالعات زیادی به شناسایی این شکاف پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که جنبه‌های رفتاری نقش مهمی در این زمینه دارند. در این راستا، تغییر رفتار و مشارکت فعال کاربران به‌عنوان زمینه‌های بالقوه برای بهبود بهره‌وری انرژی در آینده شناسایی شده است. عناصر تأثیرگذار در تقاضای انرژی شامل اقلیم، شرایط محیط داخلی، پوسته ساختمان، عملیات و نگهداری، تجهیزات ساختمان و رفتار ساکنان است (Ahmed et al., 2023). از طرفی در زمینه کاهش تقاضای انرژی در ساختمان‌ها، اغلب تلاش‌ها برای بهینه‌سازی پوسته و سیستم‌های ساختمان برای رسیدن به هدف انرژی تقریباً صفر انجام شده است. بااین‌حال، نقش محوری رفتار ساکنان در تأثیر بر تقاضای انرژی ساختمان و همچنین محیط داخلی قابل‌انکار نیست (Masoso & Grobler, 2010; Yan et al., 2017). درواقع، ساکنان ساختمان را نمی‌توان صرفاً به‌عنوان دریافت‌کنندگان منفعل محیط ساخته‌شده در نظر گرفت، بلکه آن‌ها برای رسیدن به شرایط آسایش با محیط تعامل دارند (Langevin et al., 2016).

بر اساس مطالعات، بین تقاضای انرژی واقعی و پیش‌بینی‌شده اختلاف زیادی وجود دارد که ناشی از رفتار متفاوت ساکنان، سیستم‌های فنی و تجهیزات ساختمان‌ها و مصالح مورداستفاده است. علاوه بر این، بدیهی است که سه‌چهارم ساختمان‌های موجود کارآمد نیستند و تنها درصد کمی از ساختمان‌ها، بازسازی یا مقاوم‌سازی می‌شوند تا ازنظر انرژی کارآمد باشند. اگرچه اخیراً ساختمان‌ها با استفاده از فناوری‌ها و تجهیزات کم‌مصرف ساخته می‌شوند، اما اولویت باید به ساختمان‌های موجود داده شود و بر بهبود آن‌ها متمرکز شد (Tan, 2020). بنابراین توجه به نقش رفتار کاربر در این زمینه اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

رفتار کاربر و تقاضای انرژی

دستیابی به بهره‌وری انرژی ازطریق تغییر رفتار، «چه چیزی لازم است؟» عنوان گزارش فنی EEA (آژانس محیط‌زیست اروپا ۲۰۱۳) بیان می‌کند مطالعاتی که عامل انسانی و تغییر رفتار را بررسی می‌کنند، پتانسیل قابل‌توجهی برای صرفه‌جویی در تقاضای انرژی دارند (Clarity Sustainability, 2015). درواقع، تعداد زیادی از استراتژی‌های بهره‌وری انرژی اجراشده شامل مداخلات تکنولوژیکی است، اما باید به همان اندازه بر افزایش آگاهی کاربران و تنظیم رفتار تقاضای انرژی آن‌ها تمرکز کرد. استراتژی‌های تغییر رفتار به‌عنوان اقدام کم‌هزینه و بسیار کارآمد برای کاهش تقاضای انرژی ساختمان و درنتیجه کاهش آثار زیست‌محیطی مرتبط و هزینه‌های عملیاتی شناخته شده است. ساکنان ساختمان اغلب از اینکه چگونه رفتار و تعامل آن‌ها با محیط ساخته‌شده (منفی یا مثبت) بر تقاضای انرژی و آسایش محیطی خود تأثیر می‌گذارد، آگاه نیستند. نقش ساکنان در دستیابی به هدف خالص

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

صفر و اهمیت تغییر رفتار برای افزایش عملکرد ساختمان بسیار مهم است زیرا استراتژی‌ها و راهکارهای ساختمانی غیرفعال اغلب برای ساختمان‌های با عملکرد بالا ایجاد می‌شوند که مستلزم تعامل فعال و هوشمندانه ساکنان با راه‌حل‌های پیشنهادی است. ترویج و دستیابی به رفتار آگاهانه انرژی در میان ساکنان به موضوع کلیدی برای کاهش تقاضای انرژی در بخش مسکونی تبدیل شده است. نتایج پویش‌های آگاهی بخشی انرژی در سراسر جهان نشان می‌دهد با بهبود رفتار ساکنان، پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی (به‌طور متوسط بین ۱۵تا۲۰ درصد) افزایش یافته است (Pothitou et al., 2014).

تحقیقات بیشتری برای بررسی اثربخشی محرک‌ها (سلامت و رفاه ساکنان) با هدف تغییر رفتار در طولانی‌مدت ضروری است. در حال حاضر، راهکارهای نوآورانه مختلفی برای بهره‌گیری از تغییر رفتار ساماندهی شده‌اند که ازجمله آن‌ها می‌توان به نمایشگرهای محیطی که تقاضای انرژی واقعی را در لحظه نشان می‌دهند، برنامه‌های تلفن همراه یا وب با بیشترین تنوع عملکردها، یا حتی بازی‌های کامپیوتری که با هدف تغییر رفتار با ارزش‌افزوده سرگرمی و رقابت ایجاد شده است، اشاره کرد (Orland et al., 2014). درک راحتی ساکنان ازطریق بازخورد و استفاده از فناوری‌های حسگر می‌تواند نظارت و تنظیم مناسب محیط داخلی را برای تطابق با شرایط آسایش افزایش داده و میزان نیاز به سرمایش یا گرمایش مکانیکی ساختمان را بهینه کند (Xu et al., 2023). باتوجه‌به اینکه ارتباط بین رفتار ساکنان، آسایش حرارتی و تقاضای انرژی یک تعامل پیچیده و پویا است و نیازمند رویکردی جامع و یکپارچه است؛ ازاین‌روی سیستم‌های مدیریت ساختمان (BMS) نقش مهمی در بهینه‌سازی تقاضای انرژی در ساختمان‌ها دارند. تأثیر این سیستم‌ها بر تقاضای انرژی چندوجهی است و امکان نظارت و کنترل مداوم سیستم‌های مختلف ساختمان مانند HVAC، روشنایی و تجهیزات الکتریکی را فراهم می‌کند. این سیستم با جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای در مورد تقاضای انرژی و شرایط ساختمان، ناکارآمدی‌ها را شناسایی کرده و اقدامات اصلاحی را به‌سرعت اجرا می‌کند. سیستم‌های مدیریت ساختمان می‌تواند نقاط تنظیم HVAC را بر اساس برنامه‌های تصرف یا شرایط اقلیمی تنظیم کند، به صورتی که تقاضای انرژی را بدون برهم زدن آسایش ساکنان بهینه کند. همچنین می‌تواند عملکرد HVAC را با هماهنگ کردن برنامه تجهیزات، تنظیم نرخ جریان هوا و اجرای استراتژی‌هایی مانند تهویه کنترل‌شده بر اساس نیاز روز و شب بهینه کند (Sangalli et al., 2020). این اقدامات تضمین می‌کند سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی به‌طور کارآمد عمل کرده و درعین‌حال شرایط آسایش ساکنان را برآورده می‌کند. این سیستم می‌تواند روشنایی مبتنی بر نحوه تصرف و کنترل تجهیزات را تسهیل کند تا میزان تقاضای انرژی غیرضروری فضاهایی که استفاده نمی‌شوند را به حداقل برساند. حسگرهای تصرف، حضور یا عدم حضور ساکنان را تشخیص می‌دهند و سطوح روشنایی، تنظیمات HVAC و عملکرد تجهیزات را بر اساس آن تنظیم می‌کنند. بنابراین انرژی فقط در صورت نیاز مصرف می‌شود و منجر به صرفه‌جویی قابل‌توجهی در تقاضای انرژی به‌ویژه در ساختمان‌های تجاری می‌شود (Arowoiya et al., 2024).

پیشینه تحقیق در حوزه رفتار کاربر

اولین گام تحقیقاتی که توسط تعداد زیادی از محققین موردتوجه قرار گرفته و در حال انجام است، تلاش برای درک میزان تأثیر رفتار ساکنان بر تقاضای انرژی در ساختمان‌ها است. بررسی تأثیر رفتار ساکنان بر تقاضای انرژی ساختمان ازطریق بررسی مستقیم در مطالعات میدانی و همچنین برآوردهای مبتنی بر نتایج شبیه‌سازی انجام شده است.

مطالعات نشان داده‌اند که رفتار ساکنان در خانه‌هایی با چیدمان و شرایط اقلیمی مشابه ممکن است منجر به تفاوت در تقاضای انرژی تا بیش از ۳۰۰ درصد شود (Chen & Taylor, 2013; Kampelis et al., 2017). به‌طور خاص، شکاف‌های عملکردی می‌تواند به دلیل تفاوت در الگوهای تصرف، ویژگی‌های خانه، سبک زندگی، متغیرهای شناختی و درک راحتی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی ساکنان و همچنین انگیزه، نگرش‌ها و ارزش‌های خانواده باشد (Santin, 2013). همچنین تأثیر اجرای مدل‌های رفتار ساکنان بر شبیه‌سازی انرژی ساختمان برای کاهش فاصله عملکردی بین تقاضای انرژی واقعی و شبیه‌سازی‌شده موردبررسی قرار گرفته است.

چندین گروه تحقیقاتی بررسی کردند که چگونه عدم قطعیت پارامترهای ورودی در یک مدل رفتار کاربر، بر تقاضای انرژی ساختمان تأثیر می‌گذارد. بر اساس یافته‌های مطالعات انجام‌شده، تفاوت در تقاضای انرژی بین ساختمان‌ها در مناطق اقلیمی

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

یکسان عمدتاً به رفتار ساکنان نسبت داده می‌شود. همچنین نشان داده شد که مدل‌های ثابت قادر به نمایش دقیق رفتار ساکنان نیستند، در مقابل مدل‌های پویا می‌توانند ویژگی‌های منحصربه‌فرد ساکنان را بهتر نشان دهند. مدل‌های پویا همچنین می‌توانند برای بررسی دقیق‌تر اثر رفتار ساکنان بر عملکرد انرژی ساختمان، تأثیرگذاری بر تصمیم‌گیری در فرایندهای طراحی و مقاوم‌سازی، بررسی پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی و بهینه‌سازی کنترل سیستم‌های ساختمان استفاده شوند.

گروه دیگری از تحقیقات تأثیر آسایش حرارتی بر بهره‌وری انرژی را موردبررسی قرار داده‌اند. تحقیقاتی در مورد چگونگی تأثیر رفتار ساکنان بر تقاضای انرژی در کشورهای مختلف مانند سنگاپور و دانمارک انجام شده است. نتایج نشان داد که رفتار ساکنان، مانند باز کردن پنجره‌ها، تنظیم دما و بعد خانوار تأثیر قابل‌توجهی بر تقاضای انرژی ساختمان دارند (Mahdavi et al., 2021; Zhan & Chong, 2020). نتایج پژوهش‌های متعددی نشان می‌دهد رفتار ساکنان در تقاضای انرژی ساختمان‌ها تأثیر دارد و اشاره کردند که این تأثیر در ساختمان‌های جدید که در آن پوسته ساختمان و سیستم‌ها بهینه شده‌اند بیشتر است (Carpino et al., 2020). ازآنجایی‌که رفتار ساکنان به شیوه‌های مختلف بر تقاضای انرژی تأثیر می‌گذارد (به‌عنوان‌مثال، ازطریق سیستم‌های گرمایش و سرمایش یا تعامل با پنجره‌ها و پرده‌ها)، آن‌ها معتقدند بین مصرف واقعی و پیش‌بینی‌شده شکاف زیادی وجود دارد. علاوه بر این، ژانگ[1] و همکاران (۲۰۱۸) نقش رفتار ساکنان را در عملکرد انرژی ساختمان تجزیه‌وتحلیل کرده و نتیجه گرفتند که رفتار ساکنان پتانسیل صرفه‌جویی در تقاضای انرژی ساختمان‌های مسکونی در محدوده ۲۵-۱۰ درصد را ممکن می‌کند. در مطالعه دیگری نتایج مشابهی به دست آمد که با اصلاح رفتار ساکنان با استفاده از توصیه‌ها و بازخوردها، صرفه‌جویی در تقاضای انرژی تا ۲۰ درصد را نشان داد (Ashouri et al., 2019). مطالعات گسترده‌ای نقش ساکنان در عملکرد انرژی ساختمان را موردبررسی قرار داده و بیانگر ارتباط میان رفتار ساکنان و تقاضای انرژی ناشی از تمایل افراد به ایجاد محیط داخلی مناسب خود است. بنابراین درک تعامل پیچیده بین پارامترهای شخصی و محیطی مؤثر بر آسایش حرارتی در طراحی ساختمان‌هایی که شرایط آسایش ساکنان را حفظ می‌کنند و تقاضای انرژی را به حداقل می‌رسانند ضروری است (Arowoiya et al., 2024).

همان‌طور که در جدول ۲ گزیده‌ای از پژوهش‌های پیشین در حوزه رفتار کاربر ارائه‌شده، می‌توان به تأثیر نقش رفتار کاربر پی برد. مجموعه مطالعات قبلی نشان از تأثیر قابل‌توجه رفتار ساکنان در میزان تقاضای انرژی ساختمان‌ها داشته و باتوجه‌به شرایط اقلیمی آینده و افزایش تقاضای انرژی بسیار اثرگذارتر خواهد بود. بنابراین این مطالعه به تأثیر رفتار حرارتی کاربران در تقاضای انرژی جهت رسیدن به شرایط آسایش به‌منظور سازگاری با تغییرات اقلیمی می‌پردازد.

جدول ۲. پیشینه تحقیقات حوزه رفتار کاربر

نویسندگان	روش تحقیق	یافته‌ها
(Duan et al., 2023)	مطالعات میدانی با پرسش‌نامه	رفتار ساکنان مهم‌ترین عامل در تقاضای انرژی مرتبط با سیستم تهویه بوده و میزان تأثیر از ۷۸/۴ تا ۸۸/۹ درصد برای ساکنان مختلف متفاوت است.
(Loengbudnark et al., 2023)	مطالعات میدانی با پرسش‌نامه	با اصلاح رفتار ساکنان مصرف برق مرتبط با روشنایی بدون هیچ‌گونه سرمایه‌گذاری اولیه و اصلاح فنی عمده حدود ۱۷/۸ درصد کاهش یافت.
(Fekri et al., 2022)	شبیه‌سازی	رفتار ساکنان امکان صرفه‌جویی در تقاضای انرژی از ۸/۹ درصد تا ۲۷ درصد را نشان می‌دهد.
(Carpino et al., 2020)	مطالعات میدانی با پرسش‌نامه	با در نظر گرفتن رفتار ساکنان به‌عنوان متغیر، تقریباً ۴۰ درصد انحراف در تقاضای انرژی شبیه‌سازی‌شده با اندازه‌گیری‌های واقعی مشاهده شد.
(Jami et al., 2021)	مطالعات میدانی با پرسش‌نامه و شبیه‌سازی	رفتار ساکنان می‌تواند بهره‌وری انرژی را تا ۶۰، ۵۶ و ۳۲ درصد به ترتیب در مدل‌های ساکنان پرمصرف، معمولی و کم‌مصرف بهبود بخشد.
(Muroni et al., 2019)	مطالعات میدانی و شبیه‌سازی	با در نظر گرفتن رفتارهای مختلف ساکنان، مصرف برق بین ساختمان‌های یکسان تا ۱۶ درصد تغییر می‌کند.
(Ouf et al., 2020)	شبیه‌سازی	میانگین مصرف برق شبیه‌سازی‌شده در هنگام استفاده از مدل‌های متنوع رفتار ساکنان در فواصل زمانی متفاوت، ۲۲ درصد کمتر از زمانی بود که از یک برنامه ثابت در تمام زمان‌ها استفاده می‌شد.

1. Zhang

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

نویسندگان	روش تحقیق	یافته‌ها
(Yu et al., 2019)	مطالعات میدانی با پرسش‌نامه و شبیه‌سازی	در نظر گرفتن رفتار ساکنان دقت پیش‌بینی تقاضای انرژی را تا ۱۴ درصد برای کل مساحت ساختمان و تا ۱۶ درصد برای کل منطقه مسکونی بهبود بخشید.
(Rouleau et al., 2018)	مطالعات میدانی	۷۴ درصد اختلاف بین تقاضای انرژی شبیه‌سازی‌شده پیش از ساخت و تقاضای انرژی اندازه‌گیری‌شده پس از تصرف و با در نظر گرفتن رفتار ساکنان مشاهده شد.
(Santangelo et al., 2018)	مطالعات میدانی و شبیه‌سازی	رفتار ساکنان دارای پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی در محدوده ۱۷ درصد تا ۳۳ درصد بسته به سناریوی طراحی و سطح بهینه‌سازی است.
(Baldi et al., 2018)	مطالعات میدانی و شبیه‌سازی	نتایج نشان داد رفتار ساکنان و تعامل آن‌ها با سیستم تهویه می‌تواند تا ۴ درصد کاهش در تقاضای انرژی و همچنین ۸ درصد بهبود آسایش حرارتی را فراهم کند.
(Ortiz & Bluyssen, 2018)	پرسش‌نامه	نتایج قابلیت پرسش‌نامه را برای تشخیص تقاضای انرژی مختلف ساکنان نشان می‌دهد و به درک بهتر الگوهای تقاضای انرژی متفاوت ساکنان کمک می‌کند.
(Ahn & Cho, 2017)	شبیه‌سازی	آنالیز ساختمان با در نظر گرفتن مدل‌های تصمیم‌گیری ساختمان می‌تواند ۱۷/۴ درصد صرفه‌جویی در انرژی برای ساختمان‌های اداری و ۲۵/۷ درصد برای ساختمان‌های مسکونی و همچنین بهبود آسایش حرارتی ۲/۵ درصد برای اداری و ۱۰/۲درصد برای مسکونی را فراهم کند.
(Yousefi et al., 2017)	شبیه‌سازی	رفتار ساکنان می‌تواند تا ۹۰ درصد بر بارهای گرمایشی و سرمایشی خصوصاً در مناطق اقلیمی یکسان می‌تواند مؤثر باشد. نوسان تقاضای انرژی حرارتی ناشی از تغییر انواع پنجره‌ها برای این مطالعه موردی می‌تواند تا ۲۰ درصد افزایش یابد.
(Kazmi et al., 2016)	مطالعات میدانی	در نظر گرفتن روش‌های کنترلی مؤثر بر رفتار ساکنان می‌تواند به‌طور بهینه تقاضای انرژی مرتبط با تأمین آب گرم را کنترل کند و نتایج کاهش ۲۷ درصدی مصرف انرژی به مدت ۳/۵ ماه را نشان داد.

روش‌شناسی پژوهش

تغییرات اقلیمی، شرایط دمایی خارج و داخل ساختمان‌ها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و ساکنان به آن واکنش نشان داده تا به شرایط آسایش برسند. رفتارهای واکنشی و غیر واکنشی جهت تطبیق با شرایط پیش‌آمده به‌طور مستقیم بر میزان تقاضای انرژی در ساختمان تأثیر می‌گذارد و درنتیجه، افزایش تقاضای انرژی منجر به تشدید تغییرات اقلیمی خواهد شد (شکل ۱).

شکل ۱. چهارچوب مفهومی پژوهش

شناسایی انواع رفتار حرارتی کاربران و نقش آن در رسیدن به شرایط آسایش باتوجه‌به تغییرات اقلیمی و تأثیر آن در تقاضای انرژی در این پژوهش بررسی می‌گردد. انجام پژوهش ازطریق سنجش آسایش حرارتی به روش متقاطع و باتوجه‌به کفایت ۱۰۰ پرسش‌نامه برای مطالعات آسایش حرارتی (Heidari., 2000) حجم نمونه ۱۶۴ نفر از ساکنان آپارتمان‌های متداول در مناطق متوسط شهر تهران تعیین شد. برای مشخص کردن احساس حرارتی افراد در شرایط واقعی و همچنین تعیین اولویت‌های رفتاری جهت رسیدن به شرایط آسایش، داده‌ها به روش پیمایشی و میدانی جمع‌آوری شد. همچنین جهت تحلیل داده‌ها ازطریق رگرسیون خطی و تحلیل همبستگی به بررسی روابط بین متغیرهای محیطی پرداخته و ازطریق توصیف تحلیلی و استنباطی اولویت‌های رفتاری افراد جهت رسیدن به آسایش حرارتی مشخص گردید. بنابراین این پژوهش به لحاظ ماهیت کاربردی بوده و ازنظر روش در دسته کمی قرار می‌گیرد.

مطالعات میدانی

برای تغییرات اقلیمی آینده سناریوهای مختلفی تدوین شده و افزایش دما و به‌تبع آن تغییر در نوع و میزان تقاضای انرژی در

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

فصول مختلف سال مورد انتظار است؛ لذا باتوجه‌به اهمیت ساختمان و نقش آن در این خصوص به بررسی آپارتمان‌های مسکونی متداول شهر تهران پرداخته شد (شکل ۲). برای این کار ۱۶۴ پرسش‌نامه از ۷۶ واحد مسکونی شهر تهران تهیه شد. واحدها به‌طور تصادفی و از مناطق متوسط شهر انتخاب و عمدتاً بین ۳ تا ۸ طبقه و جهت‌گیری شمالی–جنوبی است.

شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین دمای ماهانه شهر تهران در سال ۱۴۰۳ و سال ۱۴۲۸ تحت سناریوهای *SSP5-8.5* و *SSP2-4.5*

دامنه سنی جمعیت موردمطالعه ۸۳–۱۶ سال با میانگین سنی ۴۲/۹ که از این تعداد ۹۳ نفر زن و ۷۱ نفر مرد هستند. سؤالات پرسش‌نامه مرتبط با احساس و ترجیح حرارتی و همچنین اولویت‌های رفتاری ساکنان برای تأمین آسایش حرارتی بوده و در بازه زمانی بهمن و اسفند ۱۴۰۳ از ساعت ۱۰ تا ۱۸ تکمیل شد. پرسش‌نامه شامل اطلاعات عمومی مانند سن، جنسیت، قد، وزن، شاخص توده بدنی، نوع مالکیت، بعد خانوار، سال‌های سکونت، نرخ پوشش، نرخ فعالیت، شغل و تحصیلات است. جهت تعیین احساس حرارتی از مقیاس هفتگانه اشری (۳–خیلی سرد تا ۳+ خیلی گرم) و برای ارزیابی ترجیح حرارتی از مقیاس مکینتایر (۱– سرد تا ۱+ گرم) استفاده شد. همچنین پرسش‌نامه شامل سؤالاتی برای تعیین اولویت‌های رفتاری است که در سه حالت با امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی، بدون امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی (ناترازی انرژی شامل قطع برق و گاز) و استفاده بیش‌ازحد از سیستم‌های گرمایشی (اتلاف انرژی) تدوین شد.

برای جمع‌آوری اطلاعات محیطی از دیتالاگر مدل WBGT-2010SD استفاده شد. دستگاه در ارتفاع ۱۱۰ تا ۱۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین و در فاصله حداقل یک متر از هر دیوار قرار گرفت و از فردی به فرد دیگر منتقل می‌شد. اطلاعات ثبت‌شده شامل دمای هوای داخل، رطوبت نسبی داخل، دمای کروی و دمای هوای بیرون است. میانگین دمای تابشی ازطریق وب‌سایت آنلاین CBE Thermal Comfort Tool محاسبه شد. نرخ فعالیت و پوشش کاربران با استفاده از چک‌لیست اشری استاندارد ۵۵ محاسبه گردید.

یافته‌های پژوهش

پژوهش بر روی ۱۶۴ نفر که در ۷۶ واحد آپارتمان و در مناطق متوسط شهر تهران ساکن بودند، انجام شد. از این تعداد ۹۳ نفر زن و ۷۱ نفر مرد هستند که ۶/۱ درصد کمتر از ۲۰ سال، ۱۶/۴۶ درصد ۲۱ تا ۳۰ سال، ۲۳/۱۷ درصد بین ۳۱ تا ۴۰ سال، ۲۳/۱۷ درصد بین ۴۱ تا ۵۰ سال، ۲۲/۵۶ درصد ۵۱ تا ۶۰ سال و ۸/۵۴ درصد بیش از ۶۱ سال سن داشتند که ازنظر شاخص توده بدنی ۳/۰۵ درصد لاغر، ۴۸/۱۷ درصد متناسب، ۳۸/۴۱ درصد اضافه‌وزن و ۱۰/۳۷ درصد چاق هستند. همچنین به لحاظ تعداد افراد خانواده، یک نفر۶/۱ درصد، دو نفر ۲۵/۶۱ درصد، سه نفر ۴۱/۴۶ درصد، چهار نفر ۲۳/۱۷ درصد و ۳/۶۶ درصد پنج نفر و بیشتر بودند. مدت‌زمان سکونت در واحد، ۶/۱ درصد یک سال، ۱۷/۶۷ درصد یک تا سه سال، ۱۴/۶۳ درصد سه تا پنج سال، ۲۰/۷۳ درصد پنج تا ده سال و ۴۰/۸۵ درصد بیش از ده سال سکونت داشتند که ۶۹/۵۱ درصد مالک و ۳۰/۴۹ درصد مستأجر هستند. ازنظر تحصیلات، ۲۶/۸۳ درصد تا دیپلم، ۳/۰۵ درصد فوق‌دیپلم، ۳۹/۰۲ درصد لیسانس، ۲۳/۱۷ درصد فوق‌لیسانس و ۷/۹۳

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

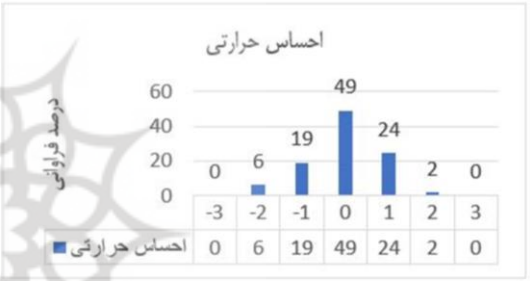
درصد دکتری داشتند که از این تعداد ۵۹/۷۶ درصد شاغل، ۲۱/۳۴ درصد خانه‌دار، ۱۴/۰۲ درصد محصل و ۴/۸۸ درصد بازنشسته هستند. مؤلفه‌های محیطی که در این پژوهش اندازه‌گیری شد شامل دمای هوای بیرون، دمای هوای داخل، رطوبت نسبی هوای داخل، دمای تابشی، نرخ پوشش، میانگین آرا پیش‌بینی‌شده، درصد نارضایتی، ترجیح حرارتی و میانگین آرای واقعی است (جدول ۳).

جدول ۳. خلاصه آماری متغیرهای محیطی

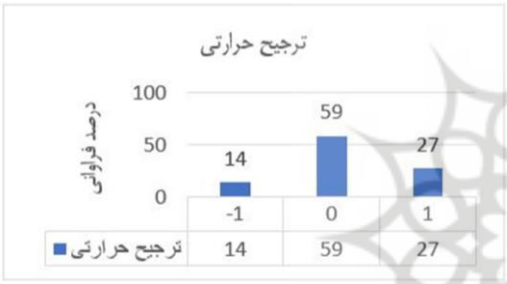
	دمای هوای بیرون	دمای هوای داخل	رطوبت نسبی هوای داخل	دمای تابشی	نرخ پوشش	میانگین آرای پیش‌بینی‌شده	درصد نارضایتی	میانگین آرای واقعی	ترجیح حرارتی
میانگین	۹/۷۱	۲۳/۸	۳۰/۴	۲۳/۶	۰/۷۴	−۰/۴	۱۵/۸۷	−۰/۰۳	۰/۱۳
بیشینه	۲۰	۲۹	۶۰	۳۰/۴	۱/۵	۱/۰۹	۶۵	۲	۱
کمینه	۰	۱۸/۵	۱۱/۶	۱۴	۰/۱	−۱/۷۷	۵	−۲	−۱

احساس حرارتی و ترجیح حرارتی

احساس حرارتی افراد بر مبنای استاندارد اشری بین ۱− و ۱ است که این محدوده آسایش برای ۸۰ درصد افراد است (شکل ۳). ۹۰ درصد افراد شرکت‌کرده در این پژوهش در محدوده آسایش هستند که از این تعداد ۴۹ درصد احساس حرارتی خنثی داشتند. همچنین ۵۹ درصد ساکنان تمایلی به تغییر شرایط حرارتی نداشته، ۲۷ درصد ترجیح به گرم‌تر شدن و ۱۴ درصد تمایل به سردتر شدن شرایط داشته‌اند که در میزان تقاضای انرژی تأثیرگذار است (شکل ۴).



شکل ۳. نمودار فراوانی احساس حرارتی

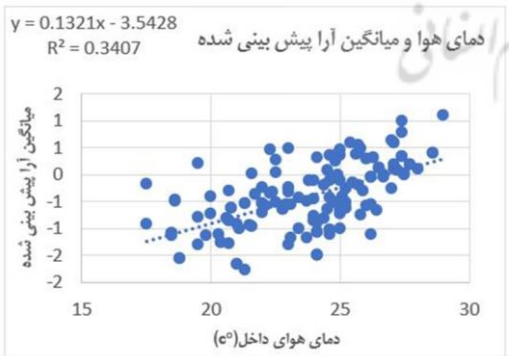


شکل ٤. نمودار فراوانی ترجیح حرارتی

مقایسه میانگین آرا واقعی و پیش‌بینی‌شده

باتوجه‌به شکل ۵، دامنه دمای آسایش بر اساس آرای واقعی ساکنان بین ۲۸/۸–۱۹ درجه سانتی‌گراد است که باتوجه‌به دامنه دمای آسایش (۲۱ تا ۲۵ درجه) ۳/۸+ و ۲ − درجه بیشتر از محدوده است. همچنین دمای خنثی ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد است. مطابق با شکل ۶، دامنه دمای آسایش بر اساس آرای پیش‌بینی‌شده بین ۳۴/۳–۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد است و دمای خنثی ۲۶/۵ درجه حاصل شد که نشان‌دهنده تفاوت معنادار نتایج و عدم انطباق این مدل با شرایط موجود است.

شکل ۵. رابطه بین دمای هوا و میانگین آرا واقعی



شکل ٦. رابطه بین دمای هوا و میانگین آرا پیش‌بینی‌شده

الگوهای رفتاری

برای مشخص شدن الگوهای رفتاری در مواجه با احساس سرما در فصل سرد نتایج مطابق با جدول ۴ حاصل شد. به‌طورکلی رفتار افراد برای رسیدن به آسایش حرارتی در شرایطی که امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی را داشتند مورد سؤال واقع شد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

که به ترتیب: اولویت اول استفاده از وسایل گرمایشی، اولویت دوم پوشیدن لباس گرم‌تر، اولویت سوم رفتن به‌جای گرم‌تر در خانه انتخاب گردید. دوش گرفتن و تحرک بیشتر اولویت‌های فرعی بودند.

جدول ٤. اولویت‌های رفتاری در مواجهه با احساس سرما در فصل سرد

اولویت (درصد)	خوردن نوشیدنی گرم	بسته بودن درب فضاهای سرد	پوشیدن لباس گرم‌تر	تحرک بیشتر	استراحت کردن	رفتن به‌جای گرم‌تر در خانه	عادت کردن به شرایط محیط	استفاده از وسایل گرمایشی	دوش گرفتن
اولویت ۱	۱۷/۲۱	۲۸/۷۲	۴۳/۰۵	۰	۸/۳۳	۲/۵۳	۳/۸۵	۴۳/۱۲	۷/۱۴
اولویت ۲	۱۷/۲۱	۲۹/۷۹	۴۱/۷۲	۸/۳۳	۲۵	۲۰/۲۵	۱۵/۳۸	۲۵/۶۹	۰
اولویت ۳	۳۹/۳۴	۲۱/۲۸	۱۳/۹۱	۳۳/۳۳	۱۶/۶۷	۴۱/۷۷	۳۴/۶۲	۱۶/۵۱	۳۵/۷۱
اولویت ۴	۲۰/۴۹	۱۴/۸۹	۱/۳۲	۱۶/۶۷	۲۵	۲۰/۲۵	۲۳/۰۸	۹/۱۷	۳۵/۷۱
اولویت ۵	۵/۷۴	۵/۳۲	۰	۴۱/۶۷	۲۵	۱۵/۱۹	۲۳/۰۸	۵/۵	۲۱/۴۳
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

همچنین برای مشخص شدن الگوهای رفتاری در مواجهه با احساس سرما در فصل سرد هنگامی‌که امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی وجود نداشت، نتایج مطابق با جدول ۵ حاصل شد. اولویت‌های رفتاری برای رسیدن به آسایش حرارتی و تطبیق با شرایط پیش‌آمده باتوجه‌به ناترازی انرژی و قطع برق و گاز به ترتیب: اولویت اول پوشیدن لباس گرم‌تر، اولویت دوم بستن درب فضاهای سرد، اولویت سوم رفتن به‌جای گرم‌تر در خانه انتخاب گردید. عادت کردن به شرایط محیط و تحرک بیشتر اولویت‌های فرعی بودند.

جدول ۵. اولویت‌های رفتاری در مواجهه با احساس سرما در فصل سرد بدون امکان استفاده از وسایل گرمایشی

اولویت (درصد)	خوردن نوشیدنی گرم	بسته بودن درب فضاهای سرد	پوشیدن لباس گرم‌تر	تحرک بیشتر	استراحت کردن	رفتن به‌جای گرم‌تر در خانه	عادت کردن به شرایط محیط
اولویت ۱	۱۵/۴۵	۲۶/۴۲	۷۰/۰۱	۰	۴	۱/۸۳	۶/۴
اولویت ۲	۲۷/۶۴	۴۷/۱۷	۲۲/۰۱	۲۲/۲۲	۲۴	۲۲/۹۴	۱۲/۹
اولویت ۳	۴۲/۲۸	۱۵/۰۹	۶/۲۹	۲۲/۲۲	۱۶	۴۸/۶۲	۲۲/۵۸
اولویت ۴	۱۳/۰۱	۷/۵۵	۰/۶۳	۲۵/۹۳	۲۴	۲۲/۹۴	۲۹/۰۳
اولویت ۵	۱/۶۳	۳/۷۷	۰	۲۹/۶۳	۳۲	۳/۶۷	۲۹/۰۳
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جهت مشخص شدن الگوهای رفتاری در شرایطی که رفتار حرارتی ساکنان باعث اتلاف انرژی در فصل سرد می‌شد، نتایج مطابق با جدول ۶ حاصل شد. ساکنان برای مقابله با احساس سرما و رسیدن به شرایط آسایش اقدام به استفاده بی رویه از وسایل گرمایشی نمودند که با اتلاف انرژی همراه شد و در نهایت باعث به وجود آمدن احساس گرما در فصل سرد گردید. درنتیجه الگوهای رفتاری برای مواجهه با احساس گرمای پیش‌آمده در فصل سرد به ترتیب: اولویت اول کاهش استفاده از وسایل گرمایشی، اولویت دوم کاهش استفاده از لوازم برقی و اولویت سوم رفتن به‌جای خنک‌تر در خانه انتخاب گردید. عادت کردن به شرایط و کاهش فعالیت‌ها اولویت‌های فرعی بودند.

جدول ٦. اولویت‌های رفتاری در مواجهه با احساس گرما در فصل سرد در صورت استفاده زیاد از وسایل گرمایشی

اولویت (درصد)	خوردن نوشیدنی خنک	باز کردن پنجره	کم کردن لباس	کاهش فعالیت‌ها	استراحت کردن	رفتن به‌جای خنک‌تر در خانه	عادت کردن به شرایط	گرفتن دوش	کاهش استفاده از وسایل گرمایشی	کاهش استفاده از وسایل برقی
اولویت ۱	۱۸/۹۷	۱۰/۳۹	۳۱/۵۴	۷/۶۹	۰	۳/۵۷	۰	۱۲	۷۵	۱۳/۹۲
اولویت ۲	۱۲/۰۷	۲۷/۲۷	۳۴/۶۲	۰	۲۷/۲۷	۲۸/۵۷	۲۵	۲۰	۱۶/۲۴	۵۳/۱۶
اولویت ۳	۳۱/۰۳	۳۳/۷۷	۲۶/۹۲	۲۳/۰۸	۲۷/۲۷	۵۰	۲۵	۴۴	۵/۱۳	۱۷/۷۲
اولویت ۴	۲۰/۶۹	۲۰/۷۸	۵/۳۸	۲۳/۰۸	۰	۱۴/۲۹	۳۷/۵	۸	۳/۴۲	۱۰/۱۳
اولویت ۵	۱۷/۲۴	۷/۷۹	۱/۵۴	۴۶/۱۵	۴۵/۴۵	۳/۵۷	۱۲/۵	۱۶	۰	۵/۰۶
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

نتیجه‌گیری

این پژوهش تأثیر رفتار حرارتی ساکنان آپارتمان‌های مسکونی در تقاضای انرژی و رسیدن به شرایط آسایش باتوجه‌به تغییرات اقلیمی آینده را پی گرفت و ضمن تعیین محدوده آسایش و دمای خنثی به بررسی الگوهای رفتاری در فصل سرد پرداخته شد. انجام مطالعات میدانی ازطریق بررسی شرایط آسایش و رفتار حرارتی ساکنان آپارتمان‌های متداول شهر تهران در بهمن و اسفند ۱۴۰۳ انجام گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد ۵۹ درصد افراد ترجیح حرارتی خنثی دارند، ۲۷ درصد ترجیح داده‌اند که واحد گرم‌تر شود و ۱۴ درصد ترجیح می‌دهند که واحد سردتر شود. همچنین ۴۹ درصد افراد دمای خنثی را ترجیح می‌دهند و ۹۰ درصد در محدوده آسایش قرار دارند. دمای خنثی این پژوهش ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد است و محدوده ۱۹ تا ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد بازه دمایی قابل‌قبول برای ساکنین حاصل شد. باتوجه‌به اینکه محدوده دمای آسایش استاندارد در ایران ۲۱ تا ۲۵ درجه است؛ ۲- درجه پایین‌تر و ۳/۸+ درجه بالاتر از محدوده، نشان‌دهنده تفاوت در میزان تقاضای انرژی جهت رسیدن به محدوده شرایط آسایش است. این شرایط در حالی است که دمای هوای بیرون بین ۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بوده و باتوجه‌به تغییرات اقلیمی آینده، تأثیر قابل‌توجهی بر تقاضای انرژی و سازگاری با شرایط حرارتی خواهد داشت. باتوجه‌به کیفیت پایین کالبد و پوسته ساختمان، نداشتن عایق حرارتی و ناکارآمدی سیستم‌های تأسیساتی اهمیت این موضوع بیشتر خواهد شد و به‌نوعی واکنش به این شرایط است که در رفتار حرارتی ساکنان تأثیر خواهد داشت.

همچنین برای تشخیص رفتارهای حرارتی سازگارانه و اتلاف کننده انرژی در آپارتمان‌ها، نحوه رسیدن به شرایط آسایش حرارتی در سه حالت، با امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی، عدم امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی و استفاده بیش‌ازحد از سیستم‌های گرمایشی بررسی شد. در حالت امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی، اولویت اول استفاده از وسایل گرمایشی، اولویت دوم پوشیدن لباس گرم‌تر و اولویت سوم رفتن به‌جای گرم‌تر در خانه انتخاب گردید. در حالت عدم امکان استفاده از سیستم‌های گرمایشی، اولویت اول پوشیدن لباس گرم‌تر، اولویت دوم بستن درب فضاهای سرد و اولویت سوم رفتن به‌جای گرم‌تر در خانه و برای حالت استفاده بیش‌ازحد از سیستم‌های گرمایشی، اولویت اول کاهش استفاده از وسایل گرمایشی، اولویت دوم کاهش استفاده از لوازم برقی و اولویت سوم رفتن به‌جای خنک‌تر در خانه شناسایی شد. این نتایج نشان می‌دهد رفتارهای واکنشی به نسبت رفتارهای غیر واکنشی از اولویت بیشتری جهت رسیدن به آسایش حرارتی برخوردار است.

باتوجه‌به ناکارآمدی سیستم‌های تأسیساتی و پوسته ساختمان و همچنین هدر رفت انرژی متأثر از آن، تأثیر رفتار ساکنان و فعال شدن آن‌ها جهت سازگاری با شرایط اقلیمی ناگزیر است. بنابراین تأمین آسایش حرارتی ساکنان ازطریق بهبود شرایط پوسته ساختمان و سیستم‌های تأسیساتی بدون توجه به رفتار ساکنان پاسخ‌گوی شرایط اقلیمی آینده نیست.

یافته‌های این پژوهش بر لزوم آگاهی در مورد تغییرات اقلیمی و ناترازی انرژی در آینده، ترویج و آگاهی بخشی به ساکنان در خصوص تأثیر رفتارهای حرارتی در رسیدن به شرایط آسایش و همچنین توجه به فرصت‌های سازگاری در طراحی ساختمان‌های آینده جهت فعال کردن ساکنان برای تطبیق‌پذیری با تغییرات اقلیمی و تاب‌آوری شرایط دمایی آینده تأکید می‌کند.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

References

Ahmed Ali, K., Ahmad, M. I., & Yusup, Y. (2020). Issues, Impacts, and Mitigations of Carbon Dioxide Emissions in the Building Sector. *Sustainability*, *12*(18), 7427. https://doi:10.3390/su12187427

Ahmed, O., Sezer, N., Ouf, M., Wang, L., & Hassan, I. G. (2023). State-of-the-art review of occupant behavior modeling and implementation in building performance simulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185, 113558. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113558

Ahn, J., & Cho, S. (2017). Anti-logic or common sense that can hinder machine's energy performance: Energy and comfort control models based on artificial intelligence responding to abnormal indoor environments. *Applied Energy*, 204, 117-130. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.079

Alhorr, Y., Katafygiotou, M., Elsarrag, E., Arif, M., Kaushik, A., & Mazroei, A. (2016). Occupant productivity and indoor environment quality linked to global sustainability assessment system. *buiding and environment*, 105, 365-389. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.001

Ali, A. A. M., Hagishima, A., Abdel-Kader, M., & Hammad, H. (2013 .(Vernacular and Modern Building: Estimating the CO2 emissions from the building materials in Egypt', . *Building Simulation Cairo 2013*, 3-13.

Arowoiya, V., Onososen, A., Moehler, R., & Fang, Y. (2024). Influence of Thermal Comfort on Energy Consumption for Building Occupants: The Current State of the Art. *Buildings*, 14, 1310. https://doi.org/10.3390/buildings14051310

Ashouri, M., Fung, B., Haghighat, F., & Yoshino, H. (2019). Systematic Approach to Provide Building Occupants with Feedback to Reduce Energy Consumption. *Energy*, 194, 116813. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.1

Baldi, S., Korkas, C. D., Lv, M., & Kosmatopoulos, E. B. (2018). Automating occupant-building interaction via smart zoning of thermostatic loads: A switched self-tuning approach. *Applied Energy*, 231, 1246-1258. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.188

Cabeza, L. F., Bai, Q., Bertoldi, P., Kihila, J. M., A.F.P. Lucena, Mata, É., Mirasgedis, S., Novikova, A., & Y. Saheb. (2022). Buildings. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Carlucci, S., De Simone, M., Firth, S. K., Kjærgaard, M. B., Markovic, R., Rahaman, M. S., Annaqeeb, M. K., Biandrate, S., Das, A., Dziedzic, J. W., Fajilla, G., Favero, M., Ferrando, M., Hahn, J., Han, M., Peng, Y., Salim, F., Schlüter, A., & van Treeck, C. (2020). Modeling occupant behavior in buildings. *Building and Environment*, 174, 106768. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106768

Carpino, C., Loukou, E., Heiselberg, P., & Arcuri, N. (2020). Energy performance gap of a nearly Zero Energy Building (nZEB) in Denmark: the influence of occupancy modelling. *Building Research & Information*, 48(8), 899-92 .https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1707639

Chen, J., & Taylor, J. E. (2013). Layering residential peer networks and geospatial building networks to model change in energy saving behaviors. *Energy and Buildings*, 58, 151-162. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.11.027

Clarity Sustainability, C. (2015). Communications for Energy Behaviour Change.

Duan, J., Li, N., Peng, J., Liu, Q., Peng, T., & Wang, S. (2023). Clustering and prediction of space cooling and heating energy consumption in high-rise residential buildings with the influence of occupant behaviour: Evidence from a survey in Changsha, China. Journal of Building Engineering, 76, 107418. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107418

Fekri, H., Soltani, M., Hosseinpour, M., Alharbi, W., & Raahemifar, K. (2022). Energy simulation of residential house integrated with novel IoT windows and occupant behavior. Sustainable Cities and Society, 78, 103594. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103594

Gaetani, I., Hoes, P.-J., & Hensen, J. (2018). Estimating the influence of occupant behavior on building heating and cooling energy in one simulation run. *Applied Energy*, 223. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.10

Hashempour, N., Taherkhani, R., & Mahdikhani, M. (2020). Energy Performance Optimization of

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

Existing Buildings: A Literature Review. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101967. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101967

Heidari, S. (2000). Thermal comfort in Iranian Courtyard housing., PhD thesis, University of Sheffield. http://etheses.whiterose.ac.uk/10239/

Hong, T., D'Oca, S., Turner, W., & Taylor-Lange, S. (2015). An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings. Part I: Introduction to the DNAs Framework. *Building and Environment*, 92, 764-777. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.20

IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 35-115. https://doi.org/ 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Jami, S., Forouzandeh, N., Zomorodian, Z. S., Tahsildoost, M., & Khoshbakht, M. (2021). The effect of occupant behaviors on energy retrofit: A case study of student dormitories in Tehran. *Journal ofCleanerProduction*, 278,123556. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123556

Kaewunruen, S., Rungskunroch, P., & Welsh, J. (2019). A Digital-Twin Evaluation of Net Zero Energy Building for Existing Buildings. *Sustainability*, 11(1).

Kampelis, N., Gobakis, K., Vagias, V., Kolokotsa, D ,.Standardi, L., Isidori, D., Cristalli, C., Montagnino, F. M., Paredes, F., Muratore, P., Venezia, L., Dracou, M. K., Montenon, A., Pyrgou, A., Karlessi, T., & Santamouris, M. (2017). Evaluation of the performance gap in industrial, residential & tertiary near-Zero energy buildings. *Energy and Buildings*, 148, 58-73. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.057

Kazmi, H., D'Oca, S., Delmastro, C., Lodeweyckx, S., & Corgnati, S. P. (2016). Generalizable occupant-driven optimization model for domestic hot water production in NZEB. *Applied Energy*, 175, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.108

Lamberti, G., Salvadori, G., Leccese, F., Fantozzi, F., & Bluyssen, P. M. (2021). Advancement on Thermal Comfort in Educational Buildings: Current Issues and Way Forward. Sustainability, 13, 10315. https://doi.org/10.3390/su131810315

Langevin, J., Wen, J., & Gurian, P. (2016). Quantifying the human–building interaction: Considering the active, adaptive occupant in building performance simulation. *Energy and Buildings*, 117, 372-386. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.026

Latha, H., Patil, S., & Kini, P. (2022). Influence of architectural space layout and building perimeter on the energy performance of buildings: A systematic literature review. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 14, 431-474. https://doi.org/10.1007/s40095-022-00522-4

Li, J., Yu, Z., Haghighat, F., & Zhang, G. (2019). Development and improvement of occupant behavior models towards realistic building performance simulation: A review. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101685. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101685

Loengbudnark, W., Khalilpour, K., Bharathy, G., Voinov, A., & Thomas, L. (2023). Impact of occupant autonomy on satisfaction and building energy efficiency. *Energy and Built Environment*, 4(4), 377-385. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.02.007

Mahdavi, A., Berger, C., Amin, H., Ampatzi, E., Andersen, R., Azar, E., Barthelmes, V., Favero, M., Hahn, J., Khovalyg, D., Knudsen, H., Luna Navarro, A. ,Roetzel, A., Sangogboye, F., Schweiker, M., Taheri, M., Teli, D., Touchie, M., & Verbruggen, S. (2021). The Role of Occupants in Buildings' Energy Performance Gap: Myth or Reality? *Sustainability*, 13, 3146. https://doi.org/10.3390/su13063146

Masoso, O. T., & Grobler, L. (2010). The dark side of occupants' behaviour on building energy use. *Energy and Buildings*, 42, 173-177. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.009

Muroni, A., Gaetani, I., Hoes, P.-J., & Hensen, J. (2019). Occupant behavior in identical residential buildings: A case study for occupancy profiles extraction and application to building performance simulation. *Building Simulation*, 12, 1047-1061. https://doi.org/10.1007/s1-0573-019-2273-x

Orland, B., Ram, N., Lang, D., Houser, K., Kling, N., & Coccia, M. (2014). Saving energy in an office environment: A serious game intervention. *Energy and Buildings*, 74, 43-52. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.036

Ortiz, M. A., &Bluyssen, P. M. (2018). Proof-of-concept of a questionnaire to understand occupants' comfort and energy behaviours: First results on home occupant archetypes. *Building and*

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]

Environment, 134, 47-58. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.

Ouf, M. M., O'Brien, W., & Gunay, H. B. (2020). Optimization of electricity use in office buildings under occupant uncertainty. *Journal of Building Performance Simulation*, 13(1), 13-25. https://doi.org/10.1080/19401493.2019.1680733

Pothitou, M., Kolios, A., Varga, L., & Gu, S. (2014). A framework for targeting household energy savings through habitual behavioural change. *International Journal of Sustainable Energy*, 35(7), 686-700. https://doi.org/10.1080/14786451.2014.936867

Ren, Z., Chen, Z., & Wang, X. (2011). Climate change adaptation pathways for Australian residential buildings. *Building and Environment*, 46(11), 2398-2412.

Rouleau, J., Gosselin, L., & Blanchet, P. (2018). Understanding energy consumption in high-performance social housing buildings: A case study from Canada. *Energy*, 145, 677-690. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.107

Sangalli, A., Pagliano, L., Causone, F., Salvia, G., Morello, E., & Erba, S. (2020). Behavioural Change Effects on Energy Use in Public Housing: A Case Study. *Sustainability in Energy and Buildings*,759-768. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9868-2_64

Santangelo, A., Yan, D., Feng, X., & Tondelli, S. (2018). Renovation strategies for the Italian public housing stock: Applying building energy simulation and occupant behaviour modelling to support decision-making process. *Energy and Buildings*, 167, 269-280. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.028

Santin, O. (2013). Occupant behaviour in energy efficient dwellings: evidence of a rebound effect. *Journal of Housing and the Built Environment*, 28, 311-327. https://doi.org/10.1007/s10901-012-9297-2

Tan, B. (2020). Design of Balanced Energy Savings Performance Contracts. I*nternational Journal of Production Research*, 58, 1401-1424. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641

World Health Organization, W. (2016). WHO | Infographics on Health and Climate Change

Xu, X., Yu, H., Sun, Q., & Tam, V. W. Y. (2023). A critical review of occupant energy consumption behavior in buildings: How we got here, where we are, and where we are headed. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182, 113396. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113396

Yan, D., Hong, T., Dong, B., Mahdavi, A., D'Oca, S., Gaetani, I., & Feng, X. (2017). IEA EBC Annex 66: Definition and Simulation of Occupant Behavior in Buildings. *Energy and Buildings*, 156. 258-270. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.084

Yousefi, F., Gholipour, Y., & Yan, W. (2017). A Study of the Impact of Occupant Behaviors on Energy Performance of Building Envelopes Using Occupants' Data. *Energy and Buildings*, 148. 182-198. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.085

Yu, C., Du, J., & Pan, W. (2019). Improving accuracy in building energy simulation via evaluating occupant behaviors: A case study in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 202, 109373. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109373

Zhan, S., & Chong, A. (2020). Building occupancy and energy consumption: Case studies across building types. *Energy and Built Environment*, 2, 167-174.https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.08.001

Zhang, Y., Bai, X., Mills, F., & Pezzey, J. (2018). Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review. *Energy and Buildings*, 172, 279-294. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.017.

DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19

[Downloaded from jhre.ir on 2026-05-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.19]