

Performance evaluation of two static heating systems in terms of heating energy demand in urban locations (Case study: Isfahan office building)

Sina Malekhamadi¹

PhD student in Architecture, Architecture Department, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Razihe Labibzadeh

Assistant professor, Architecture Department, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Hamid Majedi

Professor, Architecture Department, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction

The growing emphasis on sustainable development has highlighted the critical need to reduce resource consumption across various sectors, and the building industry is no exception. With buildings significantly contributing to energy consumption and greenhouse gas emissions, strategies that enhance energy efficiency are paramount. One vital aspect of sustainability in the built environment focuses on reducing energy consumption while simultaneously improving the thermal performance of buildings. Among the innovations in this domain, static heating techniques have emerged as effective solutions that leverage renewable energy sources, particularly solar thermal energy.

Static heating systems are ingenious in their design as they integrate seamlessly into building envelopes, offering an innovative means to utilize solar energy. These systems typically employ elements such as thermal mass or specially designed panels on building facades, exploiting the sun's energy for heating purposes. The primary advantage of incorporating such static elements is their ability to resonate with the energy dynamics of the natural environment, thereby improving overall energy efficiency and optimizing indoor thermal comfort.

Research Methodology

In pursuit of the goals set forth by sustainable development, this paper seeks to measure the efficiency and thermal performance of buildings utilizing two specific solar-based systems: greenhouse systems and solar window installations during the cold season. Office buildings, in particular, have gained attention due to their relatively high energy consumption patterns compared to other building types. As workplaces that are often occupied throughout the day, they demand significant energy for heating, cooling, and lighting. Consequently, even minor

¹ Corresponding Author: sina.malekhamadi@gmail.com

improvements in energy efficiency within office buildings can lead to substantial reductions in energy consumption and associated costs.

One specific case study was conducted on the Municipality Building of District 12 of Isfahan, selected for its representative nature among urban office buildings. This building provided an ideal context to examine the impact of static heating solutions under varying scenarios. The two systems studied—greenhouse systems and solar windows—were modeled and simulated using the Afraz Design Builder software, which enables detailed energy consumption predictions based on specific building configurations and local climate conditions.

Result and Discussion

To effectively assess the performance of each system, a comprehensive simulation of the building's energy consumption patterns was carried out, taking into account factors such as orientation, thermal insulation, window-to-wall ratio, and local weather conditions. The aim was to quantify the required heating load during the cold season for each static heating scenario compared to the baseline state of the building, which represented the conventional design without any enhancements aimed at energy efficiency.

The findings from this research have provided valuable insights into the effectiveness of each heating strategy. The first system investigated, the solar window, utilizes advanced glazing technology designed to enhance solar heat gain while minimizing heat loss. The results of the simulation revealed that the incorporation of a triple-glazed solar window dramatically improved thermal performance. Specifically, it was found that the solar window reduced annual heating energy demand by approximately 33.03% compared to the conventional building setup. This significant reduction underscores the potential of modern window technologies to harness solar energy effectively, thereby reducing reliance on conventional heating methods.

On the other hand, the second system, a 1-meter-deep greenhouse, also yielded promising results, albeit to a lesser extent. The greenhouse system functions by extending the thermal mass concept and creating an insulated buffer zone, which can store heat during the day and release it during colder nights. The simulation data indicated that this approach successfully reduced the building's heating energy requirements by 17.39% when compared to the standard design. While this percentage is lower than that achieved with the solar window, it still exemplifies the significant contributions that such passive solar design strategies can make towards enhancing energy efficiency in buildings.

Conclusion

In summary, the analysis concluded that the integration of these static heating systems not only enhances thermal comfort within office settings but also significantly mitigates energy consumption, aligning with the broader objectives of sustainable development. The results clearly demonstrate that the application of a triple-glazed solar window can nearly double the energy savings when compared to a traditional greenhouse system. These findings suggest that prioritizing technologies that significantly boost solar gain and thermal management can lead to transformative improvements in building energy performance.

Moreover, the implications of these results extend beyond individual buildings. When scaled to a larger context, widespread adoption of such sustainable technologies could lead to substantial reductions in energy demand at the urban level, thereby addressing broader challenges associated with climate change and resource depletion. The importance of implementing these

strategies in urban planning and building design cannot be overstated, as cities continue to grow and face mounting pressure to reduce their ecological footprints.

Ultimately, the exploration of static heating techniques highlights a promising pathway towards achieving sustainable, energy-efficient buildings. The research presented in this paper contributes to a growing body of knowledge that seeks to optimize building design for energy performance, demonstrating that thoughtful integration of solar technologies can have profound benefits for both the environment and building occupants. Continued innovation, research, and collaboration among architects, engineers, and policymakers are essential to further advance the implementation of sustainable practices in the construction industry.

Keywords: Sustainable architecture, Energy saving, Building thermal performance, Greenhouse, Solar window, Building energy simulation.

Citation:

Malekhamadi, S., Labibzadeh, R & Majedi, H. (2024). Performance evaluation of two static heating systems in terms of heating energy demand in urban locations (Case study: Isfahan office building). *Journal of Urban Studies on Space and Place*, 8(32), 139-153. <https://doi.org/10.22034/jspr.2025.2049587.1097>

DOI: <https://doi.org/10.22034/jspr.2025.2049587.1097>

URL: https://jspr.jdisf.ac.ir/article_721469.html?lang=en

Copyrights:

©2023 by the authors. Published by Journal of Urban Studies on Space and Place.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International

(CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)).



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی



ارزیابی عملکرد دو سامانه حرارتی ایستا از نظر تقاضای انرژی گرمایشی در مکان‌های شهری (مورد مطالعه: ساختمان اداری اصفهان) ۱

سینا ملک احمدی^۲

دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،

ایران

راضیه لیب زاده

استادیار، گروه معماری، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

حمید ماجدی

استاد، گروه معماری، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

ضرورت کاهش مصرف منابع در توسعه پایدار تأکید شده است. یکی از جنبه‌های پایداری در ساختمان بر کاهش مصرف انرژی یا افزایش بهره‌وری انرژی معطوف می‌شود. تکنیک‌های گرمایش ایستا مصرف انرژی ساختمان را کاهش می‌دهد و عملکرد حرارتی ساختمان را بهبود می‌بخشد. گرمایش ایستا بر پایه استفاده از انرژی حرارتی خورشید استوار است. بدین ترتیب، استفاده از عناصر ایستا در نمای ساختمان، راه‌حل مؤثری برای بهبود محیط حرارتی، کاهش مصرف انرژی و کاهش اثرات تغییرات آب‌وهوایی محسوب می‌شود. هدف از این مقاله، سنجش بازدهی و عملکرد حرارتی ساختمان در دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی در فصل سرما و تعیین سامانه بهینه در یک ساختمان اداری است. ساختمان‌های اداری از جمله مکان‌های شهری با مصرف بالای انرژی شناخته می‌شوند. به همین جهت، ساختمان شهرداری منطقه دوازده اصفهان به عنوان نمونه مطالعاتی مدنظر قرار گرفت و سناریوهای مربوط به هر سامانه پردازش شد. شبیه‌سازی مصرف انرژی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و با استفاده از موتور انرژی پلاس انجام گرفته است. از رهگذر محاسبات کمی و شبیه‌سازی رفتار انرژی در ساختمان، بار گرمایشی مورد نیاز در فصل سرما برای هر کدام از سناریوها برآورد شد. نتایج حاکی از این است که استفاده از پنجره خورشیدی به میزان ۳۳/۰۳ درصد و استفاده از گلخانه به عمق یک متر به میزان ۱۷/۳۹ درصد، انرژی گرمایشی سالیانه ساختمان را در نسبت با حالت معمولی ساختمان (بدون استفاده از سامانه‌های حرارتی ایستا) کاهش می‌دهد. بنابراین استفاده از پنجره خورشیدی سه‌جداره تقریباً دو برابر استفاده از گلخانه با عمق یک متر، عملکرد حرارتی ساختمان را در فصل سرما بهبود می‌بخشد.

واژگان کلیدی: معماری پایدار، صرفه‌جویی انرژی، عملکرد حرارتی ساختمان، گلخانه، پنجره خورشیدی، شبیه‌سازی انرژی ساختمان.

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان: «مدل توسعه‌ای- کاربردی طراحی اقلیمی ساختمان‌های انرژی نزدیک به صفر مبتنی بر الگوهای سامانه حرارتی ایستا (مورد پژوهی: ساختمان‌های اداری میان‌مرتبه شهر اصفهان)» است.

۲. ایمیل نویسنده مسئول: sina.malekhamadi@gmail.com

مقدمه و بیان مسئله

توسعه پایدار برای آینده سیاره زمین ضروری است. بر اساس تفکر امروز توسعه شهری، شهرها باید تا حد ممکن با محیط طبیعی سازگار باشند و تعادل چرخه طبیعی حیات را حفظ کنند. به عبارت دیگر، باید به سویی پایداری گام بردارند و به توسعه پایدار شهر توجه کنند (شفیعی دارافشانی و امیری، ۱۴۰۲: ۱۰۰). شهرنشینی و رشد شهری چالش‌هایی برای کیفیت زندگی مردم به همراه داشته است و به دنبال آن افزایش تراکم جمعیت در شهرها تقاضای بالایی برای منابع طبیعی و خدمات اکوسیستمی را تحمیل می‌کند. تجمع انسان در محیط‌های شهری باعث ایجاد مشکلاتی در زمینه حمل و نقل، بهداشت، انرژی، آموزش، مسکن و اثرات زیست محیطی می‌شود (تدین و همکاران، ۱۴۰۲: ۵۴).

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مستقیماً با اهداف توسعه پایدار مطرح شده توسط سازمان ملل مرتبط است. سازمان ملل متحد هدف جهانی را به عنوان اهداف توسعه پایدار معرفی کرده است (United Nations, 2024).

اهداف توسعه پایدار، ابعاد اجتماعی و اقتصادی و زیست محیطی را پوشش می‌دهد و هرکدام از این اهداف، حوزه خاصی را نشانه می‌گیرد (Regona et al., 2024: 4). اهمیت انرژی پاک و قابل دسترس در هدف هفتم مورد تأکید قرار گرفته است (Mishra et al., 2023). مقصود غایی از این هدف حصول اطمینان از دسترسی همگان به انرژی مقرون به صرفه، قابل اتکا و پایدار است (Alam et al., 2024: 1).

از سوی دیگر، در دنیای امروز، بحران انرژی به عنوان یکی از بحرانی‌ترین چالش‌های جهانی مطرح است. معماری پایدار به عنوان یک راه حل منطقی برای مقابله با این بحران تلقی می‌شود (Azkorra-Larrinaga et al., 2023: 2).

علاوه بر این، با توجه به مصرف بی‌رویه انرژی در عصر حاضر، مشکلات متعددی از جمله اثرات مخرب زیست محیطی، افزایش دمای زمین، اثرات گلخانه‌ای و

آلودگی کره زمین به وجود آمده (Liu et al., 2021) که بر ضرورت دستیابی به راهکارهای متناسب با کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها تأکید می‌کند (Borralló et al., 2022).

با این وضعیت، تأثیر بخش ساختمان بر گرمایش جهانی به یک موضوع اساسی در سراسر جهان تبدیل شده است؛ زیرا ساختمان‌ها تقریباً چهار درصد از انرژی جهان را مصرف می‌کنند و سی درصد از گازهای گلخانه‌ای را انتشار می‌دهند (Murtyas et al., 2024: 2). تا همین اواخر، اغلب در طراحی ساختمان ملاحظات مربوط به بهره‌وری انرژی نادیده گرفته می‌شد و متعاقباً افزایش هزینه‌های گرمایش و سرمایش را برای ساختمان به همراه داشت (Alaoui et al., 2023). به طور همزمان، گسترش سریع شهرنشینی موجب رشد قابل توجه در صنعت ساخت و ساز و افزایش متناظر در تقاضای انرژی شده است (Fakhari et al., 2021). در حال حاضر، انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها ۶/۷ درصد از کل تولید انرژی جهان است (Irshad & Noori, 2022: 595).

با این شرایط و با توجه به عمر طولانی ساختمان‌ها، اتخاذ اقدامات سریع و گسترده به منظور افزایش عملکرد انرژی ساختمان ضروری است (Murtyas et al., 2024: 2). طراحی معماری به طور قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد ساختمان از جنبه پایداری تأثیر می‌گذارد و یکی از ابزارهای دستیابی به معماری پایدار، بهینه‌سازی ساختمان در راستای دستیابی به اهداف پایداری طی فرایند طراحی ساختمان است (Wang et al., 2024: 1). یکی از جنبه‌های مهم در طراحی معماری ساختمان‌های پایدار، تکامل شیوه‌های معماری در پاسخ به چالش‌های زیست محیطی است. بهره‌وری مصرف انرژی به عنوان یکی از اصول معماری پایدار محسوب می‌شود. بهره‌وری انرژی در معماری پایدار به مفهوم حداکثر رساندن استفاده از منابع طبیعی برای تأمین یا کاهش تقاضای انرژی ساختمان است (Mba et al., 2024: 2).

در کشورهای در حال توسعه و به ویژه کشور ایران،

بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، در مقایسه با کشورهای صنعتی بسیار محدود است. در حال حاضر تنها شش درصد از انرژی مورد نیاز کشور از طریق منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود که این میزان، ایران را در ردیف پایین‌ترین طبقه از کشورهای تولیدکننده انرژی‌های نو قرار داده است (امینی و همکاران، ۱۴۰۳: ۶). در سراسر جهان از میان ساختمان‌های با کاربری عمومی، ساختمان‌های اداری بیشترین سهم از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند (Bonjar et al., 2021: 124). ساختمان‌های اداری، از ساختمان‌های پرمصرف انرژی در مقیاس شهری شناخته می‌شوند و با شناسایی میزان مصرف انرژی و ارائه راهکارهای بهینه‌سازی، افزایش کارایی و اصلاح الگوی مصرف آن، می‌توان با کاهش میزان انرژی مصرفی، آسایش مورد نظر را فراهم کرد (Joe et al., 2022).

از موارد مهم در فضاهای اداری که هم متأثر از پوشش معماری و هم تنظیمات داخلی ساختمان قرار می‌گیرد، مصرف انرژی ساختمان‌های اداری است. تقاضای گرمایش، سرمایش، تهویه، روشنایی و سایه‌اندازی، بخشی از این عوامل است (Vandenbogaerde et al., 2023).

ایجاد روابط بهینه بین ساختمان‌ها و انرژی خورشیدی و تأمین گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها توسط آن، از عوامل شکل‌گیری معماری فضاها در جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان‌هاست (Zareba et al., 2022).

با توجه به تأثیر قابل توجه نما و پوسته ساختمان در حفظ انرژی، استفاده از سامانه‌های حرارتی ایستا^۱ به عنوان راه حل معماری پایدار برجسته می‌شود (Azkorta-Larrinaga et al., 2023: 2). فناوری حرارتی خورشیدی به عنوان یکی از روش‌های بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر انرژی، اهمیت بالایی در حوزه ساختمان دارد (Meng et al., 2019) و به مثابه روشی کارآمد از نظر هزینه و منابع قابل دسترس برای ایجاد هماهنگی میان اقلیم و معماری و مردم محسوب می‌شود (Gupta & Tiwari, 2016).

با استفاده از سامانه‌های حرارتی ایستا می‌توان بهره‌وری

انرژی را به حداکثر رساند و مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به میزان قابل توجهی کاهش داد (Irshad & Noori, 2022). سامانه‌های حرارتی ایستا هم در فصول گرم برای کاهش تقاضای انرژی سرمایشی و هم در فصول سرد برای کاهش تقاضای انرژی گرمایشی به کار می‌روند. گرمایش ایستا بر پایه استفاده از انرژی حرارتی خورشید و سرمایش ایستا بر پایه استفاده از کاهنده‌های گرمایی مختلف استوار هستند (DeKey & Brown, 2016).

در فصول سرد اقلیم‌های مختلف، شرایط محیط باید توسط معمار در نظر گرفته شود تا نیاز به انرژی گرمایشی با استفاده از روش‌های مختلف کاهش یابد. کاهش نیاز به انرژی گرمایشی با استفاده از گرمایش طبیعی حاصل از انرژی خورشیدی رخ می‌دهد (Omar, 2020).

به این منظور، روش‌های مختلفی در جذب انرژی حرارتی خورشیدی و در قالب سامانه‌های ایستا عمل می‌کنند. از جمله پنجره‌های خورشیدی^۲ (Chan et al., 2022)، احداث دیوار ترومب^۳ (Wang et al., 2020)، گلخانه^۴، اتاق بهره مستقیم (Si et al., 2020) به عنوان یک ساختار محفظه شفاف دولا به دولا با مقاومت حرارتی قابل تغییر (Gong et al., 2022)، بهره‌گیری از سیستم جامع دیوار آتش تأثیرگذار بر تغییرات دمای داخلی و کاهش بار حرارتی کلی ساختمان که از طریق همرفت گرما و به عنوان عایق در زمستان عمل می‌کند (Yang & Chen, 2021)، بهره‌گیری از تجهیزات یکپارچه جمع‌آوری و ذخیره‌سازی گرما بر اساس کلکتور ایستا و لوله خلاء و تغییر فاز مواد (Zhou, 2021) و... که به عنوان سامانه‌های ایستای خورشیدی بر صفره جویی در انرژی گرمایشی برای انواع ساختمان تأثیرگذارند.

سامانه‌های حرارتی ایستا برای اقلیم‌های گرم و خشک پاسخ‌ده هستند؛ زیرا اقلیم‌هایی نظیر اقلیم گرم و خشک از میزان تابش سالیانه آفتاب فراوانی بهره‌مندند (کنگازیان و میرممتاز، ۱۴۰۰: ۲۸).

هدف از این مقاله، سنجش بازدهی و عملکرد حرارتی ساختمان در دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی در فصل سرما و تعیین سامانه بهینه است. برای نیل

به هدف پژوهش ضمن کندوکاو در ادبیات موضوع، سامانه‌های حرارتی ایستا و دو نمونه از انواع رایج و قابل کاربرد این سامانه‌ها در اقلیم گرم و خشک مشتمل بر گلخانه و پنجره خورشیدی تشریح شد. برآورد تقاضای انرژی در محیط‌های نرم‌افزاری مختلف امکان‌پذیر است. از این رو، پژوهشگران از دیزاین بیلدر^۵ به منظور شبیه‌سازی رفتار انرژی استفاده کردند. گفتنی است که داده‌های اقلیمی مورد نیاز از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت^۶ اخذ شد و به‌عنوان متغیرهای ورودی به دیزاین بیلدر داده شد. در گام بعدی، سناریوهای مربوط به دو سامانه منتخب ساخته و پرداخته شد و ساختمان شهرداری منطقه دوازده اصفهان به‌عنوان نمونه مطالعاتی مدنظر قرار گرفت. در ادامه، به بررسی مصرف انرژی در نمای بدون سامانه ایستا و همچنین شبیه‌سازی تقاضای انرژی در هرکدام از سناریوها پرداخته شد و از این رهگذر امکان مقایسه عملکرد حرارتی ساختمان برای فصل سرما در هرکدام از سناریوها حاصل شد. در نهایت، مؤثرترین سامانه ایستا از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی گرمایشی و ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان شهرداری منطقه دوازده اصفهان تعیین شد.

مبانی نظری

سامانه‌های حرارتی ایستا:

سامانه حرارتی ایستا، سیستمی است که در آن عناصر اصلی ساختمان، انرژی خورشید را جمع‌آوری، ذخیره و دوباره توزیع می‌کنند (DeKey & Brown, 2016). گرمایش خورشیدی ایستا نوعی طراحی زیست‌اقلیمی است که نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی ساختمان، بلکه به کاهش هزینه‌های مربوط به لوازم گرمایش و تعمیر آن‌ها منجر می‌شود (Cui, 2018). رایج‌ترین فناوری‌های حرارتی ایستا شامل سامانه‌های پنجره خورشیدی، گلخانه و دیوار ترموب است (Chen et al., 2023).

گلخانه:

گلخانه از عناصر کلاسیک معماری است و یک سامانه گرمایش خورشیدی به شمار می‌آید (Barrio-Amorós et al., 2015). گلخانه به‌عنوان استراتژی

خورشیدی ایستا و منبع گرما در سیستم تهویه استفاده می‌شود. این نوع استراتژی تهویه طبیعی برای گرم کردن هوای داخلی استفاده می‌شود (Conceição et al., 2022). گلخانه خورشیدی تأثیر بسزایی بر کنترل مصرف انرژی ساختمان‌ها دارد (Suárez López et al., 2020). اثر گلخانه‌ای به‌صورت یک شیر فلکه با جریان یک‌طرفه گرما عمل می‌کند. این اثر امکان ورود انرژی خورشیدی با طول موج کوتاه را میسر می‌سازد و توان مانع از فرار گرما می‌شود. آن‌گاه جرم حرارتی داخل ساختمان این گرما را جذب می‌کند تا هم مانع برافروختگی ساختمان به‌هنگام روز شود و هم آن را برای استفاده در شب ذخیره کند (Thomsen et al., 2015). در واقع گلخانه خورشیدی، یک کلکتور خورشیدی است که قسمتی از نیازهای حرارتی فضای مجاور را تأمین می‌کند و به دیگر عملکردهای ساختمانی نیز پاسخگوست (Givoni, 1998).

پنجره خورشیدی:

ساختار مطلوب پنجره‌ها به کاهش بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان کمک می‌کند و ورود بیش از حد گرما را از نمای جنوبی ساختمان کنترل می‌کند (Mohammad & Ghosh, 2023). زیرا در تابستان بیش از هفتاد درصد گرما از طریق پنجره به فضای داخل ساختمان منتقل می‌شود. در زمستان، پنجره‌ها باعث از دست دادن سی درصد گرما می‌شود. بنابراین، تنظیم نور خورشید و تابش گرمای منتقل شده از طریق پنجره‌ها مصرف انرژی گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع را کاهش و در عین حال بهره‌وری انرژی را افزایش می‌دهد (Zhou et al., 2021). طراحی پنجره کارآمد در مصرف انرژی به‌طور گسترده بر کاهش مصرف انرژی در فصل سرد تأثیر دارد (Kaasalainen et al., 2020).

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که سامانه‌های حرارتی ایستا به بهره‌وری انرژی در ساختمان منتج می‌شود. مطالعه سوبچیک حاکی از این است که احداث ساختمان با تکنیک‌های حرارتی ایستا، سرمایه‌گذاری سبز تلقی می‌شود و مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی

ملموسى را با خود به ارمغان مى آورد. به علاوه، طراحی و احداث ساختمان های ایستا به مصرف کمتر سوخت های فسیلی کمک می کند. با توجه به کاهش منابع فسیلی به موازات افزایش تقاضا برای انرژی، کاهش وابستگی ساختمان به سوخت های فسیلی، اهمیت دوچندان می یابد (Sobczyk & Sobczyk, 2019).

ویگنولا و همکاران به کارگیری استراتژی های ایستا را در ساختمان برای آب و هوای گرم و خشک قاهره مطالعه کردند. نتایج شبیه سازی دال بر این بود که عملکرد ساختمان ها از نقطه نظر آسایش حرارتی و مصرف انرژی با استفاده از استراتژی های ایستا بهبود یافته است (Vignola, 2019).

کنسیسانو و همکاران عملکرد انرژی یک گلخانه خورشیدی را در ساختمان به عنوان منبع گرما در شرایط زمستانی شبیه سازی کرده اند. نتایج نشان داد که با استفاده از سامانه گلخانه و راهبردهای تهویه، فضاهای ساختمان ضمن کاهش مصرف انرژی، آسایش حرارتی را تجربه می کنند (Conceição et al., 2022). مونوز-لیسا و همکاران نشان دادند که عملکرد گلخانه در ساختمان، مصرف انرژی را کاهش می دهد و به پایداری شهری می انجامد (Muñoz-Liesa et al., 2022).

ایهم و همکاران در مطالعه خود نتیجه گرفتند که انتخاب شیشه های مناسب برای ساختمان در میزان تقاضای انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان تأثیر بسزایی دارد (Ihm et al., 2012). هاگلند در پژوهش خود تأکید کرده است که استفاده از شیشه پنجره با کارایی بیشتر، یک ابزار مهم در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی قلمداد می شود (Haglund, 2010). سرگری و همکاران انتقال حرارت توسط تشعشع، جابه جایی و هدایت را برای پنجره های معمولی با شیشه های تک لایه و پنجره های دوجداره بررسی کردند. نتایج نشان داد که در صورت استفاده از پنجره های دوجداره، چهل و دو درصد از اتلاف انرژی کاهش می یابد (سرگری و همکاران، ۱۳۹۴).

پیلچى ها و همکاران در پژوهش خود تصریح کردند

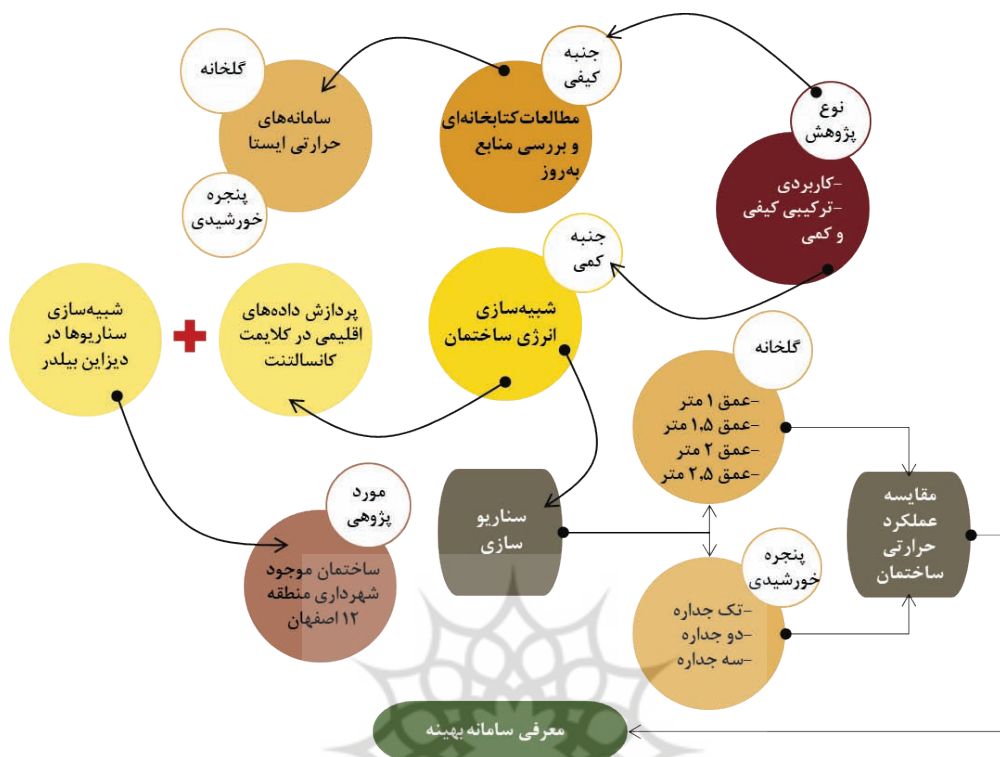
که پوسته های ساختمان عامل اصلی در هدررفت انرژی است و نقش پنجره ها در این پوسته ها بسیار مهم است. بنابراین، انتخاب پنجره مناسب نقش مهمی در جلوگیری از هدررفت انرژی این بخش ایفا می کند. همچنین اشاره شده است که در میان جبهه های قرارگیری ساختمان، جبهه جنوبی به دلیل تابش مستمر خورشید حداقل نیمی از جداره های اصلی ساختمان ها را تشکیل می دهد. از این رو، بر معرفی بهترین حالت پنجره در جبهه جنوبی تمرکز شده است. نتایج حاکی از آن است که بهترین حالت پنجره در جهت جنوب مربوط به پنجره دوجداره با شیشه رفleks است که دارای هشت میلی متر فاصله هوایی پر شده از گاز زنون است و نسبت به پنجره مرجع حدود ۱۵ درصد کاهش مصرف انرژی به همراه دارد و بهینه ترین کارایی انرژی را به ارمغان می آورد (پیلچى ها و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۲).

روش پژوهش

این پژوهش کاربردی و از نوع ترکیب روش های کیفی و کمی است. از جنبه کیفی، مضامین مرتبط با سامانه های حرارتی ایستا و تأثیر آن بر عملکرد حرارتی ساختمان با استفاده از مطالعات کتابخانه ای بررسی شده است. از جنبه کمی، شبیه سازی مصرف انرژی در نرم افزار دیزاین بیلدر نسخه ۷/۰ و با استفاده از موتور انرژی پلاس^۷ انجام گرفته است.

با توجه به اهمیت ویژگی های اقلیمی در شبیه سازی انرژی، داده های اقلیمی اصفهان با نرم افزار کلایمت کانسالنت نسخه ۶/۰ گردآوری شد و نتایج آن طی فرایند شبیه سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر بارگذاری شد. داده های اقلیمی مورد استفاده در محاسبات انرژی از ایستگاه فرودگاه شهید بهشتی اصفهان به عنوان نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی اخذ شد. در زمان انجام محاسبات، آخرین داده های اقلیمی قابل دسترس و مستند مربوط به میانگین ده سال گذشته در سال ۲۰۲۲ انتشار یافته بود.

به منظور بررسی وضعیت مصرف انرژی گرمایشی در فصل سرد بر مبنای دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی، مدل اولیه از فضای اداری در نرم افزار

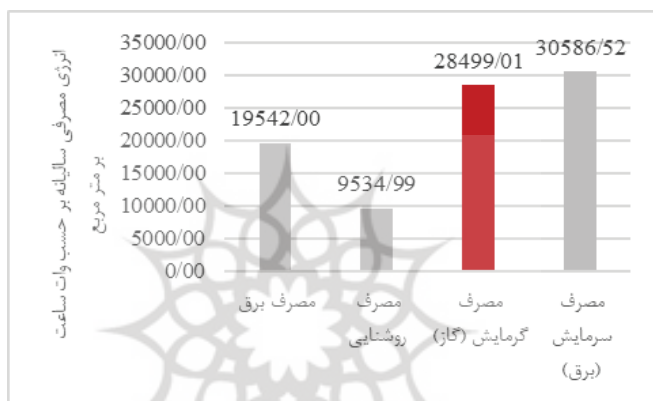


شکل شماره (۱): فرایند انجام پژوهش

- دیزاین بیلدر پردازش شده است. علاوه بر این، چهار سناریو برای سامانه گلخانه و سه سناریو برای سامانه پنجره خورشیدی تدوین شد. «گلخانه با عمق ۱ متر»، «گلخانه با عمق ۱/۵ متر»، «گلخانه با عمق ۲ متر» و «گلخانه با عمق ۲/۵ متر» سناریوهای مربوط به سامانه گلخانه را تشکیل می‌دهند. به علاوه، «پنجره خورشیدی تک جداره»، «پنجره خورشیدی دو جداره» و «پنجره خورشیدی سه جداره» سناریوهای مربوط به سامانه پنجره خورشیدی محسوب می‌شوند.
 - پیش فرض‌های شبیه‌سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر به شرح زیر است:
 - نوع مصالح در جداره‌های خارجی نما: آجرنما با ضخامت ده سانتی متر، عایق پلی استایرن با ضخامت هشت سانتی متر، دیوار آجری با ضخامت ده سانتی متر و اندود گچ داخلی با ضخامت دو سانتی متر؛
 - انتقال حرارت همرفتی: $2/15$ وات بر متر مربع کلوین؛
 - انتقال حرارت از طریق تشعشع: $5/5$ وات بر متر مربع کلوین؛
 - مقاومت سطح: $0/13$ متر مربع کلوین بر وات.
- در این پژوهش، ساختمان شهرداری منطقه دوازده واقع در شهر اصفهان برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شده است. این ساختمان با زیربنای 2250 متر مربع و در سه طبقه ساخته شده است. فرض شده است که قوانین ساختمان نظام مهندسی اصفهان، استانداردهای طراحی مندرج در مقررات ملی ساختمان از جمله مبحث نوزده و ضوابط ابلاغ شده از سوی وزارت راه و شهرسازی در فرایند اجرای ساختمان رعایت شده است. در نتیجه عناصر مرتبط با مصرف انرژی در ساختمان از جمله سیستم‌های گرمایشی از کارایی



شکل شماره (۲): مدل‌سازی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر



نمودار شماره (۱): مصرف انرژی سالیانه ساختمان شهرداری منطقه

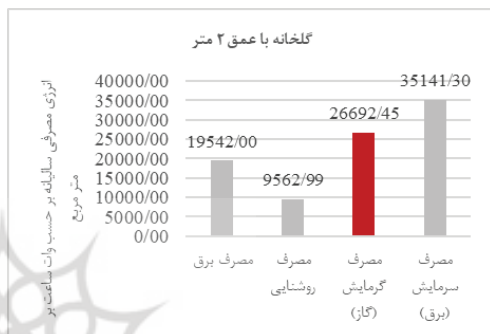
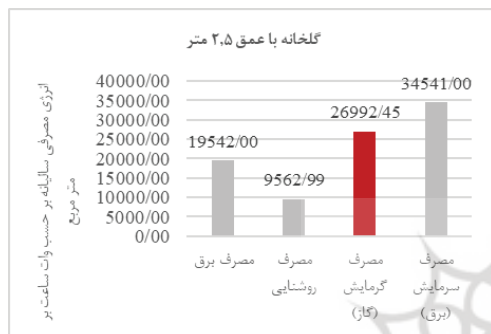
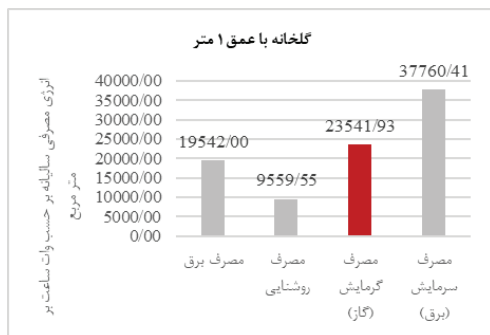
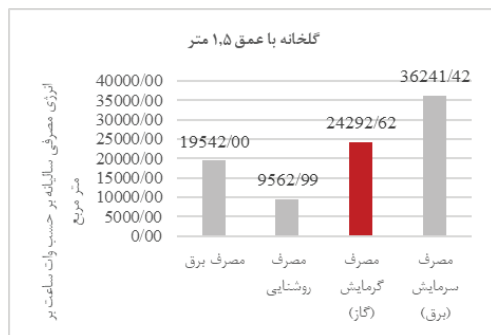
دوازده اصفهان در حالت معمولی (بدون سامانه حرارتی ایستا) بر حسب Wh/m^2

بررسی مصرف انرژی ساختمان در حالت معمولی: در نمودار شماره (۱)، مصرف انرژی سالیانه ساختمان در حالت معمولی (بدون استفاده از سامانه حرارتی ایستا) بررسی شده است. میزان مصرف انرژی گرمایشی در فصل زمستان برابر با $28499/01$ وات ساعت بر متر مربع برآورد شده که قابل توجه است. نتایج شبیه‌سازی مصرف انرژی سالیانه ساختمان با سامانه گلخانه: مصرف انرژی سالیانه در ساختمان شهرداری منطقه دوازده اصفهان با سامانه گلخانه به تفکیک چهار سناریو در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شده است. بدین ترتیب که عمق گلخانه در دیوار جنوبی از ساختمان شهرداری منطقه دوازده در چهار سناریو

لازم برخوردار است و اتلاف انرژی در ساختمان رخ نمی‌دهد. در شکل شماره (۱) فرایند انجام پژوهش مشخص شده است.

بحث و ارائه یافته‌ها

در این مبحث، ابتدا مصرف انرژی ساختمان در حالت معمولی بررسی شد. آنگاه مصرف انرژی سالیانه ساختمان با دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی شبیه‌سازی شد. در نهایت عملکرد حرارتی منتج از به‌کارگیری دو سامانه مذکور با یکدیگر مقایسه شد. در شکل شماره (۲)، مدل‌سازی اولیه از فضای اداری، مدل‌سازی گلخانه و همچنین متغیرهای به‌کاررفته در مدل‌سازی پنجره خورشیدی نشان داده شده است.

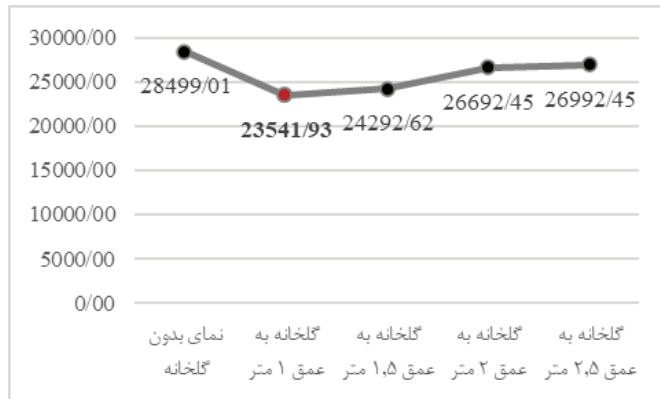


نمودار شماره (۲): نتایج شبیه‌سازی سامانه گلخانه

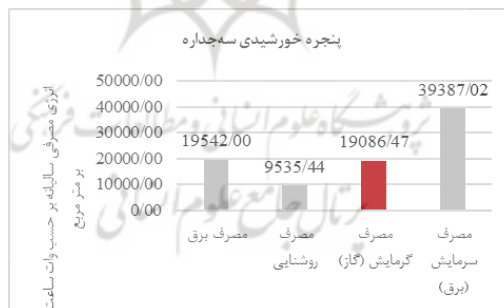
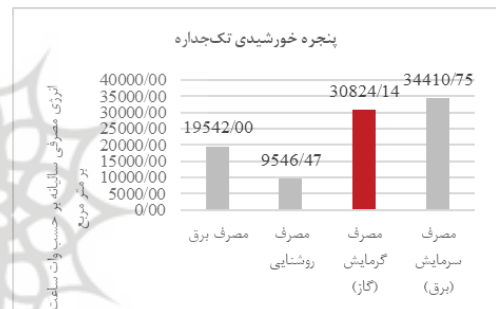
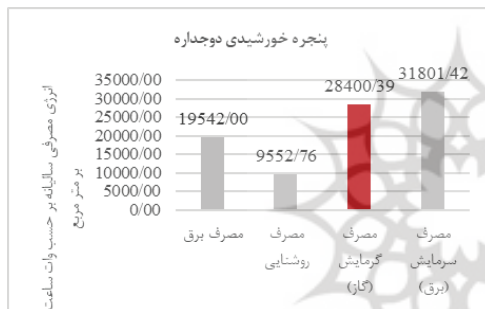
به میزان ۱۷/۳۹ درصد کاهش می‌دهد. به‌طور مشابه، گلخانه با عمق ۱/۵ متر ۱۴/۷۶ درصد، گلخانه با عمق دو متر ۶/۳۴ درصد و گلخانه با عمق ۲/۵ متر ۵/۲۹ درصد انرژی مورد نیاز برای گرمایش سالیانه را در مقایسه با نمای بدون گلخانه کاهش می‌دهد.

نتایج شبیه‌سازی مصرف انرژی سالیانه ساختمان با سامانه پنجره خورشیدی: مصرف انرژی سالیانه در ساختمان شهرداری منطقه دوازده اصفهان با سامانه پنجره خورشیدی به تفکیک سه سناریو در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شده است. پنجره تک‌جداره، دوجداره و سه‌جداره سناریوهای مربوط به سامانه پنجره خورشیدی را تشکیل می‌دهند. در محاسبات انجام‌شده، ارتفاع قرارگیری پنجره خورشیدی به‌دلیل نیاز به نور در ارتفاع ۱۱۰ سانتی‌متری از سطح زمین است. درصد مساحت پنجره خورشیدی به مساحت

شامل «۱ متر»، «۱/۵ متر»، «۲ متر» و «۲/۵ متر» متغیر بوده است. در محاسبات انجام‌شده، پنجره‌ها از نوع متحرک است. همچنین پنجره‌ها، به‌منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تابش خورشید در فصل گرما، باز می‌شوند. نتایج شبیه‌سازی مصرف انرژی سالیانه ساختمان با سامانه گلخانه به تفکیک هر چهار سناریو در نمودار شماره (۲) نشان داده شده است. در نمودار شماره (۳) بار گرمایش مورد نیاز ساختمان شهرداری منطقه دوازده شهرداری اصفهان در حالت معمولی (نمای بدون گلخانه) و چهار سناریوی یادشده مقایسه شده است. مذاقه در این نمودار نشان می‌دهد که کمترین بار گرمایش سالیانه مورد نیاز مربوط به سناریوی گلخانه با عمق یک متر با ۲۳۵۴۱/۹۳ وات ساعت بر متر مربع است. استفاده از گلخانه با عمق یک متر در نمای جنوبی ساختمان، انرژی مورد نیاز برای گرمایش سالیانه را در مقایسه با نمای بدون گلخانه



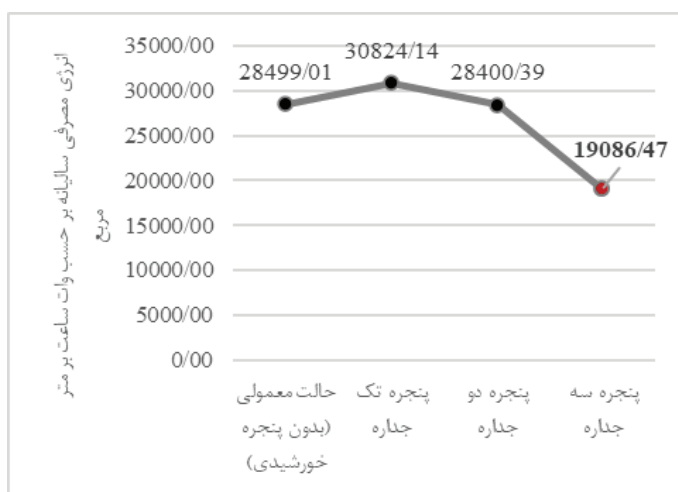
نمودار شماره (۳): مقایسه تطبیقی نتایج شبیه سازی مربوط به سناریوهای سامانه گلخانه از نظر بار گرمایش بر حسب Wh/m^2



نمودار شماره (۴): نتایج شبیه سازی با سامانه پنجره خورشیدی سه جداره

شهرداری منطقه دوازده شهرداری اصفهان در حالت معمولی (نمای بدون پنجره خورشیدی) و سه سناریوی یادشده مقایسه شده است. مذاقه در این نمودار نشان می دهد که کمترین بار گرمایش سالیانه مورد نیاز مربوط به سناریوی پنجره خورشیدی سه جداره

کل دیوار، حداکثر سی درصد در نظر گرفته شد. نتایج شبیه سازی مصرف انرژی سالیانه ساختمان با سامانه پنجره خورشیدی به تفکیک هر سه سناریو در نمودار شماره (۴) نشان داده شده است. در نمودار شماره (۵)، بار گرمایش مورد نیاز ساختمان



نمودار شماره (۵): مقایسه تطبیقی نتایج شبیه سازی مربوط به
سناریوهای سامانه پنجره خورشیدی از نظر بار گرمایش بر حسب Wh/m^2

مربوط به سامانه گلخانه شامل «گلخانه با عمق ۱/۵ متر»، «گلخانه یا عمق ۲ متر» و «گلخانه با عمق ۲/۵ متر» در مقایسه با سایر سناریوهای مربوط به سامانه پنجره خورشیدی شامل «پنجره خورشیدی دوجداره» و «پنجره خورشیدی تک جداره» عملکرد بهتری دارد.

با $19086/47$ وات ساعت بر متر مربع است. استفاده از پنجره خورشیدی سه جداره، انرژی مورد نیاز برای گرمایش سالیانه را در مقایسه با نمای بدون پنجره خورشیدی به میزان $33/03$ درصد کاهش می دهد. بنابراین افزایش جداره های ساختمان و استفاده از پنجره سه جداره خورشیدی به میزان قابل توجهی به کاهش مصرف انرژی در ساختمان منتج شده است.

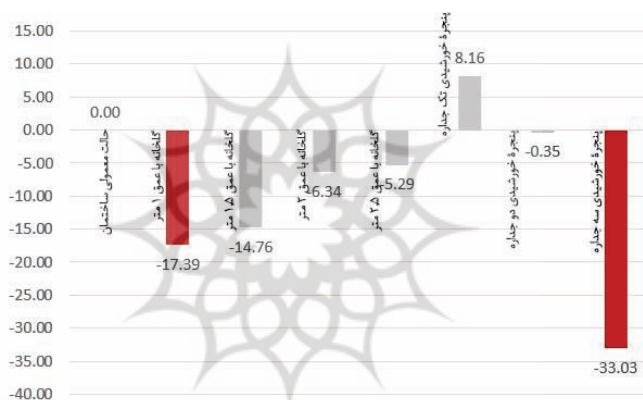
نتیجه گیری

ساختمان های اداری از جمله ساختمان های پرمصرف انرژی در جهان شناخته می شوند و مصرف انرژی در آن ها به عوامل متعددی از جمله متغیرهای آب و هوایی وابسته است. ظرفیت ساختاری نهفته در سامانه های حرارتی ایستا شامل گلخانه و پنجره خورشیدی در اقلیم گرم و خشک پاسخ ده است. از رهگذر به کارگیری سامانه های یادشده، عملکرد حرارتی ساختمان ارتقا می یابد و متعاقباً به بهره وری انرژی گرمایشی در فصل سرما می انجامد. شناسایی سامانه بهینه، مستلزم شبیه سازی رفتار انرژی در محیط های نرم افزاری است تا میزان مصرف انرژی گرمایشی سالیانه در ساختمان با توجه به متغیرهای آب و هوایی محاسبه شود. بنابراین،

مقایسه عملکرد حرارتی ساختمان در دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی: مقایسه عملکرد حرارتی ساختمان در دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی در جدول شماره (۱) منعکس شده است. کندوکاو در این جدول نشان می دهد که از میان چهار سناریوی مربوط به سامانه گلخانه، به کارگیری «گلخانه با عمق ۱ متر» بیشترین کاهش بار گرمایش سالیانه ($17/39$ درصد) را در مقایسه با حالت معمولی ساختمان به همراه داشته است. به طور مشابه، از میان سه سناریوی مربوط به پنجره خورشیدی، به کارگیری «پنجره خورشیدی سه جداره» بیشترین کاهش بار گرمایش سالیانه ($33/03$ درصد) را در مقایسه با حالت معمولی ساختمان به ارمغان می آورد. این در حالی است که سایر سناریوهای

جدول شماره (۱): مقایسه عملکرد حرارتی ساختمان در دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی

نوع سامانه	سناریو	بار گرمایش سالیانه	رتبه	تغییرات نسبت به حالت معمولی (درصد)
حالت معمولی ساختمان	-	۲۸۴۹۹/۰۱	۷	۰/۰۰
گلخانه	گلخانه با عمق ۱ متر	۲۳۵۴۱/۹۳	۲	۱۷/۳۹-
	گلخانه با عمق ۱/۵ متر	۲۴۲۹۲/۶۲	۳	۱۴/۷۶-
	گلخانه با عمق ۲ متر	۲۶۶۹۲/۴۵	۴	۶/۳۴-
	گلخانه با عمق ۲/۵ متر	۲۶۹۹۲/۴۵	۵	۵/۲۹-
	پنجره خورشیدی تک جداره	۳۰۸۲۴/۱۴	۸	۸/۱۶
پنجره خورشیدی	پنجره خورشیدی دوجداره	۲۸۴۰۰/۳۹	۶	۰/۳۵-
	پنجره خورشیدی سه جداره	۱۹۰۸۶/۴۷	۱	۳۳/۰۳-



نمودار شماره (۶): میزان تغییرات بار گرمایش سالیانه مورد نیاز

در مقایسه با حالت معمولی ساختمان (بدون سامانه حرارتی ایستا) بر حسب درصد

این پژوهش درصدد برآمد تا با شبیه‌سازی رفتار انرژی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر در شرایط آب‌وهوایی اصفهان برای ساختمان اداری شهرداری منطقه دوازده، از میان دو سامانه گلخانه و پنجره خورشیدی، سامانه بهینه را در فصل سرما شناسایی کند. نتایج حاکی از این است که پنجره خورشیدی سه جداره در مقایسه با پنجره خورشیدی دوجداره و پنجره خورشیدی تک جداره از نظر صرفه جویی در انرژی گرمایشی در فصل سرما عملکرد بهتری دارد. به طور مشابه، گلخانه با عمق یک متر در مقایسه با گلخانه با عمق های ۱/۵ متر،

دو متر و ۲/۵ متر به میزان بیشتری نیاز به انرژی گرمایشی در فصل سرما را می‌کاهد. چنان‌که استفاده از پنجره خورشیدی به میزان ۳۳/۰۳ درصد و استفاده از گلخانه به عمق یک متر به میزان ۱۷/۳۹ درصد، انرژی گرمایشی سالیانه ساختمان را در نسبت با حالت معمولی ساختمان (بدون استفاده از سامانه‌های حرارتی ایستا) کاهش می‌دهد. در نهایت با توجه به نمودار شماره (۶) استفاده از پنجره خورشیدی سه جداره تقریباً دو برابر استفاده از گلخانه با عمق یک متر، عملکرد حرارتی ساختمان را در فصل سرما بهبود می‌بخشد.

به منظور خنثی کردن تأثیرات منفی ناشی از جذب انرژی خورشید در فصل گرما باید از سامانه‌های حرارتی ایستا، صرفاً در فصول سرد، استفاده کرد. افزون بر آن استفاده از راه‌حل‌ها و تمهیدات معماری در ساختمان توأم با استفاده از سامانه‌های حرارتی ایستا، اثرات نامطلوب مربوط به تابش خورشید در فصول گرم را کنترل می‌کند. ازجمله این تمهیدات و سازوکارها می‌توان به سایه‌اندازی، بهره‌مندی از کوران طبیعی شمالی-جنوبی، به‌کارگیری عایق‌های حرارتی و استفاده از سایه‌بان در طراحی معماری اشاره کرد.

پی‌نوشت‌ها

1. Passive thermal systems
2. Solar window
3. Trombe wall
4. Greenhouse
5. Design Builder
6. Climate Consultant
7. Energy Plus

منابع

۱. امینی، مرضیه؛ داوری، سیده الهام؛ رضائی عارفی، محسن و مولایی قلیچی، محمد. (۱۴۰۳). ارزیابی اثرات ابعاد برنامه‌ریزی شهری بر ساختمان‌های پایدار با استفاده از روش پویایی سیستم (مورد مطالعه: شهرستان قائنات). نشریه علمی پژوهش‌های فضا و مکان در شهر، ۶ (۳۰)، ۲۹-۵. <https://doi.org/10.22034/jspr.2024.2037448.1078>
۲. پیله‌چی‌ها، پیمان، بیات، محسن، و قاسمی نسب، مریم. (۱۴۰۰). بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر کارایی انرژی پنجره‌های دوجداره در اقلیم گرم و خشک (مطالعه موردی: جبهه جنوبی ساختمان اداری در شهر تهران). هویت شهر، ۱۵ (۴۷)، ۵-۱۴. <https://sid.ir/paper/951410/fa>
۳. تدین، بهاره؛ صفری، زهرا و منصوری، فهیمه. (۱۴۰۲). ارزیابی پایداری بافت تاریخی مبتنی بر رویکرد شهر هوشمند (مورد مطالعه: محله سنبلستان).

فصلنامه پژوهش‌های فضا و مکان در شهر، (۲۸)، ۷۲-۵۳.

<https://doi.org/10.22034/jspr.2024.2027363.1063>

۴. سرگزی، دانیال، عابدی، محمدحسین، و صیدزایی، نرگس. (۱۳۹۴). بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان (مطالعه موردی: پنجره دوجداره). کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی. <https://sid.ir/paper/855123>

۵. شفيعی دارافشانی، علی و امیری، محدثه سادات. (۱۴۰۲). امکان‌سنجی توسعه پایدار کلان‌شهر اصفهان با تأکید بر رویکرد شهر سبز با مطالعه تطبیقی شهر فرایبورگ و اصفهان. فصلنامه پژوهش‌های فضا و مکان در شهر، (۲۶)، ۹۹-۱۱۶.

<https://doi.org/10.22034/jspr.2024.2012790.1049>

۶. کنگازیان، علی و میرممتاز، سید محمدمهدی. (۱۴۰۰). دستیابی به آسایش بصری بهینه در ساختمان‌های اداری با استفاده از مدل‌سازی نور روز مبتنی بر اقلیم (نمونه موردی: شهر اصفهان). فصلنامه پژوهش‌های فضا و مکان در شهر، (۲۱)، ۲۷-۳۸.

<https://doi.org/10.22034/jspr.2022.701770>

7. Alam, Md. S., Dinçer, H., Kisswani, K. M., Khan, M. A. I., Yüksel, S., & Alsharif, M. (2024). Analysis of green energy-oriented sustainable development goals for emerging economies. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(3), 1-14.

8. Alaoui, A. L., Amrani, A-i., Merrouni, A. A., Salhi, J-E., Boulterhcha, O., Daoudia, A., Hassouani, Y., Chaabelasri, E., & Halimi, M. (2023). Thermal and energy efficiency study of passive heating and cooling systems in Morocco's cold desert climate. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 6, 1-17.

- J., Lúcio, M. M., & Awbi, H. (2022). Energy performance of a solar greenhouse as heat source in ventilation systems. *E3S Web of Conferences* 356, 1-4.
- 16· Cui, M. (2018). A feasibility study of Trombe wall design in the cold region. *International Conference on Indoor Air Quality Ventilation & Energy Conservation in Buildings*, China.
- 17· DeKey, M., & Brown, G. Z. (2016). *SUN, WIND & LIGHT: Architectural Design Strategies*. JOHN WILEY & SONS, INC.
- 18· Fakhari, I., Behzadi, A., Gholamian, E. Ahmadi, P., & Arabkoohsar, A. (2021). Comparative double and integer optimization of low-grade heat recovery from PEM fuel cells employing an organic Rankine cycle with zeotropic mixtures. *Energy Conversion and Management*, 228, 1-18.
- 19· Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. NY, Van Nostrand Reinhold, 1-480.
- 20· Gong, Q., Kou, F., Sun, X., Zou, Y., Mo, J., & Wang, X. (2022). Towards zero energy buildings: A novel passive solar house integrated with flat gravity-assisted heat pipes. *Applied Energy*, 306.
- 21· Gupta, N., & Tiwari, G. N. (2016). Review of passive heating/cooling systems of buildings. *Energy Science and Engineering*, 4(5), 305-333.
- 22· Haglund, K. L. (2010). Decision-making methodology & selection tools for high-performance window systems in U.S. climates. *Proceedings of the 2nd Building Enclosure Science & Technology Conference*, USA: Portland, 1-13.
- 9· Azkorra-Larrinaga, Z., Romero-Antón, N., Martín-Escudero, K., Lopez-Ruiz, G., & Giraldo-Soto, C. (2023). Evaluation of the thermal performance of two passive façade system solutions for sustainable development. *Sustainability*, 15, 1-23.
- 10· Barrio-Amorós, C. L., Chacón-Ortiz, A., & Rojas-Runjaic, F. J. M. (2015). First report of the salamanders *Bolitoglossa leandrae* and *B. tamaense* (Urodela, Plethodontidae) for Venezuela. *Amphibian and Reptile Conservation*, 9(2), 95-99.
11. Bonjar, M. R. G., Horvath, K. R., Baranyai, B., & Kistelegdi, I. (2021). Passive system optimization in office buildings using a reference testbed building. *Pollack Periodica*, 16, 124-129.
12. Borrallo-Jiménez, M., LopezDeAsiain, M., Esquivias, P. M., Delgado-Trujillo, D. (2022). Comparative study between the Passive House Standard in warm climates and Nearly Zero Energy Buildings under Spanish Technical Building Code in a dwelling design in Seville, Spain. *Energy and Buildings*, 254, 1-17.
- 13· Chan, T. N., Ha, P. T. H., & Phuong, N. T. K. (2022). Method of calculating solar heat transmitted through shaded windows for OTTV in consideration of diffuse radiation diminished. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(2), 945-960.
- 14· Chen, Y., Chen, Z., Wang, D., Liu, Y., Zhang, Y., Liu, Y., Zhao, Y., Gao, M., & Fan, J. (2023). Co-optimization of passive building and active solar heating system based on the objective of minimum carbon emissions. *Energy*, 275.
- 15· Conceição, E., Conceição, M. I., Gomes,

- 30· Meng, X., Feng R., & Yang, Y. (2019). Research Status and Development Trend of Solar Heating Technology. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 300, 1-19.
- 31· Mishra, M., Desul, S., Santos, C. A. G., Mishra, S. K., Kamal, A. H. M., Goswami, S., Kalumba, A. M., Biswal, R., da Silva, R. M., Dos Santos, C. A.C., & Baral, K. (2023). A bibliometric analysis of sustainable development goals (SDGs): a review of progress, challenges, and opportunities. *Environment Development and Sustainability*, 26(5), 1-43.
- 32· Mohammad, A. K. & Ghosh, A. (2023). Exploring energy consumption for less energy-hungry building in UK using advanced aerogel window. *Solar Energy*, 253, 389-400.
- 33· Muñoz-Liesa, J., Royapoor, M., Cuerva, E., Gassó-Domingo, S., Gabarrell, X., & Josa, A. (2022). Building-integrated greenhouses raise energy co-benefits through active ventilation systems. *Building and Environment*, 208, 1-12.
- 34· Murtyas, S., Qian, R., Matsuo, T., Tuck, N. W., Zaki, S. A., & Hagishima, A. (2024). Thermal comfort in a two-storey malaysian terrace house: Are passive cooling methods sufficient in present and future climates?. *Journal of Building Engineering*, 96, 1-17.
- 35· Omar, O. (2020). Near zero-energy buildings in Lebanon: the use of emerging technologies and passive architecture. *Sustainability*, 12, 1-13.
- 36· Regona, M., Yigitcanlar, T., Hon, G., & Teo, M. (2024). Artificial intelligence and sustainable development goals: Systematic literature review of the construction industry.
- 23· Ihm, P., Park, L., Krarti, M., & Seo, D. (2012). Impact of window selection on the energy performance of residential buildings in South Korea. *Energy Policy*, 44, 1-9.
- 24· Irshad A. S., & Noori, A. G. (2022). Evaluating the effects of passive cooling and heating techniques on building energy consumption in Kandahar using CLTD method. *Materials Today: Proceedings*, 57, 595-602.
- 25· Joe, J., Min, S., Oh, S., Jung, B., Kim, Y. M., Kim, D. W., Lee, S. E., & Yi, D. H. (2022). Development of simplified building energy prediction model to support policy-making in South Korea-case study for office buildings. *Sustainability*, 14, 1-13.
- 26· Kaasalainen, T., Mäkinen, A., Lehtinen, T., Moisio, M. & Vinha, J. (2020). Architectural window design and energy efficiency: Impacts on heating, cooling and lighting needs in Finnish climates. *Journal of Building Engineering*, 27.
- 27· Li, L., & Zhou, J. (2021). Research and Application of Solar Energy Heating System for Individual Household in Western Sichuan Plateau. *E3S Web of Conferences* 261, 1-5.
- 28· Liu, M., Huang, X., Chen, Z., Zhang, L., Qin, Y., Liu, L., Zhang, S., Zhang, M., Lv, X., & Zhang, Y. (2021). The transmission mechanism of household lifestyle to energy consumption from the input-output subsystem perspective: China as an example. *Ecological Indicators*, 122, 1-21.
- 29· Mba, E. M., Okeke, F. O., Igwe, A. E., Ozigbo, G. A., Oforji, P. I., & Ozigbo, I. W. (2024). Evolving trends and challenges in sustainable architectural design; a practice perspective. *Heliyon*, 10(20), 1-18.

- tion of informal apartment blocks in Cairo. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1-8.
- 44· Wang, D., Hu, L., Du, H., Liu, Y., Huang, J., Xu, Y., & Liu, J. (2020). Classification, experimental assessment, modeling methods and evaluation metrics of Trombe walls. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 124.
- 45· Wang, X., Teigland, R., & Hollberg, A. (2024). Identifying influential architectural design variables for early-stage building sustainability optimization. Building and Environment, 252, 1-19.
- 46· Yang, S., Dewancker B., & Chen, S. (2021). Study on the passive heating system of a heated cooking wall in dwellings: A case study of Traditional dwellings in Southern Shaanxi. Sustainability, 18, 1-31.
- 47· Zareba, A., Krzemińska, A., Kozik, R., Adynkiewicz-Piragas, M., & Kristiánová, K. (2022). Passive and active solar systems in eco-architecture and eco-urban planning. Sustainability, 12, 1-13.
- 48· Zhou, Y., Fan, F., Liu, Y., Zhao S., Xu, Q., Wang, S., Luo, D., & Long, Yi. (2021). Unconventional smart windows: Materials, structures and designs. Nano Energy, 90.
- Sustainable Cities and Society, 108, 1-23.
- 37· Si, P., Lv, Y., Rong, X., Shi, L., Yan, J., & Wang, X. (2020). An innovative building envelope with variable thermal performance for passive heating systems. Applied Energy, 269.
- 38· Sobczyk W., & Sobczyk, E. J. (2019). Thermal comfort in a passive solar building. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1-7.
- 39· Suárez López, M. J., Castro, S. S., Manno, A. N., & Marigorta, E.B. (2020). Heat collection in an attached sunspace. Renewable Energy, 145, 2144-2150.
- 40· Thomsen, K. E., Rose, J., Morck, O., Jensen, S. O., & Ostergaard, I. (2015). Energy consumption in an old residential building before and after deep energy renovation. Energy Procedia, 78, 2358-2365.
- 41· United Nations. 2024. The Sustainable Development Goals Report, 1-51.
- 42· Vandenbogaerde, L., Verbeke, S., & Audenaert, A. (2023). Optimizing building energy consumption in office buildings: A review of building automation and control systems and factors influencing energy savings. Journal of Building Engineering, 76(8).
- 43· Vignola, G. (2019). Passive strategies for buildings in hot and dry climates: Optimisa-

نحوه ارجاع به این مقاله:

ملک احمدی، سینا، لیبب‌زاده، راضیه و ماجدی، حمید. (۱۴۰۳). ارزیابی عملکرد دو سامانه حرارتی ایستا از نظر تقاضای انرژی گرمایشی در مکان‌های شهری (مورد مطالعه: ساختمان اداری اصفهان)، ۸(۳۲)، ۱۵۳-۱۳۹. <https://doi.org/10.22034/jspr.2025.2049587.1097>

DOI: <https://doi.org/10.22034/jspr.2025.2049587.1097>

URL: https://jspr.jdisf.ac.ir/article_721469.html

Copyrights:

©2023 by the authors. Published by Journal of Urban Studies on Space and Place.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International

(CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)).

