Journal of Sustainable Architecture and Environment
Vol 1, No 4, Winter2024
https://sanad.iau.ir/journal/jsae
ISSN (Online): 2981-0892

Research Paper

Investigating the Impact of the Smart Facades of Office According to the Location of the User on the Amount of Energy Consumption in Cold Climate (Case Study: Tabriz City)

Zohreh Salavati: Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran
Majid Shahabi*: Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran
Zohreh Torabi: Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

Received: 2024/01/13 **PP** 93-110 **Accepted:**2024/04/06

Abstract
Building façades are considered a vital component of a building. Windows, which are parts of a building facade, may have an essential role in reducing energy consumption and increasing daylight efficiency. This enhances the users' productivity. Nevertheless, daylighting doesn't always decrease energy consumption; its performance depends on many other parameters. Today, a smart and kinetic façade for improving the received daylight by the users is recognized as a practical approach. This research has studied the smart façade's effect on the energy consumption of an official room in a cold climate. The researchers don't attempt to design a facade; they intend to propose a parametric method to decrease energy consumption. Hence, the effectiveness of the proposed method is assessed by comparing it with the traditional one, which means using curtains. For this purpose, five alternatives are considered: without curtains, with curtains, and three options of smart facades in different arrangement types. The results show that in the proposed alternative smart facade, energy consumption in the south and east has improved by about 40% and 65%, respectively, compared to the case with the curtain.

Keywords: Energy Consumption, Daylight, Smart Facade, Office Building.

Citation: Salavati, Z., Majid Shahabi, M., Torabi, Z.(2024). **Investigating the Impact of the Smart Facades of Office According to the Location of the User on the Amount of Energy Consumption in Cold Climate (Case Study: Tabriz City).** *Journal of Sustainable Architecture and Environment*, Vol 1, No 4, Shiraz, PP 93-110..

*. **Corresponding author:** Majid Shahabi, **Email:** : majid.shahbazi@iauz.ac.ir, **Tel:** +98

Extended Abstract

Introduction

The aim of this research was to propose a method for creating a movable shell to improve daylight glare without compromising lighting quality, particularly in office spaces. In this method, the position and dimensions of the shell adjust based on the user's location. The results indicate that the performance of the shell, developed using this method, is excellent. It effectively reduces glare in both U and T configurations, as well as in the parallel mode (II) (Salawatizadeh et al., 2022).Furthermore, the effectiveness of this new building component needs to be assessed from various perspectives, with energy efficiency being one of the most crucial. Energy management in buildings is paramount, and thus, this study examines the mobile shell method developed in previous research, with a focus on energy considerations.The proposed method not only enhances daylighting and reduces glare but also proves to be energy-efficient. It is hypothesized that by improving daylight conditions, the method can lower the building's energy consumption. This is because increased natural lighting reduces the need for artificial lighting and can also lessen the cooling and heating load during certain hours, ultimately leading to reduced energy consumption.Therefore, this research aims to investigate the potential reduction or increase in energy consumption in an office space using the introduced method in three layout modes: U, T, and parallel (II), compared to a mode with curtains. While results for the curtain-less condition have been examined, the comparison primarily focuses on scenarios involving curtains, as they are commonly used in office settings to mitigate disruptive light.

Methodology

The present research examines the effect of utilizing a smart shell, adjusted according to the user's location, on energy consumption in office spaces located in cold climate regions, using Tabriz city as a case study. This study involves steps such as reviewing existing literature on smart skins, lighting, light radiation reduction, and energy efficiency in office buildings, particularly in cold climate regions.

Results and discussion

The study analyzes the impact of a smart shell, adjusted to the user's location, on energy consumption in office spaces in cold climates, using Tabriz as a case study. The research covers scenarios with and without curtains in three layout modes, examined across various days of each month throughout the year. Simulations were conducted for both east and south orientations, with energy consumption represented in kilowatt-hours on the vertical axis and days, months, and directions (S for south, E for east) on the horizontal axis. Overall, energy consumption is higher with curtains compared to other modes. In the analysis, energy consumption is generally higher on eastern-facing fronts due to less radiation. The weather parameters, particularly temperature, radiation, and cloudiness, significantly influence consumption. In addition to these factors, the smart shell's control over indoor lighting also affects energy consumption. Further analysis reveals differences between east and south orientations. In the east, energy consumption peaks on January 5th in all scenarios, while it's lowest on March 5th. Comparatively, energy consumption is higher in the south due to increased radiation. In the east, energy consumption is generally lower in the mode without curtains and slightly higher in the LL (parallel) configuration, followed by U and T configurations. Energy consumption decreases with curtains drawn, especially in mild months. Overall, in both orientations, energy consumption is lower with curtains drawn, particularly in May and June.

Conclusion

The smart shell in the southern orientation during cold months shows that the LL (parallel) mode performs best, followed by no curtains, U, and T configurations in energy consumption reduction. The LL configuration exhibits better performance than U and T configurations in both cold and mild months. Notably, the LL mode outperforms others in energy efficiency in the southern front. It indicates superior performance over curtains. In cold months, the south-facing shell demonstrates a 61% improvement, whereas it's least efficient in mild months. Overall, the proposed smart shell reduces energy consumption

by approximately 40% and 65% in the south and east orientations, respectively, compared to curtain use. South-facing structures require less energy consumption than eastern ones during cold months. Thus, integrating south-facing openings in office designs can significantly reduce energy usage in cold regions like Tabriz. While less effective in warm months for cooling, the method substantially addresses heating needs. However, to enhance shell efficiency in moderate and warm months, adjusting to user location could be eliminated, increasing the shell's surface area to create more shade, thus reducing cooling loads. Alternatively, traditional curtains can be used when daylight is unnecessary.

References

1. A Literature Review on Thermal Comfort Performance of Parametric Façades Bahri, Seyedehsara et al. 2022. "A Literature Review on Thermal Comfort Performance of Parametric Façades." Energy Reports 8: 120–28. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722021771.
2. Ahmed, M et al. 2016. "Optimum Energy Consumption by Using Kinetic Shading System for Residential Buildings in Hot Arid Areas." International Journal of Smart Grid and Clean Energy 5(2): 2.
3. Alawadhi, Esam M. 2018. "Double Solar Screens for Window to Control Sunlight in Kuwait." Building and Environment 144: 392–401.
4. Anzaniyan, Elmira, Matin Alaghmandan, and Ayda Montaser Koohsari. 2022. "Design, Fabrication and Computational Simulation of a Bio-Kinetic Façade Inspired by the Mechanism of the Lupinus Succulentus Plant for Daylight and Energy Efficiency." Science and Technology for the Built Environment 28(10): 1456–71.
5. Asif, Muhammad, T Muneer, and R Kelley. 2007. "Life Cycle Assessment: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland." Building and environment 42(3): 1391–94.
6. Bribián, Ignacio Zabalza, Alfonso Aranda Usón, and Sabina Scarpellini. 2009. "Life Cycle Assessment in Buildings: State-of-the-Art and Simplified LCA Methodology as a Complement for Building Certification." Building and environment 44(12): 2510–20.
7. Fathalian, A., & Kargar Sharifabad, H. (2021). Investigating the effect of various energy optimization solutions on building energy classification using DesignBuilder software (Case study: an office building). Environmental Science and Technology, 22(7). [In Persian]
8. Hosseini, Seyed Morteza et al. 2019. "A Morphological Approach for Kinetic Façade Design Process to Improve Visual and Thermal Comfort." Building and Environment 153: 186–204.
9. Iken, Omar et al. 2019. "Thermal and Energy Performance Investigation of a Smart Double Skin Facade Integrating Vanadium Dioxide through CFD Simulations." Energy Conversion and Management 195: 650–71.
10. Khatibi, A., Shahbazi, M., & Tarabi, Z. (2022). Investigation of the thermal behavior of facades to determine the optimal option in terms of energy consumption (Case study: an office building in the Tehran climate). Renewable and New Energies Quarterly, 9(2), 121-129. [In Persian]
11. Khodakarami, J., & Ghobadi, P. (2016). Energy consumption optimization in an office building equipped with a smart management system. Energy Management Engineering, 6(2), 12-23. [In Persian]
12. Le-Thanh, Luan et al. 2021. "Optimal Design of an Origami-Inspired Kinetic Façade by Balancing Composite Motion Optimization for Improving Daylight Performance and Energy Efficiency." Energy 219: 119557.
13. Nabil, A, and J Mardaljevic. 2005. "Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings." Lighting Research & Technology 37(1): 41–57. https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa.
14. Nourivand, S., Belilan, L., Starzadeh, D., & Asafi, M. (2021). Evaluation of the effect of increasing cavity depth and number of layers on the energy performance of different types of double-skin facades in 36 different scenarios in cold climate office buildings (Case study: an office building in Tabriz). Environmental Science and Technology, 23(7). [In Persian]
15. Reza, Ehsan, and Auwal Saminu Suleiman. 2021. "Assessing the Effect of Prefabricated Double-Skin Façade on the Thermal Comfort of Office Building to Achieve Sustainbility: Case Studies of

Office Complex, Kuchigoro and Office Complex, Garki, Abuja-Nigeria." Future Cities and Environment 7(1).

16. Sadegh, Salman Oukati, Eugenia Gasparri, Arianna Brambilla, and Anastasia Globa. 2022. "Kinetic Facades: An Evolutionary-Based Performance Evaluation Framework." Journal of Building Engineering 53: 104408.

17. Salavatizadeh, Z., Shahbazi, M., & Tarabi, Z. (2022). Investigating the effect of smart movable shell on illumination and comfort in office environments based on user location. Urban Identity Journal, Current Issue. [In Persian]

18. Salim, K A, R Hendarti, and R Tomasowa. 2020. "Parametric Facade Approach for an Office Building to Reduce the Irradiance Level in Jakarta." In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 12102.

19. Wagdy, Ayman, and Fatma Fathy. 2015. "A Parametric Approach for Achieving Optimum Daylighting Performance through Solar Screens in Desert Climates." Journal of Building Engineering 3: 155–70. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710215300127.

فصلنامه معماری و محیط پایدار
دوره ۱، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲
https://sanad.iau.ir/journal/jsae
شاپا الکترونیکی: ۰۸۹۲-۲۹۸۱

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر پوسته هوشمند مطابق با محل قرار گیری کاربر بر میزان مصرف انرژی در کاربری اداری اقلیم سرد (نمونه موردی شهر تبریز)

زهره صلواتی: گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران
مجید شهبازی[۱]: گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان،
زهره ترابی: گروه معماری و شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

دریافت:۱۴۰۲/۱۰/۲۳ صص ۱۱۰-۹۳ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸

چکیده

پوسته ساختمان به عنوان یکی از کلیدی‌ترین اجزا ساختمان است. پنجره‌ها که بخشی از پوسته ساختمان هستند می‌توانند نقش بسزای را در کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره وری از روشنایی طبیعی داشته باشند که این موضوع سبب بیشتر شدن سلامت محیط و کابران می‌شود. اما این بدین معنی نیست که همیشه روشنایی طبیعی سبب کاهش مصرف انرژی خواهد شد بلکه به پارامترهای زیادی وابسته است. امروزه استفاده از نمای‌های هوشمند و متحرک جهت بهبود نور دریافتی ساکنین به عنوان یک راهکار موثر شناخته می‌شود. در این پژوهش تاثیر نمای‌های هوشمند بر میزان مصرف انرژی در یک اتاق اداری در اقلیم سرد بررسی شده است. در این پژوهش، هدف پژوهشگران طراحی یک پوسته نیست بلکه به دنبال ارائه یک روش پارامتریک در جهت کاهش مصرف انرژی هستند. لذا موثر بودن یا نبودن این روش نسبت به حالت سنتی آن یعنی استفاده از پرده مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور ۵ حالت مختلف بدون پرده، پرده بسته شده و سه حالت پوسته هوشمند که در تیپ‌های مختلف چیدمانی قرار گرفته‌اند، انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که در حالت‌های پیشنهادی پوسته هوشمند مصرف انرژی در دو جبهه جنوب و شرق به ترتیب حدود ۴۰٪ و ۶۵٪ نسبت به حالت با پرده بهبود داشته است.

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، نور روز، نمای هوشمند، ساختمان اداری

استناد: صلواتی، زهره؛ شهبازی، مجید؛ ترابی، زهره. (۱۴۰۲). **بررسی تاثیر پوسته هوشمند مطابق با محل قرار گیری کاربر بر میزان مصرف انرژی در کاربری اداری اقلیم سرد (نمونه موردی شهر تبریز)**، فصلنامه معماری و محیط پایدار، سال ۱، شماره ۴، شیراز، صص ۹۳-۱۱۰

[۱] **نویسنده مسئول:** مجید شهبازی ، **پست الکترونیکی:** majid.shahbazi@iauz.ac.ir، **تلفن:**

مقدّمه

سهم غیر قابل انکاری از مصرف انرژی در جهان، متوجه بخش ساختمان است. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که ساختمان‌ها در سراسر جهان مسئول مصرف ۳۰٪ تا ۴۰٪ انرژی و انتشار ۴۰٪ تا ۵۰٪ گازهای گلخانه‌ای هستند (Asif, Muneer, and Kelley 2007; Bribián, Usón, and Scarpellini 2009). در این میان، ساختمان‌های اداری به سبب مالکیت غیرشخصی و عدم وجود نظارت درست، الگوی مصرف انرژی نامطلوبی دارند. در واقع کاربری اداری یکی از عمده ترین مصرف کننده انرژی در بخش ساختمان است. ازاین رو با ارائه راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی, ارتقا کارایی و اصلاح الگوی بهره برداری می‌توان به هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش آسایش حرارتی کاربران رسید. هدف اصلی پژوهش، بهبود عملکرد انرژی این ساختمان‌ها با بهره‌گیری از روشی هوشمند جهت تولید پوسته است. برای این منظور، بهره گیری از نور روز نقشی اساسی در روشنایی ساختمان دارد، و استفاده بهینه از آن میتواند مصرف کلی انرژی ساختمان را تحت تاثیر قرار دهد. علاوه بر آن بهره گیری از نور روز در محیط داخلی تاثیر بسزایی در سلامتی و آسایش ساکنین دارد (Nabil and Mardaljevic 2005; Wagdy and Fathy 2015).

در سالهای گذشته محققان سعی بر این داشته‌اند که با استفاده از نور طبیعی روز وابستگی خود را به منابع انرژی تجدید ناپذیر کاهش دهند. بیشتر این مطالعات بر بهینه سازی نور روز در داخل ساختمان‌ها تمرکز داشته‌اند. البته باید توجه داشت در این گونه تحقیقات، به دلیل محدودیت های ممکن در طراحی ساختار نماهای هوشمند، رسیدن به بیشترین کارایی میسر نبوده است. در مقالات مربوط به نماهای هوشمند، محققین، بهترین زاویه برای پوسته ساختمان‌ها را یافته‌اند، اما در عمل، این سیستم‌های طراحی شده پوسته قابل حرکت نیست و در نتیجه بهینه سازی حداکثر اتفاق نمی‌افتد. در طرح‌های بهینه سازی انرژی، هدف اصلی، کاهش مصرف انرژی در راستای بهبود بهره‌گیری از روشنایی طبیعی بوده که بر این اساس، بازشوهایی برای ورود نور خورشید به داخل فضا در نظر گرفته می‌شود و از این طریق با کاهش روشنایی الکتریکی، مصرف انرژی کاهش می‌یابد .(Alawadhi 2018)

در پژوهشی دیگر تاثیر روشی برای ایجاد یک پوسته هوشمند با توجه به فاکتورهای نور روز از جمله خیرگی (DGP) وکفایت فضایی نور روز (sDA) بررسی شده است. هدف این پژوهش ارائه یک روش برای ایجاد پوسته متحرک جهت بهبود خیرگی حاصل از نور روز در راستای عدم کاهش کیفیت روشنایی بوده است. این مسئله به خصوص در فضاهای اداری بسیار حائز اهمیت است. در این روش مکان و ابعاد پوسته با توجه به محل قرار گیری کاربر تغییر می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که در این روش عملکرد پوسته ایجاد شده بسیار خوب بوده که ضمن حفظ بهره گیری از روشنایی طبیعی، خیرگی را در دو حالت U و T به صورت کامل و در حالت موازی (II)خیرگی بسیار کم نموده است (صلواتی زاده و همکاران، ۱۴۰۱). از طرفی کارایی یک جز جدید در ساختمان باید از منظرهای دیگر بررسی شود که یکی از مهم ترین آنها انرژی است. همانطور که اشاره شد انرژی در ساختمان‌ها بسیار حائز اهمیت است که در این پژوهش با هدف توجه به مبحث انرژی به بررسی روش پوسته متحرک ایجاد شده در پژوهش قبل پرداخته شده است. روش معرفی شده زمانی کارایی و عملکرد مناسبی دارد که نه تنها از منظر نور روز و خیرگی بلکه از منظر انرژی نیز سبب بهبود گردد. فرض بر این است که این روش ضمن بهبود شرایط نور روز می‌تواند سبب بهبود مصرف انرژی ساختمان شود چرا که روشنایی طبیعی مورد نیاز ساختمان که تامین شود باعث کاهش روشنایی مصنوعی و در برخی از ساعت باعث کاهش بار سرمایش و گرمایش خواهد شد که این موضوع سبب کاهش مصرف انرژی می‌گردد. از این رو هدف این پژوهش بررسی میزان کاهش یا افزایش مصرف انرژی اتاق اداری مورد نظر با توجه به روش معرفی شده در سه حالت چیدمان U، T و موازی (II) نسبت به حالت با پرده است. البته نتایج برای حالب بدون پرده نیز بررسی شده است ولی با توجه به اینکه فضاهای اداری به دلیل نور مزاحم بیشتر از پرده استفاده می‌کنند در این پژوهش نیز هدف مقایسه بر این مبنا شکل گرفته است.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

تحقیقات زیادی در مورد استراتژی‌ها، اصول و معیارهای نمای جنبشی[1]انجام یافته است. با این حال، مطالعات بین رشته‌ای برای پیشنهاد فرم نمای جنبشی نسبتا نادر است. نابراین، روش مولد پارامتری و فرم یابی سریع برای پاسخ به اقلیم‌های مختلف راه حلی برای ایجاد سازگاری بیشتر با نور روز خواهد بود. در این رابطه مطالعاتی انجام یافته است که در این قسمت، برخی از آنها مورد اشاره واقع شده است:

مقاله‌ای تحت عنوان «رویکرد مورفولوژیکی برای فرآیند طراحی نمای جنبشی برای بهبود آسایش بصری و حرارتی» که توسط سید مرتضی حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۹ انجام شده است به بررسی رابطه بین نمای جنبشی و آسایش حرارتی و بصری پرداخته است. این مقاله، نما را به عنوان یک رابط پیچیده بین داخل ساختمان و بیرون آن مورد مطالعه قرار می‌دهد که قابلیت عملکردی آن به عنوان یک عنصر

1 Kinetic facade

محافظ یا تنظیم کننده در برابر نوسانات شدید آب و هوای خارجی، تضمین می‌شود. در مقاله مذکور، شش موضوع مرتبط با هم مورد مطالعه قرار می‌گیرند که شامل نمای جنبشی، بیومیمتیک[1]فرم ساختمان به‌عنوان یک اصلاح‌کننده ریزاقلیم، بهره‌وری انرژی، شرایط آسایش، تفکر طراحی پارامتریک می‌باشد. (Hosseini et al. 2019).

خداکرمی و قبادی (۱۳۹۵) مقاله‌ای در رابطه با مصرف انرژی و بهینه سازی آن در ساختمان‌های اداری انجام داده‌اند. در این پژوهش به وسیله نرم افزارهای شبیه سازی دیزاین بیلدر[2]و دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)[3]و دستگاه‌های ثبت اطلاعات، متغیرهای مربوط به کیفیت محیط داخل (دما، رطوبت و فشار هوا) و میزان انرژی مورد نیاز در یک بنای هوشمند بررسی و تحلیل شده است. یافته‌های این پژوهش نشان میدهد که با انجام برنامه ریزی مناسب در زمینه مصرف و مدیریت انرژی در ساختمان‌های اداری هوشمند، امکان کاهش بیش از ۳۵ تا ۴۰درصد مصرف انرژی سالانه وجود داشته و بیشترین میزان صرفه جویی در بخش‌های سرمایش و روشنایی است.

تحقیقی توسط فتحعلیان و کارگر شریف آباد (۱۴۰۰) در مورد بررسی تأثیر راهکارهای مختلف بهینه سازی انرژی در رده‌بندی انرژی ساختمان به‌وسیله نرم‌افزار دیزاین بیلدر(مطالعه موردی: ساختمان اداری) صورت گرفته است. در این تحقیق، انرژی کل مصرفی یک ساختمان با کاربری اداری در اقلیم سمنان توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی و نتایج آن، با مصرف انرژی واقعی ساختمان در سال ۱۳۹۵ که از قبوض انرژی (برق و گاز) ساختمان به‌دست آمده است، مورد مقایسه واقع شد. نتایج نشان میدهد که راهکارهای به‌کارگیری پوسته افقی (خارجی) و حذف پوسته داخلی، جایگزینی پنجره با شیشه‌های دوجداره کم گسیل و نصب یک لایه عایق حرارتی در جداره خارجی ساختمان، میتواند به ترتیب ۱۵/۲، ۱۸/۴ و ۸/۲ درصد کاهش مصرف انرژی را نسبت به حالت معمولی به همراه داشته باشد. در مرحله بعد، شدت مصرف انرژی ساختمان برای هر یک از راهکارهای پیشنهادی، محاسبه و تحلیل شد و رده‌بندی انرژی ساختمان برای هر کدام تعیین گردید. نتایج نشان میدهد که جایگزینی پوسته خارجی به‌جای پوسته داخلی کمترین مقدار صرفه‌جویی را در مصرف انرژی دارد و به عبارت بهتر، تأثیری در تغییر رده‌بندی انرژی ندارد.

خطیبی و همکاران (۱۴۰۱) تحقیقی پیرامون بررسی رفتار حرارتی نماها باهدف تعیین گزینه مطلوب از نظر مصرف انرژی (مورد مطالعه: ساختمان اداری در اقلیم تهران) انجام داده‌اند. در این مقاله، در راستای دستیابی به بهترین گزینه، رفتار حرارتی چهار حالت از نماهای «تک پوسته با پوسته ثابت»، «دوپوسته شیشه‌ای»، «دوپوسته با پوسته متحرک» و «نمای متحرک» در دو جبهه شمالی و جنوبی مورد ارزیابی واقع شده است. یافته‌ها نشان میدهد میزان مصرف سالانه انرژی شامل: سرمایش، گرمایش و الکتریکی روشنایی، در جبهه جنوبی کمتر از جبهه شمالی است. همچنین با فرض ثابت بودن سایر شرایط، عملکرد پوسته‌های «متحرک» بهتر از پوسته‌های «ثابت» است. در رابطه با نوع نماها نیز، «نمای متحرک» با قابلیت تنظیم اجزای تشکیل‌دهنده خود مانند جهت چرخش، میزان باز و بسته شدن، عملکرد مناسبی در کاهش میزان انرژی مصرفی ساختمان نسبت به سایر نماها دارد. به‌طوری‌که این نما با توانایی کاهش ۴۲/۳ درصد میزان انرژی مصرفی نسبت به نمای تک پوسته معمولی، مطلوب‌ترین نما، در این تحقیق ارزیابی می‌گردد.

نوری وند و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله‌ای تحت عنوان «ارزیابی تاثیرافزایش عمق حفره وتعدادطبقات درعملکردانرژی گونه‌های مختلف نمای دوپوسته در ۳۶ سناریوی متفاوت درساختمان‌های اداری اقلیم سرد (نمونه موردی: ساختمانی اداری درتبریز)» به بررسی تفاوت‌های گونه‌های مختلف نمای دو پوسته پرداخته‌اند. نتایج نشان میدهد که گونه پنجره جعبه‌ای ۵ طبقه با عمق حفره ۱/۳ متر دارای حداقل مصرف برق و گونه چندطبقه‌ای ۱۵ طبقه باعمق حفره ۰/۷ متر دارای کمینه مصرف گازاست. دریک عمق حفره ثابت، با افزایش تعدادطبقات مصرف برق افزایش و مصرف گاز کاهش می‌یابد. همچنین باافزایش عمق حفره مصرف برق روند نزولی دارد. گونه چندطبقه‌ای ۱۵ طبقه با عمق حفره ۱ مترکمترین مصرف کل انرژی و گونه دالانی ۵ طبقه با عمق حفره ۰/۷ متر بیشترین مصرف کل انرژی را دارد. با زیاد شدن ارتفاع (تعداد طبقات) مصرف گاز در زمستان به مقدار بیشتری کاهش پیدا می‌کند.

پژوهشی دیگر توسط احمد و همکارانش در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است که نشان میدهد یکی از مهم ترین روش‌های بهینه سازی مصرف انرژی، طراحی دقیق نمای آن است. «نمای جنبشی» را می‌توان به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها در مدیریت تعامل بین فضای بیرون و پوسته داخلی در نظر گرفت. همچنین نمای ساختمان، برخی از انعطاف‌پذیری‌های معماری را برای طراحی فراهم می‌کند. این پژوهش نتایج استفاده از یک سیستم سایه‌انداز جنبشی (هوشمند) را بهبود شرایط داخلی و کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی گزارش می‌کند. در نهایت، نتایج مطالعه موردی نشان می‌دهد که وضعیت پوسته جنبشی می‌تواند منجر به بهبود و کاهش دمای داخلی ساختمان در حدود ۴–۵

1Biomimetics
2Design builder
3Computational fluid dynamics

درجه سانتیگراد و ۱۸–۲۰ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی نسبت به ساختمان معمولی بدون سیستم سایه انداز شود (Ahmed et al. 2016).

لوان لی‌تان و همکارانش (۲۰۲۱) در مقاله‌ای در رابطه با یک پوسته الهام گرفته از اوریگامی اظهار میدارند که این سیستم میتواند برای بهبود عملکرد نور روز ساختمان استفاده شود. سیستم سایه انداز پیشنهادی در دفتری واقع در شهر هوشی مین[1] که در آن آب و هوای موسمی سردسیری وجود دارد، آزمایش می‌شود. برای بررسی اثربخشی طرح پیشنهادی در عمل به عنوان یک سیستم پوسته، ۸ مورد مربوط به هشت جهت در نظر گرفته میشود. یک روش بهینه‌سازی شبیه‌سازی خودکار با ترکیب یک ابزار شبیه‌سازی نور روز و یک روش بهینه‌سازی به نام متعادل‌سازی بهینه‌سازی حرکت ترکیبی (BCMO[2]) ایجاد می‌شود. این روش جدید برای یافتن طراحی بهینه برای سیستم پوسته پیشنهادی استفاده می‌شود که به ساختمان در بهبود عملکرد نور روز کمک می‌کند. لازم به ذکر است که چارچوب پیشنهادی لزوماً به هیچ ابزار بهینه سازی یا نوع ساختمان خاصی وابسته نیست. نتایج نشان می‌دهد که سیستم ترکیبی از نوع جنبشی (سینتیک[3]) پیشنهادی عملکرد فوق‌العاده ای دارد زیرا به ساختمان کمک می‌کند تا در چهار جهت مختلف به بهینه سازی‌های خوبی دست یابد (Le-Thanh et al. 2021).

پژوهشی دیگر توسط المیرا انزانیان و همکارانش (۲۰۲۲) منتشر شده است که اظهار میدارد طراحی نمایی که بتواند تعادل بین نور روز، دید بیرون و بار انرژی را حفظ کند در حقیقت یک چالش است. هدف مقاله حاضر استفاده از انرژی تابشی خورشید با استفاده از نما به عنوان پوسته بیرونی است که با محیط اطراف در تماس است تا مصرف انرژی تجدید ناپذیر را کاهش دهد و راحتی را برای ساکنین فراهم کند. با استفاده از علم بیونیک[4] یک نمونه اولیه نمای جنبشی با مکانیسم حرکت گیاهان طراحی و ساخته شد. این نمای جنبشی توسط نرم افزار گراس هاپر[5] در نمای ضلع جنوبی یک دفتر روباز در تهران شبیه سازی شده است. بر این اساس، این مطالعه با استفاده از ادغام بین معماری جنبشی، بیومیمیک و آسایش بصری و حرارتی ساکنان، به بررسی یک نمای بیوکینتیک[6] می‌پردازد. نمای بیوکینتیک نه تنها باعث کاهش بار خنک کننده در حدود ۷ درصد می‌شود، بلکه از ورود مستقیم نور نیز جلوگیری می‌کند و در نتیجه بار روشنایی الکتریکی را تا حدود ۴۸ درصد کاهش می‌دهد که توسط پلاگین‌های مختلف محاسبه شده است (Anzaniyan، Alaghmandan، and Montaser Koohsari 2022) .

صادق و همکارانش (۲۰۲۲) در پژوهشی که به بررسی نماهای جنبشی چند منظوره می‌پردازد بیان میکنند که هدف این تحقیق ارائه یک چارچوب سیستماتیک و یکپارچه است که از طراحی عملکرد و تصمیم گیری نماهای جنبشی از مراحل اولیه طراحی پروژه‌ها پشتیبانی می کند. روش پیشنهادی از الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه (MOEA)[7] استفاده می‌کند که در ارائه راه‌حل‌های بهینه برای مسائل پیچیده موفق عمل کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ادغام چارچوب پیشنهادی می‌تواند داده‌های مختلفی را برای حمایت از ارزیابی عملکرد و شناسایی کارآمدترین راه‌حل‌های نماهای جنبشی ارائه دهد که در نهایت با بهبود روشنایی مفید نور روز تا ۳۰ درصد همراه است. لازم به ذکر است تحقیقات آینده می‌تواند بر ادغام روش‌های محاسباتی نرم برای ایجاد یک چارچوب ارزیابی عملکرد هوشمند برای نماهای جنبشی تمرکز کند (Sadegh et al. 2022).

پژوهشی توسط یزدی بهری و همکارانش در سال ۲۰۲۲ راجع به بهینه سازی نماهای ساختمان نسبت به روشنایی و حرارت صورت پذیرفته است. بهبود کمیت راحتی بصری و افزایش گرما از اهداف این مطالعه برای موقعیت ساکنین است. برای انجام این تحقیق از شبیه سازی پارامتریک و بهینه سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. نتایج نشان میدهد که به طور متوسط، ۷۶٪ بهبود در راحتی بصری ساکنین و ۶۰٪ بهبود وضعیت حرارتی ساختمان در طول یک سال توسط سیستم پیشنهادی در مقایسه با حالت معمولی وجود دارد (Yazdi Bahri et al. 2022).

سلیم و همکارانش در سال ۲۰۲۰ راجع به بررسی کاهش تابش خورشیدی دریافتی توسط سطح ساختمان اداری چند طبقه با استفاده از مطالعه طراحی پارامتریک، تحقیقی جامع را انجام داده‌اند. شبیه سازی نمای دو پوسته پارامتریک و همچنین تجزیه وتحلیل نتایج، نشان میدهد که تابش خورشید به داخل ساختمان در حدود ۲۵ درصد نسبت به حالت معمولی کاهش یافته است (Salim, Hendarti, and Tomasowa 2020).

---

1 Ho Chi Minh City
2 Balancing Composite Motion Optimization
۳ . شاخه‌ای از دانش دینامیک که به بررسی حرکت اجسام با در نظر گرفتن نیروهای وارده می‌پردازد.
4 Bionic
5 Grasshopper
6 Bio kinetics
7 Multi-objective Evolutionary Algorithms

مقاله‌ای دیگر توسط احسان رضا و همکارش (۲۰۲۱) در رابطه با پوسته هوشمند ساختمان اداری صورت پذیرفته است. در این مقاله سه رویکرد مختلف راجع به نمای دو پوسته در نظر گرفته شده است که در نهایت تست حرارتی با استفاده از نرم افزار اکوتکت انجام شده است. نتایج نشان داد که شیشه‌های دو جداره نسبت به سایر گزینه‌ها دارای پتانسیل بهبود آسایش حرارتی داخلی دفتر و کاهش مصرف انرژی می باشد (Reza and Suleiman 2021).

مطالعه‌ای که توسط عمر ایکن و همکاران (۲۰۱۹) در رابطه با بهینه سازی نماهای هوشمند انجام شده است، نشان میدهد که میتوان با استفاده از مواد مختلف که به عنوان پوشش ساختارهای شیشه‌ای میتوان مورد استفاده واقع شود، عملکرد نماهای هوشمند را ارتقا داد. در نهایت، نتایج نشان میدهد که با استفاده از این ساختار، میتوان دمای سطح داخلی در طول تابستان حدود ۲ درجه سانتیگراد کاهش داده و در یک روز آفتابی زمستانی حدود ۳ درجه سانتیگراد افزایش داد. بنابراین، پیکربندی جدید DSF[1] (هوشمند) ارائه شده در این مقاله می‌تواند به طور موثر اثر گلخانه‌ای را بسته به شرایط آب و هوایی خارجی کنترل کند و مصرف انرژی را در ساختمان کاهش دهد (Iken et al. 2019).

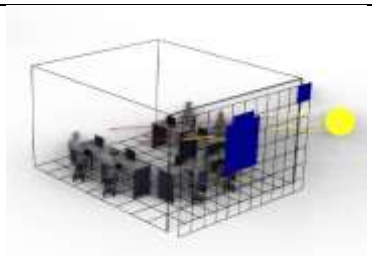
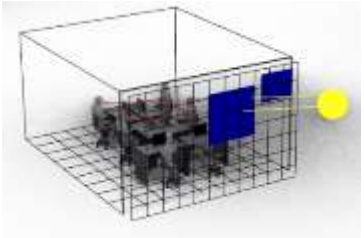
بحث و ارائه یافته‌های تحقیق

شبیه سازی ساختمان اداری در اقلیم سرد شهر تبریز، به منظور سنجش کارایی پوسته هوشمند روی مصرف انرژی در نرم‌افزار راینو و پلاگین گرس هاپر انجام شده است. جهت شبیه سازی‌های مربوط به عملکرد کارآیی از پلاگین لیدی باگ تولز ورژن ۱٫۶.۰ استفاده شده است. به دلیل پارامتریک بودن محیط گرس هاپر، میتوان سایه بان هوشمند را به راحتی پیاده سازی نموده و شبیه سازی‌های مربوط به آن را در آن انجام داد از این رو می‌توان گفت که بهترین نرم افزار برای تحلیل‌های عناصر هوشمند در مباحث عملکرد ساختمان است. در این نرم افزار، سایه بان به صورت هوشمند ایجاد شده است که بر اساس روز، ماه و ساعت و همچنین جهت قرارگیری تعریف شده است. مصالح بر اساس اقلیم و استاندارد ASHRAE 90.1 تعریف شده است. اقلیم مورد نظر این پژوهش همانطور که اشاره شده است. اقلیم سرد است و به عنوان نمونه موردی شهر تبریز انتخاب شده است.

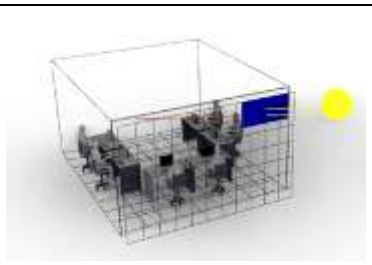
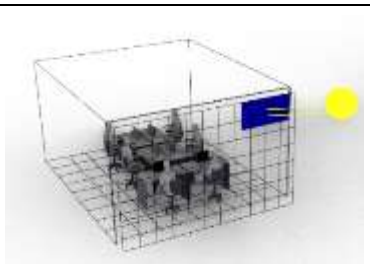
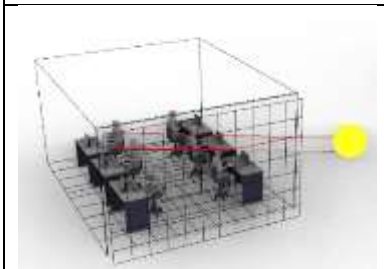
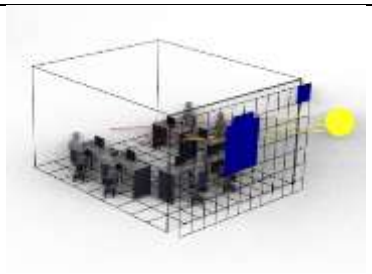
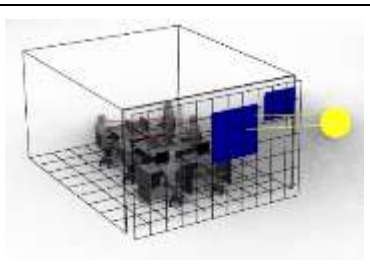
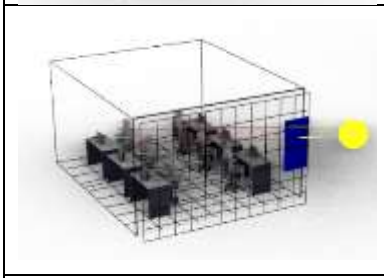
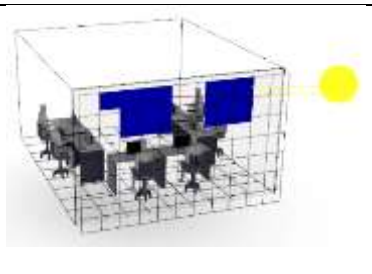
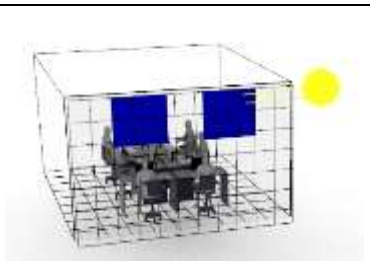
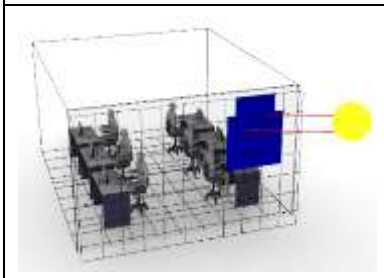
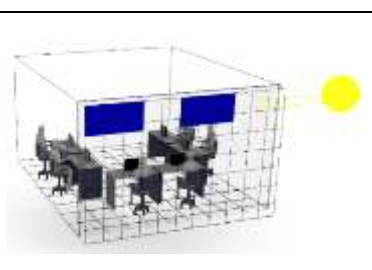
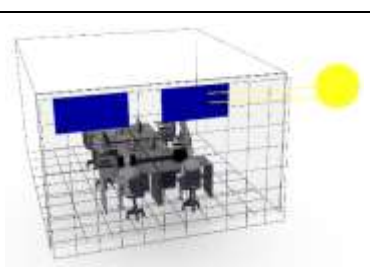
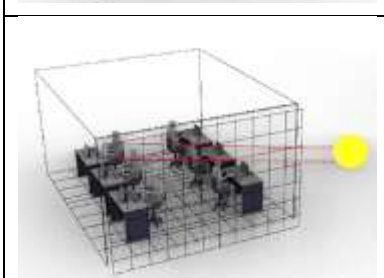
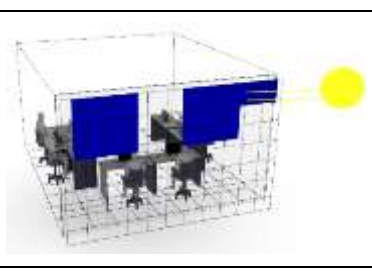
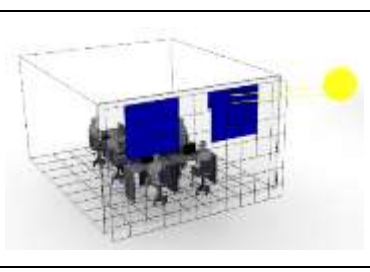
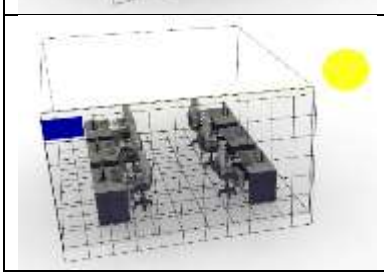
در پژوهش پیشین تاثیر روشی برای ایجاد پوسته هوشمند بر کیفیت نور و خیرگی شش کاربر در محیط اداری بررسی شده است. ابعاد این اتاق اداری ۶×۷ بوده و برنامه زمانی آن ۸ تا ۱۷ بوده است. شبیه سازی‌ها برای دو جبهه شرق و جنوب، ازماه دسامبر تا ماه جون برای دو روز پنجم و بیست و دوم هر ماه میلادی، تقریبا معادل اول و اواسط هر ماه شمسی، از آذر تا تیر بررسی گردید. نکته قابل توجه در این روز و ماه ها این است که انقلاب تابستانی و زمستانی هم دقیقا در این بازه‌ها قرار گرفته است. در این شبیه سازی ۳ حالت چیدمان اداری (T، U و ll) در نظر گرفته شده است. بعد از انجام ۸۴۰۰ شبیه سازی در بازه زمانی مورد نظر،۸۴۰ حالت پوسته متفاوت برای سه حالت چیدمان از ساعت ۸ تا ۱۷ ایجاد گردید. ابعاد و مکان پوسته هوشمند در سه چیدمان یاد شده در روزها و ساعات مختلف آن، با توجه به محل قرارگیری کاربر متغیر است. جدول ۱ چند حالت از پوسته را نشان می‌دهد. در جدول موقعیت خورشید به صورت شماتیک نشان داده شده است، اما پوسته‌ها و چیدمان‌ها به صورت دقیق نمایش داده شده است (صلواتی زاده و همکاران، ۱۴۰۱)

نتایج حاصل، به ویژه در دو چیدمان T و U عملکرد خوب این روش را نشان می‌دهد. پوسته‌های هوشمند، خیرگی کاربران را بدون اینکه پنجره کاملا پوشیده شود به طور کامل رفع کردند و این سبب بهبود نور فضاهای داخلی شد (همان).

جدول ۱- شکل پوسته هوشمند متحرک در چیدمان‌های U، T و ll (موازی) در جهات و ساعات مختلف

	چیدمان U	چیدمان T	چیدمان ll
۲۲دسامبر - ۹:۰۰ - جنوب			

1Double skin façade

	چیدمان U	چیدمان T	چیدمان II
۵ مارس – ۹:۰۰ – جنوب			
۵ آپریل – ۱۲:۰۰ – جنوب			
۲۲ می – ۸:۰۰ – شرق			
۲۲ جون – ۱۰:۰۰ – شرق			
۲۲ ژانویه – ۱۳:۰۰ – جنوب			

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

پژوهش حاضر در ادامه پژوهش قبل و در راستای بررسی تاثیر روش ایجاد پوسته‌ها بر میزان مصرف انرژی انجام شده است. در شکل ۱ فرآیند انجام کار این پژوهش به صورت کامل نشان داده شده است.

شکل ۱ :فرآیندکاری پژوهش (منبع: نگارندگان).

در این پژوهش، از یک پرده (سنتی) علاوه بر پوسته هوشمند استفاده شده است که قابلیت عبور نور را تا ۲۵ درصد در کل روزهای سال دارد. فرض بر این است که پرده مذکور، حدودا ۱۰ سانتی متر از پنجره فاصله دارد. در پژوهش حاضر، برای ساختمان مورد نظر، سیستم سرمایش و گرمایش یک واحد مستقل یا یک سیستم سرمایش و گرمایش واحدها نظر گرفته شده است. در نرم افزار مورد نظر، خروجی‌ها به صورت ساعتی و انعکاس‌های داخلی و خارجی که به جداره‌ها برخورد می‌کند نیز در محاسبات در نظر گرفته شده است. شایان ذکر است Timestep در این فرایند شبیه سازی ۶۰ در نظر گرفته شده است که دقت شبیه سازی باتوجه به پژوهش‌های مشابه منطقی است. خروجی‌های نرم افزار در قسمت بعدی مورد تحلیل واقع شده است.

میزان استاندارد نور برای فضا ۳۵۰ لوکس در نظر گرفته شده است. حالت سنجش بر این اساس بوده است که یک نقطه در یک سوم انتهایی اتاق در ارتفاع ۸۰ سانتی متر می‌باشد. دلیل اینکه در یک سوم انتهایی اتاق در نظر گرفته شده است، تاثیر نور روز کمتر می‌باشد و تاثیر پوسته هوشمند بهتر سنجیده شود.

سه آلترناتیو برای جداره هوشمند در نظر گرفته شده است. حالت اول به صورت پرده (سنتی) می‌باشد که در این حالت ۲۵ درصد عبور نور داریم، پرده مورد نظر کاملا کشیده شده است. اختلاف موقعیت قرارگیری پرده با دیوار ۱۰ سانتی متر می‌باشد. حالت دوم، پوسته و پرده‌ای در نظر گرفته نشده است و در حالت سوم که مطابق با هدف پژوهش می‌باشد، روشی برای ایجاد پوسته هوشمند در نظر گرفته شده است که در حالت سوم هیچ نوری از قسمتهایی که پوسته ایجاد شده عبور نمی‌کند و بخشهای دیگر پنجره نور را به طور کامل عبور می‌دهد. و در حقیقت، در حالت اول (پرده سنتی) ۲۵ درصد نور عبور می‌کند ولی در حالت سوم هیچ نوری از قسمت پوسته عبور نمی‌کند.

در میان حالت‌های مختلف چیدمانی که در این تحقیق از پوسته هوشمند بهره برده‌اند، می‌توان به چیدمان موازی (II) ، چیدمان U و در نهایت چیدمان T اشاره داشت که مطابق با شکل ۲ می‌باشد. در شکل زیر کاربر شماره یک در تمام پلان‌ها سمت چپ بالا و به همین ترتیب به صورت پاد ساعتگرد چرخش داشته وکاربر شماره ۶ که آخرین کاربر در نظر گرفته شده است در گوشه بالا سمت راست قرار خواهد گرفت.

[1] PTAC with gas boiler

شکل ۲: چیدمان‌های مختلف در تحقیق حاضر. تصویر سمت راست: چیدمان T، تصویر وسط: چیدمان موازی II، تصویر سمت چپ: چیدمان U(منبع: نگارندگان).

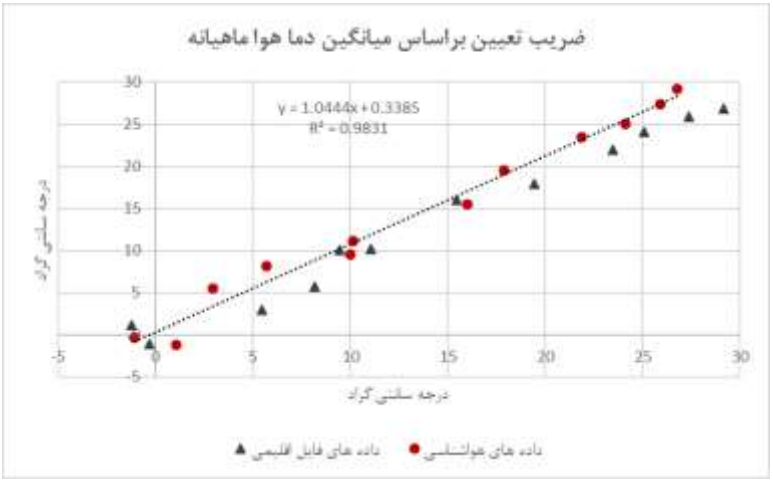
شهر تبریز در ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۰۰ متر می‌باشد. با وسعتی حدود ۱۱۸۰۰ کیلومتر در قلمرو میانی خطه آذربایجان و در قسمت شرقی شمال دریاچه ارومیه و ۶۱۹ کیلومتری غرب تهران قرار دارد. در ۱۵۰ کیلو متر ی جنوب جلفا، مرز ایران و جمهوری آذربایجان قرار گرفته است. جمعیت تبریز بیش از یک و نیم میلیون نفر می‌باشد. (بصیری و زینالی عظیم، ۱۳۹۸؛ شقاقی و همکاران،۱۴۰۰)

جهت انجام شبیه سازی عملکرد ساختمان و تحلیل‌های اقلیمی نیاز به فایل اقلیمی معتبر و قابل اعتماد است. در این پژوهش از داده‌های اقلیمی سایت climate.onebuilding.org استفاده شده است که در جهت بررسی اعتبارسنجی از روش ضریب تعیین یا R2 استفاده شده است. این داده‌های مربوط به میانگین دمای خشک هوا در جدیدترین بازه مربوط به ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۱ برای فایل اقلیمی شهر تبریز است (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین دمای هوای داده‌های فایل اقلیمی و داده‌های هواشناسی (اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی؛ فایل اقلیمی)

نوع / ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
داده های فایل اقلیمی	۱۰	۱۶	۲۲	۲۶	۲۷	۲۴	۱۸	۱۰	۳	-۱	۱	۶
داده های هواشناسی	۱۱.۱	۱۵.۵	۲۳.۵	۲۷.۴	۲۹.۲	۲۵.۱	۱۹.۵	۹.۵	۵.۵	-۰.۳	-۱.۲	۸.۲

ضریب تعیین که بدان اشاره شد نشان دهنده قدرت توضیح دهندگی مدل یا میزان احتمال همبستگی میان دو مجموعه داده را نشان می‌دهد. این ضریب معیاری است که اگر رگرسیون خطی از میان دو محموعه داده عبور کند و میزان Rبه عدد یک میل کند نشان از کیفیت مناسب داده‌ها است. کیفیت در اینجا به معنی تطابق داده‌های دو مجموعه با یکدیگر است. در این پژوهش میزان عدد R مطابق با نمودار ۱ حدوداً برابر با ۰,۹۸ است (نمودار۱).



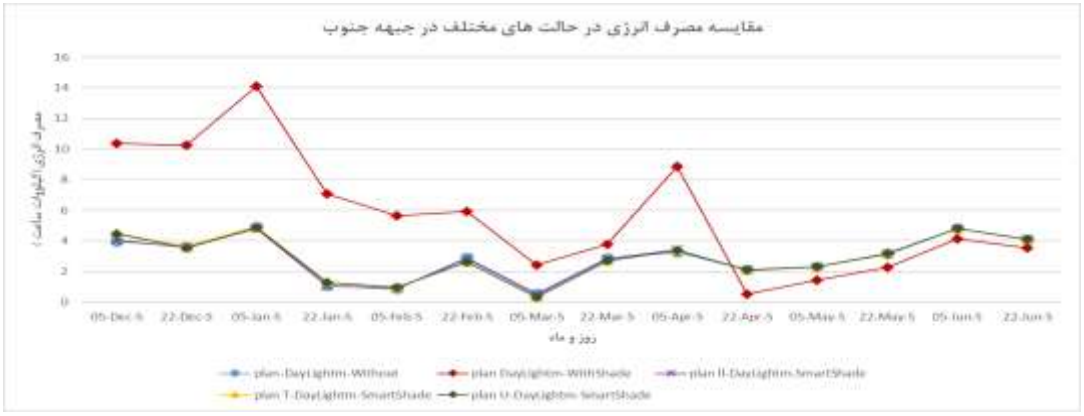
نمودار ۱: ضریب تعیین بر اساس میانگین دمای هوای ماهیانه

بخش تحلیل‌ها

همان طور که پیش تر نیز اشاره شد حالت‌های بدون پرده، پرده هوشمند در سه حالت چیدمانی مختلف و در نهایت حالت با پرده ، در روزهای مختلف از هر ماه در کل سال تحلیل شده است. شبیه سازی‌ها در دو جهت شرق و جنوب انجام شده است که نمودارهای مصرف انرژی هریک از جهت‌ها در ادامه بررسی داده شده است. میزان مصرف انرژی شامل مصرف سرمایش، گرمایش و الکتریسیته است. در نمودار ۶ تمامی حالات شبیه سازی شده در حالت مختلف در دو جهت شرق و جنوب نشان داده شده است. در محور عمودی تمام نمودارها، مصرف انرژی به صورت کیلووات ساعت و محور افقی روز، ماه و جهت را نشان می‌دهد که حرف S نشان دهنده جهت جنوب و حرف Eنشان دهنده جهت شرق است. به صورت کلی با توجه به نمودارها مصرف انرژی ساختمان در حالت وجود پرده نسبت به دیگر حالات بیشتر است.

نمودار ۲- مقایسه مصرف انرژی در حالت‌های مختلف در دو جهت شرق و جنوب

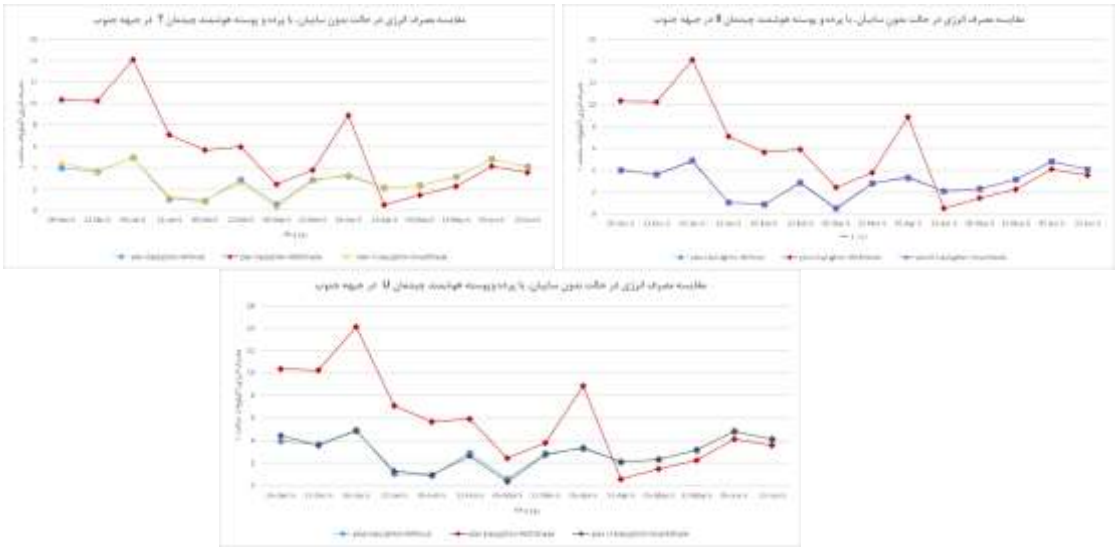
در بررسی نمودار ۲ میزان مصرف انرژی در تمامی حالات درجبهه شرق بیشتر از جنوب است. دلیل این افزایش کمتر بودن میزان تابش است. در هر دو نمودار در بازه زمانی مورد بررسی، روز ۵ ژانویه بیشترین و روز ۵ مارس کمترین میزان مصرف انرژی را دارند. بر میزان مصرف، پارامترهای اقلیمی به خصوص دما، تابش و میزان ابری بودن هوا تاثیرگذار است. در حالات پوسته هوشمند علاوه بر موارد ذکر شده، شکل پوسته با کنترل نور ورودی به فضای داخلی نیز تاثیر گذار است. جهت بررسی دقیق تر می‌توان از نمودارهای تفکیک شده استفاده نمود. در ادامه مقایسه حالت‌های مختلف به تفکیک دو جبهه شرق و جنوب نمایش داده شده است.



نمودار ۳- مقایسه مصرف انرژی در حالت‌های مختلف در جبهه جنوب

نمودار ۳ مقایسه حالت‌های مختلف شبیه سازی با ۳ حالت چیدمانی ll (موازی)، Tو U در جهت جنوبی، است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که به جز روزهای ۲۲ آپریل، ۵ می، ۲۲ می، ۵ ژوئن و ۲۲ ژوئن (ماه‌های معتدل) در بقیه روزها، روش پیشنهادی سبب کاهش مصرف انرژی ساختمان شده است. دلیل عملکرد بهتر حالت با پرده در این پنج روز، زیاد بودن تابش و عدم نیاز به گرمایش در ماه‌های معتدل است. زمانی که پرده به طور کامل کشیده می‌شود سایه ایجاد شده باعث کاهش مصرف انرژی ساختمان (بار سرمایش) می‌شود. ولی در حالت استفاده از پوسته هوشمند نور زیادی وارد فضای داخلی شده و در فصل گرم باعث افزایش انرژی مصرفی برای سرمایش ساختمان می‌گردد.

این موضوع نشان دهنده کارایی پوسته در فصول سرد سال است. از آنجایی که شهر تبریز ماه‌های سرد بیشتری دارد این روش می‌تواند در کاهش بار گرمایش موثر باشد ولی در ماه‌های گرم به منظور کاهش بار سرمایش، این روش تاثیر کمتری دارد که البته برای حل این موضوع در صورتی که نیاز به نور روز و طبیعی وجود نداشته باشد می‌توان از پرده سنتی استفاده نمود. در روز ۵ ژانویه میانگین مصرف انرژی از سایر روزهای سال بیشتر است. در بررسی جهت جنوبی، حالت با پرده، به لحاظ میزان مصرف انرژی بیشتر از سایر موارد می‌باشد.
همچنین نمودار ۳ نشان می‌دهد که در روزهای ۵ دسامبر، ۲۲ ژانویه، ۲۲فوریه و ۵ مارس اختلاف کمتری میان این چهار حالت به لحاظ میزان مصرف انرژی مشاهده می‌شود. در این چهار روز پوسته‌های ایجاد شده در حالت ll نسبت به چیدمان‌های دیگر به حالت بدون پرده نزدیکتر است. در روزهای ۵ دسامبر و ۲۲ ژانویه مصرف انرژی در حالت چیدمان ll و بدون پرده کمتر است.

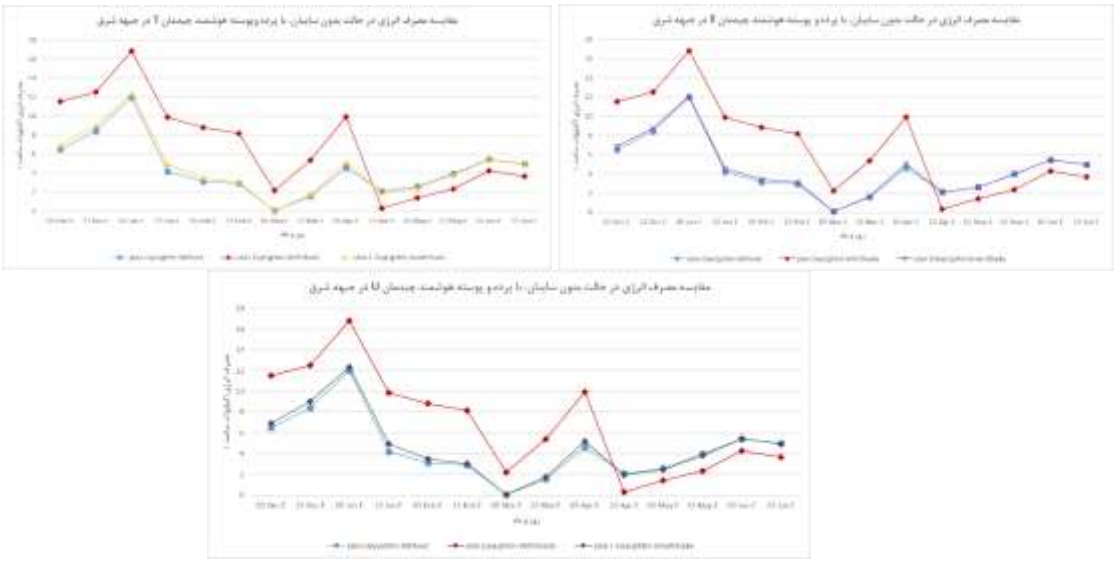


نمودار ۴- مقایسه مصرف انرژی در حالت چیدمانی U، T و موازی (ll) با حالت‌های بدون پرده و با پرده بسته در جبهه جنوب

نمودار ۴ مقایسه مصرف انرژی در حالت‌های چیدمانی مختلف در جبهه جنوب را نشان می‌دهد. در روزهای ۵ دسامبر و ۲۲ ژانویه، مصرف انرژی حالت پوسته چیدمان T و Uنسبت به حالت بدون پرده و حالت پوسته چیدمان ll افزایش جزئی دارد. دلیل تفاوت میزان مصرف انرژی در حالت‌های پوسته در چیدمان‌های ll ، T و U به دلیل تغییر شکل پوسته و مساحت آن در حالت‌های مختلف است. زمانیکه پوسته سطح کمتری از پنجره را پوشش می‌دهد، نور بیشتری به داخل فضا وارد می‌شود، در نتیجه گرمایش طبیعی بیشتری ایجاد می‌شود و بار گرمایش کمتر می‌شود. نمودارها نشانگر بهبود عملکرد روش پوسته هوشمند ایجاد شده نسبت به حالت با پرده در ماههای سرد سال هستند. به طور کلی در جبهه جنوب ، پوسته هوشمند مربوط به چیدمان ll بهترین عملکرد را دارد، پس از آن به ترتیب حالت بدون پرده، پوسته هوشمند چیدمان U و T به ترتیب کمترین مصرف انرژی را دارند. اختلاف در میزان مصرف انرژی در حالات مختلف جزئی است. مقادیر آن به ترتیب ۴۰/۳۲ کیلووات ساعت، ۴۰/۵۷ کیلووات ساعت، ۴۰/۶۲ کیلووات ساعت و ۴۰/۸۶ کیلووات ساعت است.

نمودار ۵- مقایسه مصرف انرژی در حالت‌های مختلف در جبه شرق

نتایج شبیه سازی جهت شرقی در نمودار ۵ نشان داده شده است. الگوی مصرف انرژی در این جبهه نیز همانند جهت جنوبی است. روز ۵ ژانویه از نظر مصرف انرژی در همه نمودارها بیشترین میزان مصرف و روز ۵ مارس کمترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. به دلیل میزان تابش کمتر در سمت شرق، مصرف انرژی بیشتری نسبت به همان روز درجبهه جنوب دارد. در سمت شرق نیز از ۲۲ آپریل به بعد میزان مصرف انرژی در حالت با پرده کمتر از بقیه حالات است. و کارایی پوسته‌ها در ماه‌های معتدل کمتر است.



نمودار ۶- مقایسه مصرف انرژی در حالت چیدمانی U، T و موازی (ll) با حالت‌های بدون پرده و با پرده بسته در جبهه شرق

در جبهه شرق، عملکرد حالت بدون پرده به صورت نسبی بهتر از حالت‌های پوسته هوشمند است و میزان مصرف انرژی کمتر است. پس از آن به ترتیب پوسته چیدمان ll (موازی)، U و T با اختلاف جزئی، دارای عملکرد بهتری هستند. مقادیر آن به ترتیب ۶۲/۴۴ کیلووات ساعت، ۰۶۴/۴۴ کیلووات ساعت، ۶۵/۲۳ کیلووات ساعت و ۶۵/۳۴ کیلووات ساعت است.

تقریبا در تمامی حالات و هر دو جهت در ماه‌های می‌و ژوئن میزان مصرف انرژی در حالت با پرده (کشیدن پرده) نسبت به پوسته پیشنهادی کاهش می‌یابد (نمودار۶).

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

حالت‌های پوسته هوشمند و با پرده در سه بازه به تفکیک ماه‌های سرد و معتدل و کل ماه‌های مورد نظر در سال بررسی شده است. طبق داده های هواشناسی تبریز ماه‌های سرد شامل ماه دسامبر، ژانویه، فوریه، مارچ، آپریل میلادی که معادل ماه آذر تا اواسط اردیبهشت ماه شمسی می‌باشند. و ماه‌های می‌و ژوئن میلادی معادل خرداد و تیر شمسی، ماه‌های معتدل هستند.

در جبهه جنوب در ماه‌های سرد عملکرد پوسته هوشمند حالت موازی و پس از آن حالت بدون پرده، U و T به ترتیب مصرف انرژی کمتری دارند. در ماه‌های معتدل نیز اختلاف مصرف انرژی کمتر شده است. و عملکرد حالت با پرده بهتر است. پس از آن پوسته هوشمند حالت II (موازی) بهتر از دو حالت پوسته U و T است. در پژوهش قبلی میزان رو شنایی و خیرگی در حالات مختلف بررسی شده بود که عملکرد پوسته چیدمان‌های U و T نسبت به ll بهتر بود. ولی در بررسی میزان مصرف انرژی در جبهه جنوب، پوسته هوشمند چیدمان ll کارایی بهتری دارد (جدول۴). این موضوع نشان می‌دهد که با لحاظ نمودن هم زمان دو بحث نور و انرژی عملکرد این پوسته به مراتب بهتر از پرده است. در جبهه شرقی طی ماه‌های سرد، حالت بدون پرده سپس موازی (ll)، U و T به ترتیب کمترین میزان مصرف انرژی در ساختمان را دارند. در جبهه شرق طی ماه‌های معتدل تفاوت مصرف انرژی در چیدمان‌های مختلف تقریبا ناچیز است. با معتدل شدن هوا عملکرد حالت با پرده بهتر از بقیه حالات است که این موضوع طبیعی است. پس از آن با تفاوت کم، پوسته حالت U عملکرد بهتری دارد و پس از آن به ترتیب پوسته حالت T، موازی و بدون پرده عملکرد بهتری دارند (جدول۴).

جدول ۴: میزان بهبود مصرف انرژی پوسته هوشمند متحرک در چیدمان‌های U، T و ll (موازی) در جبهه جنوب و شرق

حالت	با پرده	پوسته هوشمند با چیدمان II		پوسته هوشمند با چیدمان T		پوسته هوشمند با چیدمان U	
	میزان مصرف انرژی (کیلووات ساعت)	میزان مصرف انرژی (کیلووات ساعت)	میزان بهبود (٪)	میزان مصرف انرژی (کیلووات ساعت)	میزان بهبود (٪)	میزان مصرف انرژی (کیلووات ساعت)	میزان بهبود (٪)
جنوب	۸۰.۳۷	۴۰.۳۲	۴۹.۸۳	۴۰.۸۶	۴۹.۱۷	۴۰.۶۲	۴۹.۴۶
جنوب سرد	۶۹.۰۰	۲۵.۹۹	۶۲.۳۳	۲۶.۴۶	۶۱.۶۵	۲۶.۲۳	۶۱.۹۸
جنوب معتدل	۱۱.۳۷	۱۴.۳۳	-۲۶.۰۲	۱۴.۳۹	-۲۶.۵۴	۱۴.۳۹	-۲۶.۵۴
شرق	۹۷.۲۱	۶۴.۴۴	۳۳.۷۱	۶۵.۳۴	۳۲.۷۸	۶۵.۲۳	۳۲.۹۰
شرق سرد	۸۵.۵۳	۴۷.۵۲	۴۴.۴۴	۴۸.۷۱	۴۳.۰۵	۴۸.۶۳	۴۳.۱۵
شرق معتدل	۱۱.۶۸	۱۶.۹۲	-۴۴.۸۵	۱۶.۶۳	-۴۲.۳۵	۱۶.۶۰	-۴۲.۱۱
درصد بهبود مثبت به معنی بهبود نسبت به حالت با پرده و درصد منفی به معنی عملکرد بدتر نسبت به حالت با پرده است.							

پوسته ایجاد شده در جبهه جنوب در ماه‌های سرد، حدود ۶۱ درصد بهبود را نشان می‌دهد که بیشترین میزان کاهش مصرف انرژی را دارد. این پوسته در جبهه جنوب در ماههای معتدل کمترین کارایی را دارد. همچنین به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که در حالت‌های پیشنهادی پوسته هوشمند مصرف انرژی در دو جبهه جنوب و شرق به ترتیب حدود ۴۰٪ و ۶۵٪ نسبت به حالت با پرده بهبود داشته است. از سوی دیگر در بررسی‌ها مشخص شد طی ماه‌های سرد جبهه جنوبی مصرف انرژی کمتری نسبت به جبهه شرقی دارد. بنابراین می‌توان گفت اگر در مناطق سردسیر در طراحی فضاهای اداری می‌بایست بازشوها را در سمت جنوب ساختمان تعبیه نمود تا میزان مصرف انرژی نسبت به بقیه جهات کمتر شود.

از آنجایی که شهر تبریز ماه‌های سرد بیشتری دارد نتایج پژوهش نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند در کاهش بار گرمایش در این شهر موثرتر باشد. در ماه‌های گرم به منظور کاهش بار سرمایش، این روش تاثیر کمتری دارد اما موضوع خیرگی را با توجه به پژوهش قبل تقریبا به صورت کامل حل می‌کند. اما جهت بهبود کارایی پوسته از لحاظ مصرف انرژی در ماه‌های معتدل و گرم میتوان تطابق پوسته با محل کابران را حذف کرد و سطح پوسته را در نما افزایش داد تا سایه بیشتری ایجاد گردد و بار سرمایش کاهش پیدا کند. یا در صورتی که نیاز به نور روز وجود نداشته باشد می‌توان از پرده سنتی استفاده نمود.

منابع

۱. خداکرمی، جمال، و قبادی، پریسا. (۱۳۹۵). بهینه سازی مصرف انرژی در یک ساختمان اداری مجهز به سیستم مدیریت هوشمند. مهندسی مدیریت انرژی (مدیریت انرژی)، ۶(۲)، ۱۲-۲۳.

۲. خطیبی، اشکان، شهبازی، مجید، ترابی، زهره. (۱۴۰۱). بررسی رفتار حرارتی نماها باهدف تعیین گزینه مطلوب از نظر مصرف انرژی (مورد مطالعه: ساختمان اداری در اقلیم تهران). فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، ۹(۲)، ۱۲۱-۱۲۹.

۳. صلواتی زاده، زهره، شهبازی، مجید، ترابی، زهره، (۱۴۰۱)، بررسی تاثیر پوسته متحرک هوشمند برمیزان روشنایی و خیرگی در محیط های اداری بر اساس محل استقرار کاربر، نشریه هویت شهر، شماره جاری.

۴. فتحعلیان، افشین و کارگر شریف آباد، هادی. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر راهکارهای مختلف بهینه سازی انرژی در رده‌بندی انرژی ساختمان به‌وسیله نرم‌افزار دیزاین بیلدر(مطالعه موردی: ساختمان اداری) .علوم و تکنولوژی محیط زیست دوره ۲۲ شماره ۷.

۵. نوری وند، شیرین، بلیلان، لیدا، ستارزاده، داریوش، آصفی، مازیار. (۱۴۰۰). ارزیابی تاثیرافزایش عمق حفره و تعدادطبقات درعملکردانرژی گونه‌های مختلف نمای دوپوسته در۳۶سناریوی متفاوت درساختمان‌های اداری اقلیم سرد (نمونه موردی: ساختمانی اداری درتبریز). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳(۷).

6. Ahmed, M et al. 2016. "Optimum Energy Consumption by Using Kinetic Shading System for Residential Buildings in Hot Arid Areas." International Journal of Smart Grid and Clean Energy 5(2): 2.
7. Alawadhi, Esam M. 2018. "Double Solar Screens for Window to Control Sunlight in Kuwait." Building and Environment 144: 392–401.
8. Anzaniyan, Elmira, Matin Alaghmandan, and Ayda Montaser Koohsari. 2022. "Design, Fabrication and Computational Simulation of a Bio-Kinetic Façade Inspired by the Mechanism of the Lupinus Succulentus Plant for Daylight and Energy Efficiency." Science and Technology for the Built Environment 28(10): 1456–71.

9. Asif, Muhammad, T Muneer, and R Kelley. 2007. "Life Cycle Assessment: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland." Building and environment 42(3): 1391–94.
10. Bribián, Ignacio Zabalza, Alfonso Aranda Usón, and Sabina Scarpellini. 2009. "Life Cycle Assessment in Buildings: State-of-the-Art and Simplified LCA Methodology as a Complement for Building Certification." Building and environment 44(12): 2510–20.
11. Hosseini, Seyed Morteza et al. 2019. "A Morphological Approach for Kinetic Façade Design Process to Improve Visual and Thermal Comfort." Building and Environment 153: 186–204.
12. Iken, Omar et al. 2019. "Thermal and Energy Performance Investigation of a Smart Double Skin Facade Integrating Vanadium Dioxide through CFD Simulations." Energy Conversion and Management 195: 650–71.
13. Le-Thanh, Luan et al. 2021. "Optimal Design of an Origami-Inspired Kinetic Façade by Balancing Composite Motion Optimization for Improving Daylight Performance and Energy Efficiency." Energy 219: 119557.
14. Nabil, A, and J Mardaljevic. 2005. "Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings." Lighting Research & Technology 37(1): 41–57. https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa.
15. Reza, Ehsan, and Auwal Saminu Suleiman. 2021. "Assessing the Effect of Prefabricated Double-Skin Façade on the Thermal Comfort of Office Building to Achieve Sustainbility: Case Studies of Office Complex, Kuchigoro and Office Complex, Garki, Abuja-Nigeria." Future Cities and Environment 7(1).
16. Sadegh, Salman Oukati, Eugenia Gasparri, Arianna Brambilla, and Anastasia Globa. 2022. "Kinetic Facades: An Evolutionary-Based Performance Evaluation Framework." Journal of Building Engineering 53: 104408.
17. Salim, K A, R Hendarti, and R Tomasowa. 2020. "Parametric Facade Approach for an Office Building to Reduce the Irradiance Level in Jakarta." In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 12102.
18. Wagdy, Ayman, and Fatma Fathy. 2015. "A Parametric Approach for Achieving Optimum Daylighting Performance through Solar Screens in Desert Climates." Journal of Building Engineering 3: 155–70. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710215300127.
19. A Literature Review on Thermal Comfort Performance of Parametric Façades Bahri, Seyedehsara et al. 2022. "A Literature Review on Thermal Comfort Performance of Parametric Façades." Energy Reports 8: 120–28. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722021771.