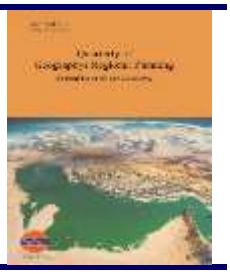
Iranian Association of Geopolitical

Geography(Regional Planning)

Spring 2024. Vol 14, Issue 54

ISSN (Print): 2228-6462 - ISSN (Online): 2783-2112

Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/



Research Paper

Investigating The Impact of Smart Mobile Skin on The Amount of Brightness And Glare In office Environments Based on The Location of The User

Zohreh Salavti[1], Majid Shahbazi[*2], Zohreh Torabi[3]

1. PhD student, Department of Architecture and Urban Planning, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran
2. Department of Architecture and Urban Planning, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran
3. Department of Architecture and Urban Planning, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

ARTICLEINFO

PP: 477-494

Use your device to scan and read the article online

Keywords*: Glare, Daylight, Smart Facade, Office Building, Optimization .*

Abstract

Today, facades play a decisive role in both aspects of energy optimization and providing comfort to users. The penetration of sunlight through the openings of the façade, in addition to providing the lighting of the spaces, also plays a fundamental role in the health of the environment for the people inside the building. The use of smart moving facades, due to purposeful movement, provides the possibility of more efficiency of daylight for the residents. The present research seeks to provide a method to create a smart shell with the aim of increasing the amount of natural lighting and reducing the resulting glare in office spaces in Tabriz city. The dimensions of the mobile shell under study vary based on the distance of the residents from the surface of the window, in this regard, the type of office layout and the orientation of the users are among the most important things that result in different results by changing the location. For this purpose, 14 days of the year with an interval of 15 days and for 10 hours, with different layouts in three types T, U and II office space have been simulated. Analysis and simulation have been done with Readiness simulation engine and Honeybee and Ladybug interface software. The findings of the research show that the presented method for creating a smart shell has resulted in more daylight use than traditional methods such as curtains.

Citation: Salavti, Z., Shahbazi, M., Torabi, Z. (2024).**Investigating The Impact of Smart Mobile Skin on The Amount of Brightness And Glare In office Environments Based on The Location of The User**, Geography(Regional Planning), 14(54), 477-494.

DOI:10.22034/JGEOQ.2024.364017.3881

DOR:

[*] **Corresponding author:** Majid Shahbazi, **Email:** Majidshabazy57@gmail.com

Copyright © 2024 The Authors. Published by Qeshm Institute. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

With the increase in population and the development of urbanization, providing development resources and preserving the environment are among the main challenges for countries. Sustainable development, first introduced in 1980 by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and further defined in 1987 by the World Commission on Environment and Development (WCED), is based on the principles of needs and constraints. It aims to meet the needs of society without harming natural resources. In 2015, the United Nations set 17 main goals for sustainable development, with energy being one of the most important goals (Salvia, 2019).Energy management is divided into two parts: production and consumption. More than 90% of the world's energy comes from fossil fuels, which have an uncertain future due to environmental damage and limited resources. With the increasing population in cities, the construction of high-rise buildings has risen, making it essential to incorporate sustainable development principles in their design (Santika, 2019).Visual comfort and lighting are important aspects of architecture and technology. Daylight enhances the perception of architectural space by creating contrast and dynamism, which is crucial for spaces like offices where users spend a significant amount of time. Proper use of daylight is necessary to create comfort and save energy. Architects need appropriate metrics to evaluate the effects of daylighting (Martinez, 2013).

Methodology

This research investigates the effect of different parameters in measuring brightness and light glare using computer simulation. Related tools and codes written by the authors have been used to simulate and extract the optimal state of brightness and glare. The type of office arrangement and the orientation of users are among the most important factors that can yield different results. The use time of the space, based on daily working hours, can also significantly impact the research results. By using the simulation method, various models and forms are examined, providing the possibility for logical analysis and the formulation of design criteria in this field. Finally, the process of conducting the work in the simulation software and its implementation is described.

Results and Discussion

After the simulation, the research results were checked in several ways. First, the amount of glare experienced by residents in different layouts (LL, T, and U) and in states without a shell and with a smart shell was evaluated for the south-facing direction. The glare for six users in each layout was recorded for each hour and month. In the U and T layouts, all the glares were mitigated, so the simulation results for the case without the smart shell were included in diagrams 2 and 3. Data were displayed for months when users experienced glare above 35%. The effect of the smart shell in reducing daylight brightness and its comparison with curtains was evaluated using the sDA index for brightness levels of 100, 200, and 500 lux. The results showed that the smart shell improves glare without hindering the reception of adequate light. The simulated data in Table 5 shows the performance of the smart moving view. Tables 6, 7, and 8 present the results for March 22, June, and December.

Conclusion

Based on the simulation results, the use of an intelligent moving facade has maximized sunlight utilization in indoor spaces without causing glare for users, which is crucial in office spaces. In contrast, the use of curtains significantly reduces the quality of ambient lighting. The intelligent moving facade spreads light uniformly, enhancing daylight use and positively impacting the design of lighting systems. In this research, over 7,840 simulations were performed for all plan types (T, U, and ll). In the T and U plans, the smart facade resolved 100% of the glare, but in the ll (parallel) plan, the glare was not completely eliminated. A slight decrease in daylight quality was observed after using the smart facade, which is expected.In the U furniture plan, glare affected up to four users (#2, 3, 4, and 5) in the middle of the day. Using the smart facade completely removed the glare, allowing users to work without reduced light. The use of curtains significantly reduced the brightness compared to the smart facade. In

the T furniture plan, all glare conditions were improved by 100%, and the smart facade made maximum use of sunlight without causing glare.In the ll furniture plan, glare was not completely removed and persisted during some hours. Most of the glare occurred near the window due to reflections from vertical surfaces, as users were facing the wall. In this case, the smart facade was not fully effective and requires a more optimal solution.Overall, the smart facade performed well in the T and U plans but needs optimization in the ll plan. This research offers a method to reduce glare and maximize daylight use in common layouts.

References

1. Al-Kodmany, K. (2018). The sustainability of tall building developments: A conceptual framework. Buildings, 8(1), 7.
2. Aries, M. (2005). Human Lighting Demands. Technical University of Eindhoven.
3. Galasiu, A. D., & Veitch, J. A. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. Energy and Buildings, 38(7), 728–742.
4. Martinez-Val, J. M. (2013). Energy for Sustainable Development: A systematic approach for a badly defined challenge. Energy Conversion and Management, 72, 3–11.
5. Michael, A., & Heracleous, C. (2017). Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. Energy and Buildings, 140, 443–457.
6. Oldfield, P., Trabucco, D., & Wood, A. (2014). Roadmap on the future research needs of tall buildings. Council on Tall Buildings and Urban Habitat.
7. Park, J., Loftness, V., Aziz, A., & Wang, T.-H. (2021). Strategies to achieve optimum visual quality for maximum occupant satisfaction: Field study findings in office buildings. Building and Environment, 195, 107458.
8. Rockcastle, S., & Andersen, M. (2014). Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology. Building and Environment, 81, 320–333.
9. Salvia, A. L., Leal Filho, W., Brandli, L. L., & Griebeler, J. S. (2019). Assessing research trends related to Sustainable Development Goals: Local and global issues. Journal of Cleaner Production, 208, 841–849.
10. Santika, W. G., Anisuzzaman, M., Bahri, P. A., Shafiullah, G. M., Rupf, G. V., & Urmee, T. (2019). From goals to joules: A quantitative approach of interlinkages between energy and the Sustainable Development Goals. Energy Research & Social Science, 50, 201–214.

فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)

دوره ۱۴، شماره ۵۴، بهار ۱۴۰۳

شاپا چاپی: ۶۴۶۲- ۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۲۱۱۲ -۲۷۸۳

Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/

انجمن ژئوپلیتیک ایران

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پوسته متحرک هوشمند بر میزان روشنایی و خیرگی در محیط‌های اداری بر اساس محل استقرار کاربر

زهره صلواتی: دانشجوی دکتری، گروه معماری و شهرسازی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

مجید شهبازی:* استادیار گروه معماری و شهرسازی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

زهره ترابی: گروه معماری و شهرسازی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله

شماره صفحات: ۴۹۴-۴۷۷

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

واژه‌های کلیدی:

خیرگی، نور روز، نمای هوشمند، ساختمان اداری، بهینه‌سازی.

چکیده

امروزه نماها تا حد بسیار زیادی در هر دو جنبه بهینه‌سازی انرژی و تأمین آسایش استفاده‌کنندگان نقش تعیین‌کننده ای دارند. نفوذ نور خور شید از گشودگی‌های بدنه نما علاوه بر تأمین رو شنایی فضاها در سلامت محیط برای افراد داخل ساختمان نیز نقش اساسی دارد. استفاده از نماهای متحرک هوشمند، به واسطه جابجایی هدفمند ، امکان بهره وری بیشتر از نور روز را برای ساکنین فراهم می‌کند. تحقیق حاضر به دنبال ارائه روشی جهت ایجاد پوسته هوشمند با هدف افزایش میزان دریافت روشنایی طبیعی و کاهش خیرگی حاصل از آن در فضاهای اداری در شهر تبریز است. ابعاد پوسته متحرک مورد مطالعه بر اساس فاصله ساکنین از سطح نورگیر پنجره متغیر است، در این رابطه نوع چیدمان اداری و جهت قرارگیری کاربران از مهمترین مواردی است که با تغییر مکان نتایج مختلفی حاصل می‌گردد. برای این منظور، ۱۴ روز از سال با فاصله ۱۵ روز و برای ۱۰ ساعت، با چیدمان‌های مختلف در سه تیپ T، U و II فضای اداری شبیه‌سازی شده است. تحلیل و شبیه‌سازی با موتور شبیه‌سازی ریدینس و نرم‌افزارهای رابط هانی بی و لیدی باگ صورت گرفته است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که روش ارائه شده برای ایجاد پوسته هوشمند سبب بهره‌گیری بیشتر از نور روز نسبت به روش‌های سنتی همچون پرده شده است و برای بحث خیرگی در پلان های T و U، ۱۰۰٪ و در پلان II، ۳۵٪ بهبود حاصل شده است. همچنین با بررسی پلان‌های پیشنهادی مشاهده گردید که بازتاب داخلی و کنترل حاصل ازپوسته در پلان‌های موازی (II) که ساکنین رو به صفحات عمودی و دیوار ها هستند کاربری کمتری دارد و نیاز به بهینه‌سازی نسبت به آن‌ها وجود دارد که خارج از اهداف این پژوهش است.

استناد: صلواتی، زهره؛ شهبازی، مجید ؛ ترابی، زهره. (۱۴۰۳). **بررسی تأثیر پوسته متحرک هوشمند بر میزان روشنایی و خیرگی در محیط‌های اداری بر اساس محل استقرار کاربر**، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۴(۵۴)، صص ۴۷۷-۴۹۴.

DOI:10.22034/JGEOQ.2024.364017.3881

DOR:

* **نویسنده مسئول:** مجید شهبازی، **پست الکترونیکی:** Majidshabazy57@gmail.com

مقدمه

با افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی، تأمین منابع توسعه از یک سو و حفظ محیط زیست از سوی دیگر یکی از چالش‌های پیش رو کشورها است. توسعه پایدار به عنوان راهکاری برای تأمین نیازهای جامعه بدون آسیب زدن به منابع طبیعی و اکو سیستم‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ میلادی توسط اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) معرفی شد و سپس در سال ۱۹۸۷ بر اساس تعریف کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه (WCED) بر دو اصل نیازها و محدودیت‌ها پایه‌گذاری گردید. در سال ۲۰۱۵ سازمان ملل ۱۷ هدف اصلی برای توسعه پایدار تعریف کرده است که یکی از مهمترین اهداف در بخش انرژی ارائه گردید (سالویا، ۲۰۱۹: ۸۴۱).

مدیریت انرژی بصورت کلی به دو بخش تولید و مصرف انرژی تقسیم می‌گردد. بیش از ۹۰ درصد انرژی تولیدی در جهان از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی تأمین می‌گردد. استفاده از سوخت‌های فسیلی به دو دلیل دورنمای مناسبی ندارد. نخستین دلیل در رابطه با آسیب‌های زیست محیطی از استخراج و احتراق این نوع سوخت‌ها است که انتشار گازهای گلخانه‌ای از مهمترین این آسیب‌ها است. دلیل دیگر محدودیت در منابع موجود این سوخت‌ها ذکر می‌گردد که در سال‌های پیشرو ذخایر آن‌ها رو به اتمام ا. در این میان یکی از رویکردهای حاصل از افزایش جمعیت شهرها، ساخت ساختمان‌های بلند مرتبه است که بر اساس مطالعات صورت گرفته در سال‌های پیشرو ساخت این نوع ساختمان‌ها رو به افزایش خواهد بود و رعایت اصول توسعه پایدار در طراحی و ساخت این ساختمان‌ها باید مورد توجه قرار گیرد (سانتیکا، ۲۰۱۹: ۲۰۱).

بحث آسایش بصری و ارتباط آن با روشنایی از جمله مباحث روز معماری و تکنولوژی است. ویژگی‌های خاص روشنایی روز مانند تضاد و پویایی، در ادراک فضای معماری ضروری و بسیار اثرگذار است. روشنایی روز عمق را به هندسه فضا افزوده و فضای داخلی ایستا را با تغییر ترکیبات نور و سایه تعریف می‌کند. با ایجاد تضاد روشنایی بین سطوح مختلف و برجسته شدن بافت و رنگ سطوح توسط روشنایی روز، فضا، قابل درک می‌شود و با تغییر در ویژگی‌های فضا که به دلیل پویایی آن اتفاق می‌افتد، ادراک فضای معماری نیز به وضوح تغییر می‌کند. آسایش بصری در طراحی معماری برای دستیابی به شرایط مطلوب به ویژه در فضاهایی همچون فضای اداری که کاربران بخش مهمی از وقت خود را در طول روز (در حدود ۸ ساعت در روز در ایران) در این فضاها صرف می‌کنند و غالب فعالیت‌ها در آن‌ها وابسته به دریافت اطلاعات بصری از محیط اطراف است، یک امر مهم است. در این راستا استفاده صحیح و اصولی از روشنایی روز هم در جهت ایجاد شرایط آسایش و هم به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها، اهمیت دارد. ازاین رو معماران نیاز به سنجه مناسب دارند تا تأثیرات پویایی و ادراکی روشنایی روز را ارزیابی کنند و فضای معماری را بر اساس معیارهای آسایش بسنجند (مارتینز، ۲۰۱۳: ۳).

سطح روشنایی موردنیاز در یک فضا به فاکتورهای مختلفی همچون نوع کار، طول مدت انجام کار، سن کارمندان و... بستگی دارد. علی رغم مطالعات گسترده درزمینه روشنایی روز، هنوز معیار جامعی که موردپذیرش عموم باشد و قابلیت سنجش روشنایی روز مناسب را داشته باشد، وجود ندارد. بااین حال، استانداردها و ضوابط کنونی برای روشنایی فضاهای اداری پارامترهایی را در طراحی روشنایی انتخاب کرده‌اند و معیارها و شاخص‌هایی را برای ارزیابی آن‌ها در نظر گرفته‌اند. در اغلب آن‌ها، شدت روشنایی افقی در سطح میز کار و یا فاکتور نور روز، پارامترهای اصلی طراحی روشنایی در فضاهای اداری هستند. علاوه بر آن با توجه به تحقیقات پیشین شدت روشنایی مطلوب برای افراد در شهرها و کشورهای مختلف متفاوت است. مسأله اصلی این است که نما های متحرک هوشمند، به واسطه‌ی دارا بودن جداره شیشه‌ای در کل ارتفاع ساختمان، بیشترین دریافت نور روز را خواهند داشت و تا عمق بیشتری از فضای داخلی را نورانی می‌کنند. حجم زیاد دریافت نور خورشید، با خیرگی نور و دریافت گرمای کنترل شده، در کاهش انرژی مصرفی ساختمان نقش مؤثری دارد. نور خورشید علاوه بر تأمین روشنایی فضاها در سلامت محیط و افراد داخل ساختمان نیز نقش اساسی دارد. ازاین رو، این پژوهش به دنبال تعیین محدوده روشنایی روز در فضاهای اداری است تا با در نظر گرفتن این محدوده در طراحی و تحقیقات این حوزه، فضاهای اداری در اقلیم سرد، به شرایط ایجاد آسایش روشنایی نزدیک‌تر شوند و به صورت موازی، فضای مورد نظر، با کاهش میزان نور مواجه نشده و نیازی به تأمین نور فضا با استفاده از نور مصنوعی نباشد. در واقع یکی از مشکل‌ترین و پیچیده‌ترین ساز و کارهای طراحی نماهای هوشمند توجه به این مسأله است که حد واسطی

از نور مطلوب در فضای کار وجود داشته باشد که نه نیاز به در نظر گرفتن نور مصنوعی در فضای مورد نظر باشد و نه ایجادِ خیرگی شود که دقیقاً مسأله تحقیق حاضر توجه به این نکته است (الدفیلد، ۲۰۱۴: ۵۴).

در سال‌های اخیر تکنولوژی‌های جدیدی جهت کنترل نور خورشیدی وارده به ساختمان، کنترل اتلاف انرژی و بهبود کیفیت بصری ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در این میان استفاده از نماهای هوشمند به عنوان راهکاری کارآمد برای کنترل تقابل بین محیط داخل و خارج طی تحقیقات متعدد پیشنهاد گردیده است. ساختمان‌های بلند مرتبه اداری به دلایلی همچون زیبایی و طراحی پلان (پلان دور هسته و پلان باز)، بیشترین استفاده از نمای شیشه‌ای را دارند، که در نتیجه از نمای هوشمند، جهت جلوگیری از اکتساب بیش از اندازه تابش آفتاب و استفاده از سایر مزایای این تکنیک استفاده می‌کنند (کدمانی، ۲۰۱۸: ۷).

تلاش‌های فراوانی جهت آنالیز و بهینه‌یابی عمکرد روشنایی نماهای هوشمند در مناطق و اقلیم‌های مختلف گردیده است. برای استفاده منطقی از نماهای هوشمند، تنوع اقلیمی سراسر جهان باید مد نظر قرارگیرد (راک کاستل، ۲۰۱۴: ۳۲۰).

در همین راستا ارائه الگوی روشی مناسب که بیشترین بازدهی روشنایی را برای ساختمان‌ها با پوسته هوشمند در اقلیم سرد و خشک را موجب گردد می‌تواند راهنمای مناسبی برای طراحان باشد. این تحقیق روشی را جهت بهبود نور روز و رفع خیرگی براساس عملکرد در تابستان و زمستان ارائه نموده است (گالاسیو، ۲۰۰۶: ۷۲۸).

پوسته هوشمند در واقع در طول روزهای تابستان به عنوان عایق در مقابل تابش آفتاب و کنترل ورودی میزان روشنایی عمل می کند در عوض در زمستان نیز با توجه به ارتفاع نور طبیعی و خورشید که در پایین‌ترین حالت خود است می‌تواند میزان نور ورودی به بنا را کنترل نموده و این امر را بهبود بخشد. در این رابطه عبارت «نماهای تطبیقی» می‌تواند زیرمجموعه‌ای از «نماهای هوشمند» در نظر گرفته شوند. در حقیقت، «نماهای تطبیقی»، از عناصر چند منظوره تشکیل شده است، به عبارت بهتر، سیستم های تطبیقی سیستم‌هایی هستند که در آن، جداکننده فیزیکی بین فضای داخلی و خارجی قادر به تغییر ویژگی‌ها یا رفتار سازه در طول زمان در پاسخ به الزامات عملکردی با هدف بهبود عملکرد کارایی ساختمان است. علاقه به تعامل و معماری هوشمند به شدت در دهه ۶۰ یا ۷۰ میلادی ظهور پیدا نمود. تغییر چشمگیر ایده‌ها و اصول در معماری همزمان با پیشرفت در محاسبات، کاملاً مشهود بوده است. در این نوع از تکنولوژی ساختمان، فرم جنبشی و دینامیکی به طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۷۰ زوک و کلارک معماری جنبشی را به عنوان یک فرم معماری که می‌تواند ذاتاً قابل جابجایی، تغییر شکل، قابل گسترش یا قادر به حرکت برای توضیح بیشتر باشد، تعریف می‌کنند. نمای جنبشی یک سیستم تکنولوژیکی است که در آن نوع خاصی از حرکت وجود دارد که می‌تواند هندسه متغیر را برای همه عناصر درگیر یا یکی از آن‌ها را برای اهداف خاصی، تضمین کند. نماهای جنبشی به تأثیرات طبیعی پاسخ می‌دهند و با عملکردهای بهینه که برای آن منظور تعریف می‌شوند، قابل انطباق هستند و در نهایت، عملکرد ساختمان و راحتی کاربر این نوع نماها پیچیده هستند. معمولاً این نماها باید به طور مؤثر با شرایط محدود مانند شرایط آب و هوایی، مکان‌های مختلف، الزامات عملکردی سازگار باشند. واژه جنبشی از کلمه یونانی kinesis گرفته شده است که نشان‌دهنده حرکت، یا تعامل است. معماری جنبشی به ادغام درجه خاصی از حرکت در ساختار اشاره دارد. معماری جنبشی را می‌توان به عنوان سازه‌ها یا بخش‌هایی از سازه با تحرک متغیر یا مکان‌هایی با هندسه متغیر، تعریف کرد. به عنوان بخش خاصی از معماری جنبشی، نماهای جنبشی با جزئیات بیشتری در نسل‌های جدید که در آن زیبایی‌شناسی و ارتباطات در طراحی ادغام شده است، خود را نشان می‌دهند و در این حوزه، ساخت و ساز ساختمان، روز به روز رایج‌تر می‌شود. با ایجاد یک رابطه واقعی بین مردم، دنیای دیجیتال و فضای معماری، چنین نماهایی پتانسیل کامل را دارند که منظر شهری را دگرگون می‌کند (میکائیل، ۲۰۱۷: ۴۴۳).

بهینه‌سازی نماهای هوشمند، جهت تأمین شرایط آسایش کاربر در محیط‌های داخلی در طراحی ساختمان‌ها، به شمار می‌آید. آسایش کاربر در فضا دارای جنبه‌های مختلفی است که آسایش بصری یکی از مهم‌ترین آن‌ها است. آسایش بصری در محیط به معنای تأمین شرایط مناسب برای بینایی در موقعیت‌های گوناگون و جلوگیری از خستگی چشم است و به قدرت بینایی و ادراک فرد، شکل فضا و تطابق آن با فعالیت‌های مختلف کاربران بستگی دارد. برای ارزیابی فضا از نظر آسایش بصری، شاخص‌های مختلفی وجود دارند. در ادامه، شاخص‌های معتبر و پرکاربرد در سنجش آسایش بصری معرفی می‌شوند. کفایت فضایی نور روز (sDA)، درصدی از کف که در بیش از نیمی از ساعت‌های اشغال کاربر در طول سال سطح روشنایی بالای ۳۰۰ لوکس دارند را

می‌سنجد. تابش مستقیم سالانه نور خورشید (ASE) نشان از درصدی از فضای مورد ارزیابی بوده که در آن بیش از ۲۵۰ ساعت در سال، بیش از ۱۰۰ لوکس تابش مستقیم در یافت شده است. شاخص روشنایی مفید نور روز (UDI)، به درصدی از ساعات اشغالی در طول سال که سطح روشنایی با توجه به استاندارد بین ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ یا ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس باشد، اطلاق می‌گردد (پارک، ۲۰۲۱: ۱۹۵).

شاخص احتمال خیرگی نور روز، نسبت به شاخص‌های پیشین خیرگی که فقط وابسته به میزان تضاد روشنایی پس زمینه و منبع روشنایی بودند، دقت بیشتری دارد و به شدت روشنایی موقعیت کاربر نیز بستگی دارد. مقدار آن عددی در بازه صفر تا یک (۰–۱) است و به چهار محدوده کمتر از ۰٫۳۵ (خیرگی نامحسوس)، ۰٫۳۵ تا ۰٫۴۰ (خیرگی محسوس)، ۰٫۴ تا ۰٫۴۵ (خیرگی آزاردهنده) و بیشتر از ۰٫۴۵ (خیرگی ناتوان‌کننده) تقسیم شده است.

همچنین جهت بررسی میزان کیفیت روشنایی نور روز محیط داخل از شاخصDA استفاده شده است. این شاخص که بصوت درصدی از فضا که حداقل روشنایی در نظر گرفته شده بر اساس لوکس را در طول زمان مورد بهرهبرداری تأمین می‌کند را مشخص می‌کند. برای مثال چنان چه میزان DA یک فضا برای ۲۰۰ لوکس ۷۵ درصد باشد یعنی در طول زمان بهره‌برداری از آن فضا ۷۵ درصد فضا حداقل ۲۰۰ لوکس نور را دریافت می‌کند.

مطالعاتی که در این حوزه انجام یافته است را می‌توان به چند بخش تقسیم نمود. برخی از مطالعات صرفاً به سنجش پارامترهای روشنی در این رابطه پرداخته‌اند و اعتبار شاخص‌های سنجش روشنایی را مورد سنجش و ارزیابی قرار داده‌اند که البته می‌تواند تا حدودی به تحقیق حاضر نیز مرتبط باشد. اما تحقیقات دیگری در رابطه با مصادیق طراحی معماری ساختمان‌های هدف (در اینجا ساختمان‌هایی با کاربری اداری) و نحوه در نظر گرفتن مسأله در میزان تأثیرگذاری روی خیرگی افراد پرداخته‌اند که به موضوع حاضر نزدیک‌تر است. سیستم‌های متحرک می‌توانند به طور قابل توجهی سطح آسایش داخلی را افزایش دهند و در این زمینه مؤثرتر از سیستم‌های سنتی سایه‌اندازی عمل می‌کنند. انعطاف‌پذیری این سیستم‌ها، این امکان را فراهم می‌کند تا با توجه به نیاز یا هدف مورد نظر، با الگوهای مختلف به حرکت درآیند.

استفاده از سیستم‌های سایه‌اندازی متحرک سازگار با شرایط آب و هوایی به طور قابل ملاحظه‌ای در ایجاد یک رابطه متعادل بین بهره وری روشنایی و مصرف انرژی نقش دارد. با این حال، میزان بهره وری این سیستم‌ها بستگی به نوع سایه انداز متحرک، نوع سیستم کنترلی، موقعیت جغرافیایی و مقیاس اجرای آن دارد. به طور قطع، یک نمای متحرک انطباق‌پذیر می‌تواند پاسخگوی هر دو مسأله حفاظت از تابش خورشید و بهره وری روشنایی طبیعی باشد و شرایط آسایش بصری و دمایی را فراهم آورد. در عین حال، امکان استفاده از انرژی تجدیدپذیر و کمک به توازن انرژی ساختمان را فراهم می‌کند. علاوه بر این، نمای متحرک انطباق پذیر می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین برای نوسازی خارجی ساختمان‌های موجود باشد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از سیستم‌های سایه‌اندازی متحرک سازگار با شرایط آب و هوایی به طور قابل ملاحظه‌ای در ایجاد یک رابطه متعادل بین بهره وری روشنایی و مصرف انرژی نقش دارد. با این حال، میزان بهره وری این سیستم‌ها بستگی به نوع سایه انداز متحرک، نوع سیستم کنترلی، موقعیت جغرافیایی و مقیاس اجرای آن دارد.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در کتاب پوسته‌های هوشمند نوشته ویگینتون، با نگاه به آینده، اصول طراحی نمای ساختمان‌های هوشمند را بیان می‌کند. هدف نخست در این کتاب کنترل محیط داخلی به کمک پوششی پاسخگو است که در نتیجه میزان مصرف انرژی ساختمان را به حداقل می‌رساند. کتاب طراحی متحرک برای پوشش‌های ساختمانی، نوشته جولز مولونی، اولین کتابی است که چارچوبی مؤثر برای طراحی اصول اولیه نماهای متحرک بیان می‌کند. و به صورت تئوری و تجربی به بیان پارامترهای طراحی لازم هنگامی که نما از حالت سکون به انعطاف‌پذیر تبدیل می‌شود می‌پردازد.

گروهی از محققان در رابطه با سیستم‌های سایه‌اندازی متحرک مطالعات مروری جامعی را ارائه کرده‌اند. لونن و همکارانش به بررسی جامعی در زمینه نماهای سازگار با شرایط آب و هوایی پرداخته‌اند. در مطالعه آن‌ها، نماهای سازگار بر اساس تنوع ایده در

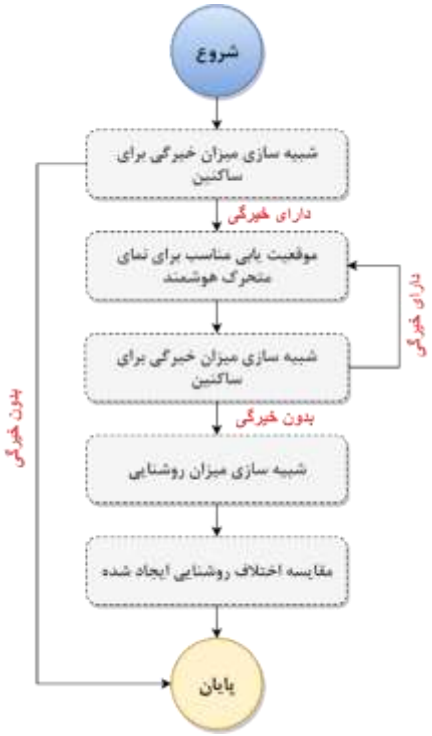
۴۴ دسته قرار می‌گیرند. با وجود جنبه‌های مثبت، هنوز ایده نماهای سازگار به علت فقدان اطلاعات بهره وری عملکردی و ارزیابی های پس از بهره‌برداری به حد اعتلای خود نرسیده است.

مطالعه‌ای دیگر توسط حسن و همکارانش انجام شده است. در این تحقیق، برای تأمین معیارهای سیستم لید، یک پوسته متحرک طراحی شده است که طرح کلی آن شبکه‌ای از چهار ضلعی‌ها است. این پنل‌ها مقابل نمای جنوبی یک فضای اداری در مصر طراحی شده است و محققان، در این تحقیق، با استفاده از ابزارهای طراحی پارامتریک به بررسی حالات بهینه ناشی از پارامترهای ابعاد چهار ضلعی‌ها، میزان بیرون زدگی، زاویه چرخش و نسبت ابعاد مقطع بیرونی نسبت به مقطع داخل پرداختند. در مطالعه چوی و همکارانش، با هدف کاهش مصرف انرژی (روشنایی مصنوعی، سرمایش و گرمایش)، پانل‌های طولی را که حول محور طولی شان قابلیت چرخش دارند و توسط یک سیستم کنترلی وابسته به سنسورهای نوری و دمایی داخل فضا کنترل می‌شوند، شبیه سازی کردند. میکائیل و همکارانش، برای رفع مشکل خیرگی و گرمایش بیش از حد نماهای شیشه‌ای ساختمان‌های موجود، پوسته متحرک متشکل از شبکه‌ای مربعی را پیشنهاد دادند و برای تأمین شدت روشنایی بین ۵۰۰ – ۳۰۰۰ لوکس، حالت‌های مختلف جهت چرخش (افقی یا عمودی) و زاویه چرخش مربع‌ها را مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه‌ای دیگر، یک نمای متحرک هوشمند که بر پایه ایده اوریگامی است، برای یک فضای اداری در شهر تهران شبیه‌سازی شده است و نتایج آن حاکی از آن است که این ایده، آستانه مطلوب شاخص‌های روشنایی نور روز مفید و احتمال خیرگی نور روز را تأمین می‌کند. در رساله‌ای تحت عنوان پوشش‌های متحرک جهت کنترل محیط نمای متحرک را برای آسایش ساکنین مناسب‌تر دانسته است و پوششی را که نسبت به نور خورشید و تهویه هوا و همچنین تولید انرژی مناسب است طراحی می‌کند. در پژوهش دیگری عناصر تزئینی سنتی به کار رفته در معماری اندونزی را مورد مطالعه قرار می‌دهد به گونه‌ای که آن‌ها را عملکردی کرده و به پوسته‌ای متحرک پاسخگو به شرایط محیطی تبدیل کند.

روش پژوهش

در تحقیق حاضر که به لحاظ ماهیتی به بررسی تأثیر پارامترهای مختلف در سنجش میزان روشنایی نور و همچنین میزان خیرگی آن پرداخته است که معمولاً از روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده می‌شود. برای این منظور می‌توان از ابزارهای مرتبط با هدف تحقیق و همچنین کدهای نگاشته شده توسط نگارندگان استفاده نمود. در روش تحقیق حاضر که مبتنی بر روش شبیه سازی است، طراح ضمن تعریف مسأله و شبیه‌سازی آن‌ها، با بهره‌گیری از کدنویسی‌های مختلف، جهت نیل به مقصود اصلی تحقیق که سنجش میزان روشنایی و خیرگی نور به صورت همزمان و استخراج حالت بهینه است، استفاده نموده است. در این رابطه، نوع چیدمان اداری و جهت قرارگیری کاربران یکی از مهمترین مواردی است که می‌تواند با تغییراتی که به خود می‌گیرد، حصول نتایج مختلف را در بر بگیرد. پارامتر بعدی که خارج از فضای داخلی می‌تواند به صورت کلی در روند انجام تحقیق تأثیر زیادی داشته باشد، زمان بهره‌برداری از فضای مورد نظر است که بر اساس ساعت کاری روزانه می‌تواند بررسی شده و حالت‌های مختلف زمانی، مورد ارزیابی نگارندگان واقع گردد. شایان ذکر است، با بهره‌گیری از روش تحقیق شبیه‌سازی، ضمن اینکه انواع مدل‌ها و فرم‌های موجود بررسی می‌شود، در نهایت، طیف گسترده‌ای، جهت انجام استدلال منطقی و تحلیل استقرایی، فراهم شده که تدوین احکام و ضوابط طراحی در این حوزه را آسان‌تر می‌کند. در ادامه فرآیند انجام کار در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و اجرای آن آورده شده است. (شکل۱)(نمودار ۱).

شکل ۱- فرآیند انجام کار در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی



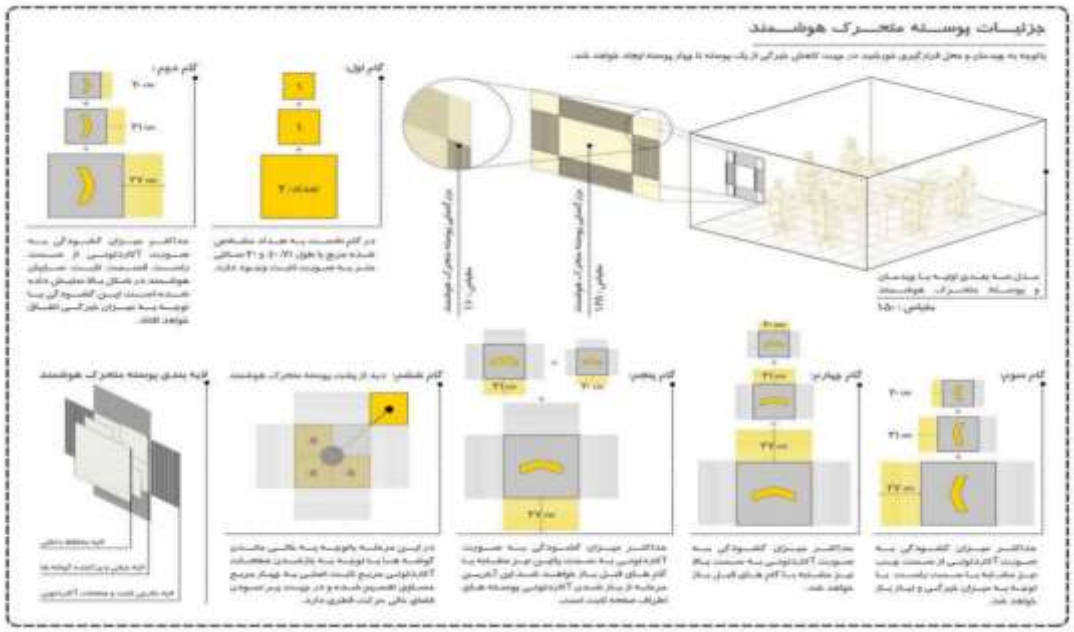
نمودار ۱- فرآیند انجام پژوهش

در تحقیق پیش رو ابتدا مدل اتاق ۶×۷ متر در محیط گرس هاپر نرم‌افزار راینو ایجاد گردیده است. این مدل از سمت جنوب با درصد بازشو ۱۰۰ درصد طراحی گردیده است. جهت شبیه‌سازی‌های میزان آسایش بصری از دو شاخص DA و DGP با بهره گیری از موتور ریدینس نسخه ۵,۲ استفاده شده است. همچنین جهت ایجاد مدل‌های ریدینس از پلاگین‌های هانی بی و لیدی باگ ورژن ۱,۳ استفاده گردیده است. در همه‌ی شبیه‌سازی‌های میزان روشنایی محیط از شبکه با ابعاد ۰,۵×۰,۵ متر استفاده شده است و همچنین ارتفاع سطح مورد بررسی ۱,۱ متر است و سایر تنظیمات مطابق جدول زیر است.

جدول ۱- تنظیمات موتور ریدینس برای شبیه‌سازی میزان روشنایی

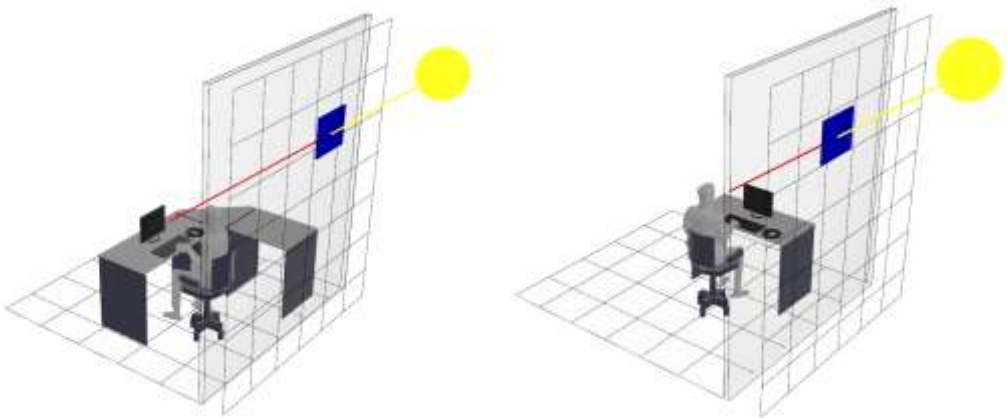
پارامتر	مقدار در شبیه‌سازی روشنایی	مقدار در شبیه‌سازی خیرگی
ab	۲	۲
aa	۰,۱	۰,۲۵
ad	۲۰۴۸	۱۰۲۴
ar	۶۴	۳۲

در شبیه‌سازی میزان خیرگی، میزان خیرگی در موقعیت هر کاربر و دید کاربر مورد بررسی شده است و تنظیمات شبیه‌سازی طبق جدول ۱ اعمال شده است. در شبیه‌سازی‌های صورت گرفته نیز از فایل آب و هوایی شهر تبریز در سایت انرژی پلاس استفاده گردیده است. در این پژوهش، هدف معرفی یک روش برای جلوگیری از خیرگی بدون کاهش چشم‌گیر نور دریافتی است. از این رو شکل و طراحی پوسته می‌تواند به هر صورتی طراحی و پیاده‌سازی شود. در این راستا یک الگوی حرکتی برای پوسته به صورت آکاردئونی پیشنهاد شده است. نمای هوشمند مورد نظر بایستی شامل چهار پوسته مربع شکل، با حداقل ابعاد ۷۱×۷۱ ، ۴۰×۴۰ و ۳۰×۳۰ باشد که بتواند در تمام ساعات برای تمام کاربران آسایش بصری ایجاد کند. هر کدام از این پوسته‌ها در ساعت‌های مختلف روز برای رفع خیرگی یک یا چند کاربر می‌تواند با دتایل ارائه شده در شکل ۲ به اندازه حداقل یا حداکثر اندازه خود به صورت آکاردئونی باز یا بسته شود.



شکل ۲-جزئیات پوسته متحرک هوشمند

بصورت کلی سه نوع پلان و نحوه چیدمان کاربران مورد بررسی قرار گرفته است (سه چیدمان رایج در ادارات). طبق شکل شماره ۳، سه نوع پلان شامل II، U، T است. هر کدام از پلان‌های II، U و T شامل ۶ کاربر است. ابتدا در هر کدام از چیدمان‌ها سه سری شبیه‌سازی روشنایی یک حالت بدون هیچ سایه انداز و حالت دیگر با پرده با ضریب عبور نور ۲۵ درصد و حالت سوم با استفاده از نمای متحرک هوشمند صورت پذیرفته است و در هر سری شبیه‌سازی میزان خیرگی کاربران بررسی شده است. سپس میزان روشنایی محیط برای دو حالت ذکر شده انجام شده است. در تحلیل کمی نتایج، دو نوع بررسی صورت می‌گیرد. بررسی تعداد افراد دارای خیرگی اولین تحلیل است که میزان ایجاد ساعت‌های مورد بررسی بدون خیرگی مقایسه می‌گردد. در حالت بعدی جهت بررسی میزان روشنایی و تحت تأثیر قرار گرفتن آن توسط نمای متحرک هوشمند برای هر ساعت مورد بررسی میزان sDA برای میزان روشنایی‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ لوکس مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای مثال چنان عدد sDA برای ۲۰۰ لوکس، ۷۰ درصد باشد یعنی در بازه زمانی مورد اشاره ۷۰ درصد مساحت اتاق روشنایی بالای ۲۰۰ لوکس دریافت می‌کند.



شکل ۳: تصویر شماتیک از رفع خیرگی مستقیم کاربر (سمت چپ) و خیرگی از مانیتور (سمت راست)

در شبیه‌سازی، روش ایجاد پوسته متحرک هوشمند ، دو منطق مورد استفاده قرار گرفته است. منطق شماره یک برای رفع خیرگی هایی است که نور مستقیماً از آفتاب بر چشم بیننده می‌افتد و برای حل این مشکل، نمای هوشمند بر روی چشم ببیننده سایه‌اندازی

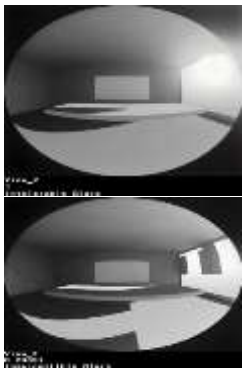
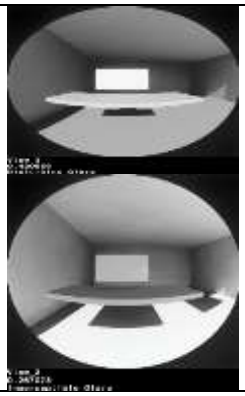
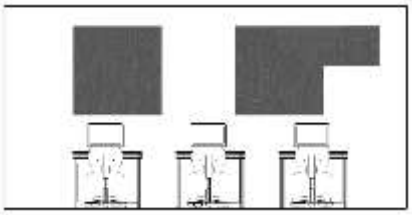
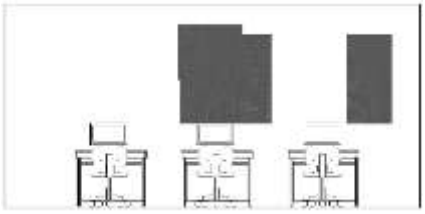
می‌کند، اندازه سایه انداری به مقداری است که خیرگی رفع گردد. در حال دوم نیز عامل خیرگی انعکاس از صفحه‌ی نمایش در نظر گرفته شده است. در این نیز نمای متحرک، سایه را بر روی صفحه نمایش ایجاد می‌کند تا خیرگی رفع گردد.
شکل ۳ و تصاویر مندرج در جدول ۳ به خوبی شماتیک و تأثیر نمای متحرک هوشمند را نشان می‌دهد. ابعاد سایه اندازها برای ساکنین بر اساس حداقل سایه انداز مورد نیاز برای رفع خیرگی است بدین صورت که از اندازه سایه انداز به شکل مربع ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر مربع شروع شده و براساس فاصله از پنجره میزان اندازه مشخص می‌گردد. نهایتاً برای فاصله‌ی یک متر از پنجره اندازه سایه انداز مربعی به اضلاع ۷۰ سانتی‌متر مربع استفاده گردیده است و سایر ابعاد برای هر متر مربع فاصله بیشتر طبق جدول زیر است.

جدول ۲ - بررسی میزان فاصله از پنجره و تأثیر آن در میزان ضلع سایه انداز

فاصله از پنجره (متر)	۱	۲	۳	۴	۵	۶
اندازه ضلع سایه انداز (متر)	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۴	۰,۳	۰,۳

شبیه‌سازی‌ها برای ۱۴ روز از سال (از ماه دسامبر تا ژوئن با فاصله ۱۵ روز) و برای ۱۰ ساعت از شبانه روز انجام پذیرفته است. با توضیحات داده شده برای هر تیپ پلان مورد بررسی بیش از ۱۶۸۰ مورد شبیه‌سازی خیرگی و ۲۸۰ مورد شبیه‌سازی میزان روشنایی صورت پذیرفته و مورد تحلیل قرار گرفته است.

جدول ۳-شماتیک و نمونه شبیه‌سازی‌ها از تأثیر نمای متحرک هوشمند در رفع خیرگی کاربران

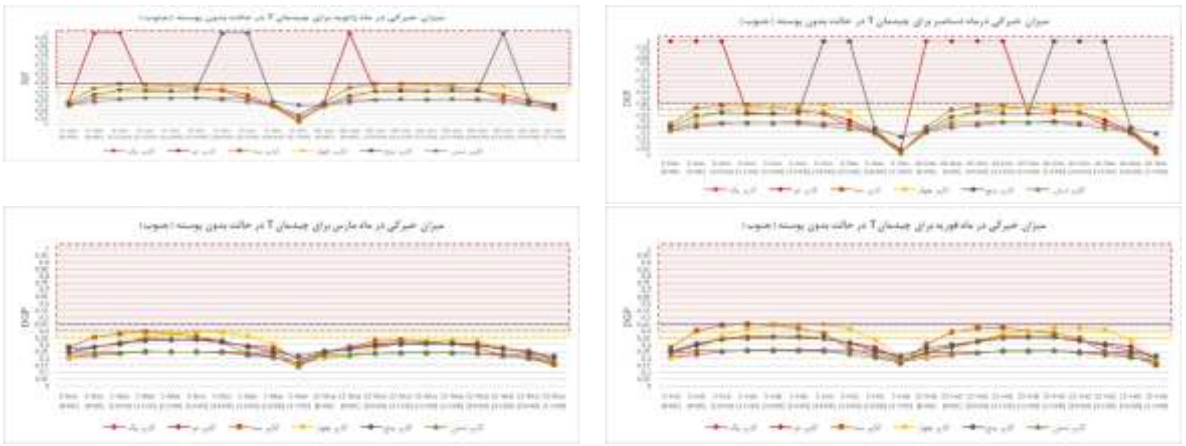
	خیرگی مستقیم	خیرگی غیر مستقیم از صفحه نمایش
شماتیک از نحوه قرارگیری نمای متحرک هوشمند		
نمونه تصاویر شبهه‌سازی بررسی خیرگی از دید کاربر		
شکل نمای هوشمند در جدار جنوبی اتاق		

برای بررسی دقیق‌تر پارامترهای ذکر شده به عنوان متغیرهای تحقیق و همچنین سهولت در انجام فرایند شبیه‌سازی بعضی از عوامل فیزیکی مانند موقعیت و جهت ساختمان (اتاق کار)، پوسته‌ها، متریال بکار برده شده در سطوح، ابعاد و تناسبات فضای مورد نظر و همچنین شرایط اقلیمی و محیطی از جمله شرایط ثابت است و تغییری در آن‌ها ایجاد نشده است. در این قسمت چیدمان های مختلف (چیدمان‌های متداول در ادارات) در سه تیپ جداگانه مورد بررسی واقع شده است. از محدودیت‌های تحقیق پیش رو محدودیت پلان‌ها و جهت‌گیری آن‌ها است. لازم به ذکر است چیدمان کاربران به صورتی است که کاربر شماره یک در تمام پلان ها سمت چپ بالا و به همین ترتیب به صورت پادساعتگرد چرخش داشته وکاربر شماره ۶ که آخرین کاربر در نظر گرفته شده است در گوشه بالا سمت راست قرار خواهد گرفت (شکل ۴).

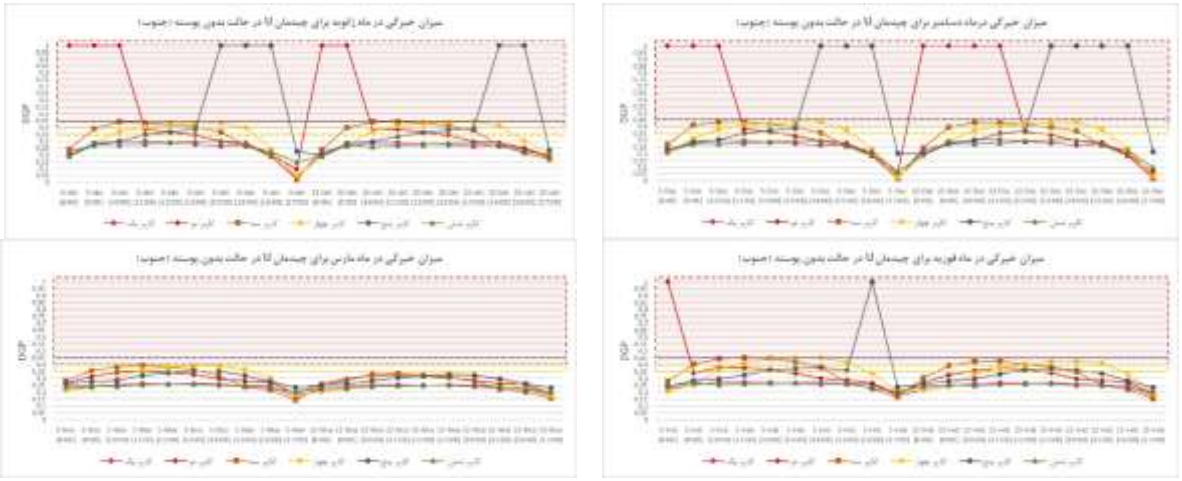
شکل ۴: چیدمان‌های مختلف در تحقیق حاضر. تصویر سمت راست: چیدمان T، تصویر وسط: چیدمان موازی ll، تصویر سمت چپ: چیدمان U

بحث و یافته‌های تحقیق

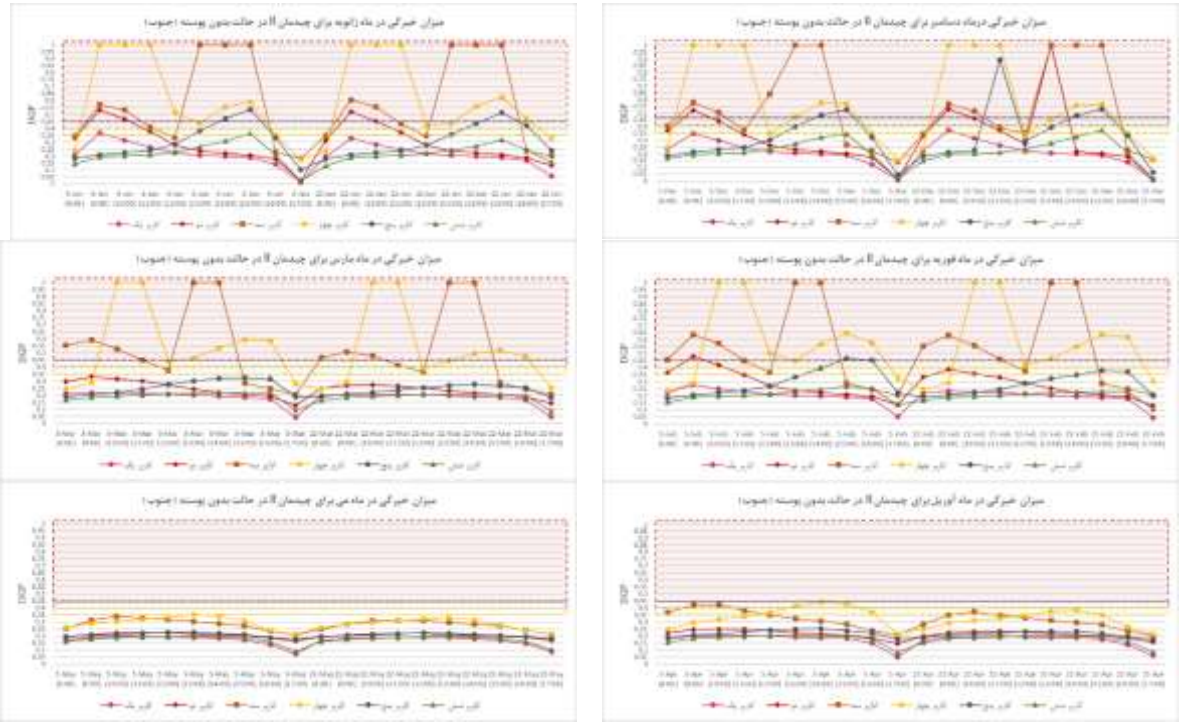
پس از شبیه‌سازی، نتایج تحقیق به چند صورت مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا میزان خیرگی‌ها برای ساکنین در هر کدام از پلان‌ها (ll، Tو U) و حالات (بدون پوسته و با پوسته) در جهت جنوب بررسی شده است. بدین صورت که میزان خیرگی شش کاربر در هر پلان برای هر ساعت و هر ماه ثبت گردید. با توجه به اینکه تمامی خیرگی‌ها در پلان‌های U و T رفع گردیده است نتایج این شبیه‌سازی‌ها فقط برای حالت بدون پوسته هوشمند در نمودارهای ۲و۳ درج گردیده است. داده‌ها فقط برای ماه‌هایی نمایش داده شده است که کاربران دارای خیرگی بالای ۳۵٪ (خیرگی محسوس) هستند. جهت خوانش راحت‌تر از ماه دسامبر تا ماه ژوئن (برای روزهای پنجم و بیست و دوم هر ماه) هر نمودار مربوط به یک ماه است که بترتیب ساعت‌ها شماره‌گذاری شده است. نتایج شبیه‌سازی میزان خیرگی نفرات، در پلان ll (موازی)، بصورت با پوسته و بدون پوسته هوشمند نمایش داده شده است (نمودار۴ و ۵).



نمودار ۲- نتایج شبیه‌سازی برای چیدمان T در حالت بدون پوسته در ماه‌هایی که خیرگی وجود دارد



نمودار ۳ - نتایج شبیه‌سازی برای چیدمان U در حالت بدون پوسته در ماه‌هایی که خیرگی وجود دارد



نمودار ۴-: نتایج شبیه‌سازی برای چیدمان II با پوسته هوشمند

نمودار ۵ - نتایج شبیه‌سازی برای چیدمان II با پوسته هوشمند

تأثیر پوسته هوشمند پیاده‌سازی شده بر کاهش میزان روشنایی نور روز و مقایسه آن با حالت استفاده از پرده با استفاده از شاخص sDA برای بازه‌های روشنایی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ لوکس بررسی شده است که بدین منظور اطلاعات روزانه و ساعتی برای چیدمان T روز ۲۲ دسامبر در جدول ۴ ثبت گردیده است. با توجه به نتایج این جدول، همانطور که قابل مشاهده است میزان دریافت روشنایی طبیعی در sDA100 تقریباً در دو حالت با پوسته هوشمند و بدون سایبان برابر بوده است. این بدین معناست که وجود پوسته هوشمند صرفاً سبب بهبود خیرگی شده و مانع از دریافت تابش نور مناسب نخواهد شد. در سوی دیگر در حالت sDA200 نیز این موضوع به وضوح قابل بررسی است که پوسته هوشمند مانع از ورود نور نشده است. در حالت بررسی نورفضای اداری با در نظر گرفتن sDA500، طبیعتا مقدار کمی سبب کاهش دریافت و بهرگیری از روشنایی طبیعی شده است اما میزان آن در حدی نیست که بتوان از ضرورت جلوگیری از خیرگی چشم پوشی نمود و سبب کاهش زیاد نور طبیعی فضای داخلی نمی‌شود.

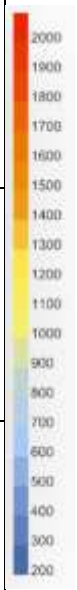
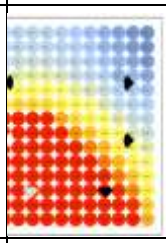
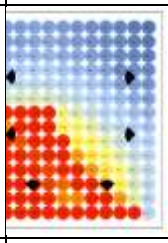
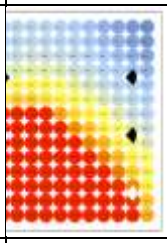
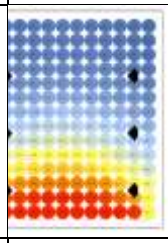
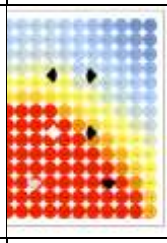
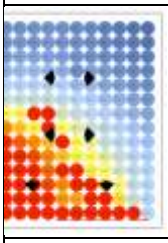
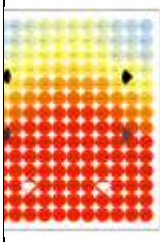
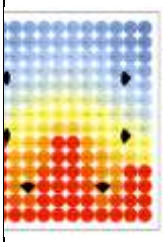
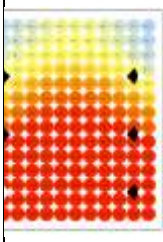
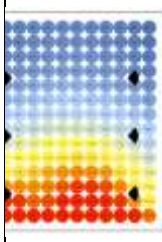
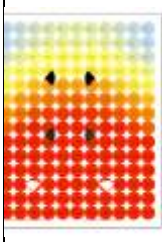
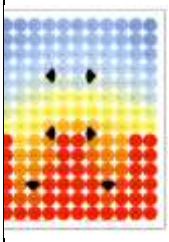
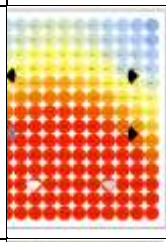
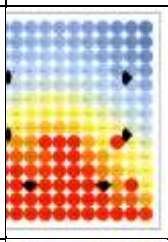
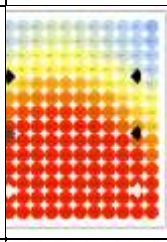
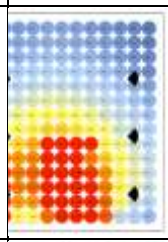
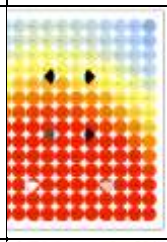
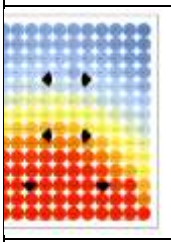
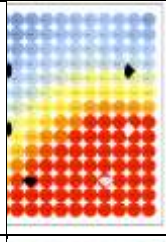
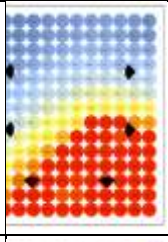
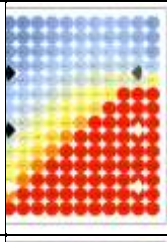
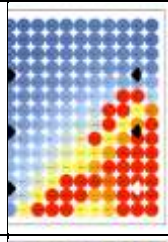
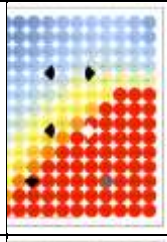
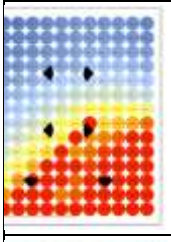
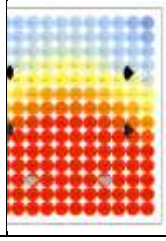
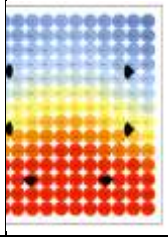
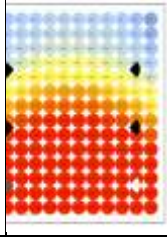
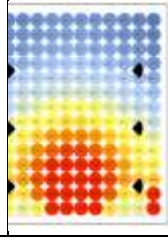
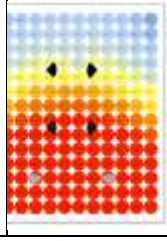
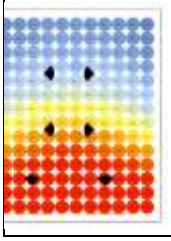
جدول ۴- جدول میزان sDA روشنایی برای روز ۲۲ دسامبر در پلان T

پلان T						
sDA 500		sDA 200		sDA 100		ساعت
بدون سایبان	با پوسته هومشند	بدون سایبان	با پوسته هوشمند	بدون سایبان	با پوسته هوشمند	
53	39	95	76	100	100	۸:۰۰
93	71	100	100	100	100	۹:۰۰
99	76	100	100	100	100	۱۰:۰۰
100	89	100	100	100	100	۱۱:۰۰
100	92	100	100	100	100	۱۲:۰۰
100	85	100	100	100	100	۱۳:۰۰
98	76	100	100	100	100	۱۴:۰۰
89	65	100	100	100	100	۱۵:۰۰
48	41	92	79	100	100	۱۶:۰۰
100	100	26	26	45	46	۱۷:۰۰

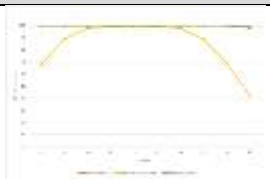
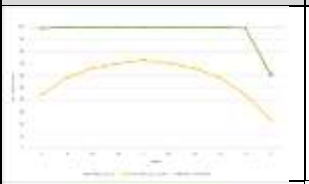
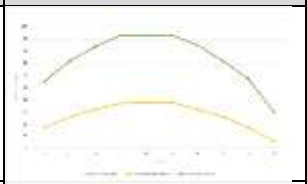
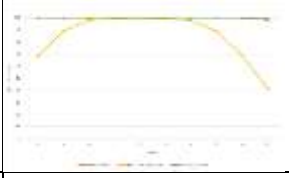
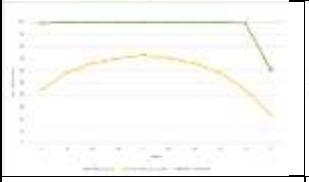
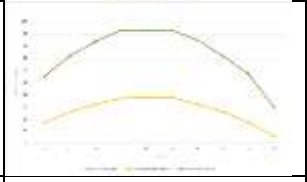
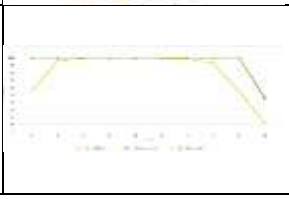
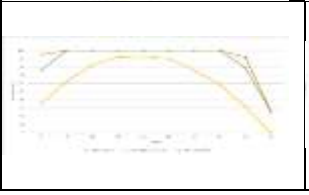
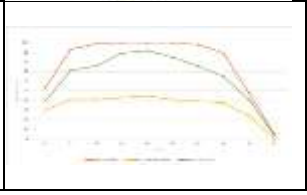
جهت نمایش داده‌های شبیه‌سازی شده از ادغام نتایج شبیه‌سازی‌های خیرگی و نتایج شبیه‌سازی‌های روشنایی مانند تصاویر عملکرد نمای متحرک هوشمند در جدول ۵ به تصویر در آمده است. در این جدول نمونه‌هایی از شبیه‌سازی نور روز نشان داده شده است که در این تصاویر نتایج شبیه‌سازی خیرگی از شبیه‌سازی روشنایی برای هر ساعت و هر موقعیت ساکنین بصورت شکل مخروط مانند در محل کاربر مورد بررسی نشان داده شده است. در صورتی که خیرگی وجود نداشته باشد (DGP<0.35) مخروط به رنگ سیاه و در صورت خیرگی کامل (DGP>0.45) مخروط به رنگ سفید است. چنانچه شاخص خیرگی بین بازه ۰,۳۵ و ۰,۴۵ باشد

رنگ خاکستری به نسبت نزدیکی به ابتدا (سیاه) و انتها (سفید) بازه تعیین می‌گردد. در این تصاویر میزان روشنایی نقاط محیط بر اساس لوکس و با استفاده از رنگ‌بندی لجند نمایش داده شده است. در نهایت برای بررسی میزان عملکرد نمای متحرک هوشمند اطلاعات بدست آمده بصورت نمودار نمایش داده شده است. جداول ۶، ۷ و ۸ نمونه جداول بررسی شده برای روز بیست و دوم ماه های مارس، ژوئن و دسامبر است

جدول ۴- خروجی‌های مربوط به محیط کار شبیه‌سازی شده بر اساس چیدمان‌های سه‌گانه (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱)

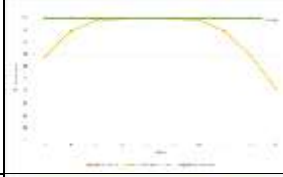
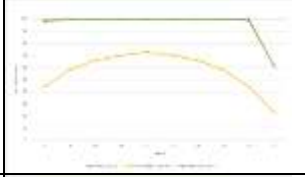
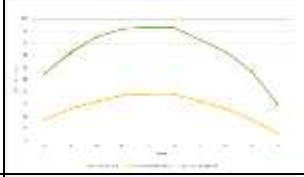
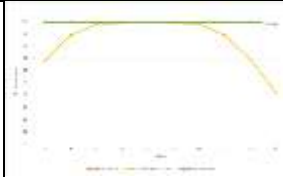
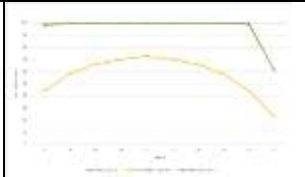
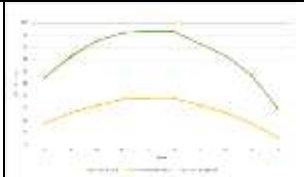
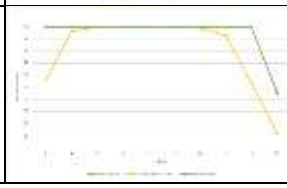
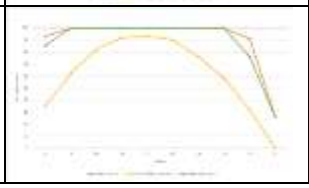
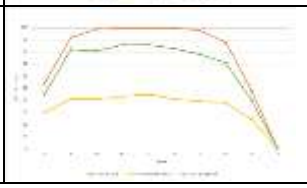
تاریخ	راهنما	چیدمان U		چیدمان II		چیدمان T	
		بدون نمای هوشمند	همراه با نمای هوشمند	بدون نمای هوشمند	همراه با نمای هوشمند	بدون نمای هوشمند	همراه با نمای هوشمند
۵ دسامبر ۹:۰۰							
۵ دسامبر ۹:۰۰							
۲۲ فوریه ۱۱:۰۰							
۲۲ ژانویه ۱۵:۰۰							
۲۲ مارس ۱۲:۰۰							

جدول ۵- بررسی تیپ چیدمانی T و میزان خیرگی ایجاد شده در میان ساکنین فضا در روز بیست و دوم ماه‌های مارس، ژوئن و دسامبر

تاریخ	میزان نور ۱۰۰ لوکس	میزان نور ۲۰۰ لوکس	میزان نور ۵۰۰ لوکس	نمودار رادار
۲۲ مارس				
۲۲ ژوئن				
۲۲ دسامبر				

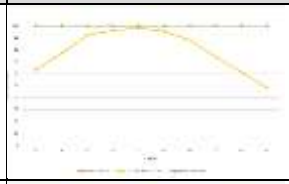
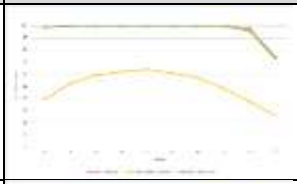
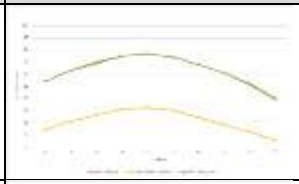
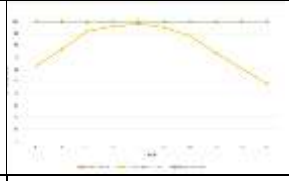
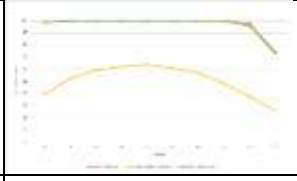
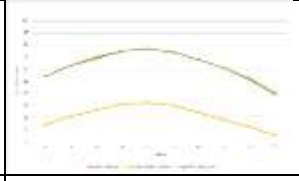
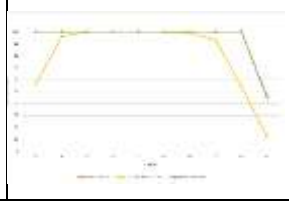
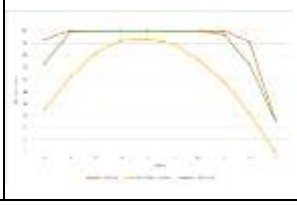
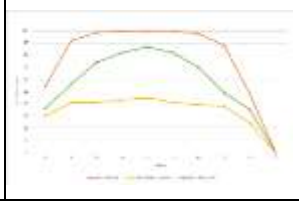
دیاگرام‌های مربوط به میزان خروجی خیرگی در ساختار تیپ پلان (U) به شرح جدول زیر است:

جدول ۶- بررسی تیپ چیدمانی U و میزان خیرگی ایجاد شده در میان ساکنین فضا در روز بیست و دوم ماه‌های مارس، ژوئن و دسامبر

تاریخ	میزان نور ۱۰۰ لوکس	میزان نور ۲۰۰ لوکس	میزان نور ۵۰۰ لوکس	نمودار رادار
۲۲ مارس				
۲۲ ژوئن				
۲۲ دسامبر				

دیاگرام‌های مربوط به میزان خروجی خیرگی در ساختار تیپ پلان با دو ردیف موازی (ll) به شرح جدول زیر است:

جدول ۷- بررسی تیپ چیدمانی ll و میزان خیرگی ایجاد شده در میان ساکنین فضا در روز بیست و دوم ماه‌های مارس، ژوئن و دسامبر

تاریخ	میزان نور ۱۰۰ لوکس	میزان نور ۲۰۰ لوکس	میزان نور ۵۰۰ لوکس	نمودار رادار
۲۲ مارس				
۲۲ ژوئن				
۲۲ دسامبر				

نتیجه‌گیری

بصورت کلی بر اساس نتایج شبیه‌سازی استفاده از این روش موجب استفاده حداکثری از نور خورشید در فضاها بدون ایجاد خیرگی کاربران شده است که این مهم در فضاهای اداری بسیار قابل اهمیت است. این درصورتی است که استفاده از پرده موجب کاهش محسوس کیفیت روشنایی محیط داخل می‌گردد. لذا نمای متحرک هوشمند پیشنهادی سبب پخش نور یکنواخت در محیط داخل شده است. این موضوع نه تنها سبب بهبود بهره‌گیری از نور روز خواهد شد بلکه در طراحی سیستم‌های روشنایی نیز تأثیرگذار است.

در این تحقیق برای تمام تیپ‌بندی‌های پلان (T ، U و ll) ، بیش از ۷۸۴۰ شبیه‌سازی انجام شده است. بر اساس شبیه‌سازی‌ها، نمای هوشمند در پلان‌های T و U ۱۰۰٪ خیرگی را حل نموده است ولی در پلان ll (موازی) خیرگی بصورت صد در صدی برطرف نگردیده است. در مورد کیفیت نور روز در قبل و بعد استفاده از نمای متحرک هوشمند نیز می‌توان گفت کاهش ناچیزی را منجر شده است که نتایج هر پلان به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفته است. البته این کاهش ناچیز ناگزیر و طبیعی بوده است.
بررسی وضعیت خیرگی در شبیه‌سازی پلان مبلمان U: در شبیه‌سازی با پلان مبلمان U، بر اساس نمودارهای ارائه شده از ماه دسامبر تا اواسط ماه مارس برای کاربران شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ خیرگی ایجاد می‌گردد. خیرگی‌های ایجاد شده در اواسط روز حداکثر چهار نفر از کاربران را در بر می‌گیرد. در اواخر و اوایل روز حداقل تعداد خیرگی برای کاربر صفر و یا یک نفر بوده است. بیشترین خیرگی‌ها در پلان روشنایی (جدول ۵) مشخص شده است که مربوط به محل‌های نزدیک به پنجره است. با استفاده از نمای متحرک هوشمند، خیرگی برای کاربران به طور کامل رفع می‌گردد (۱۰۰ درصد بهبود) و در تمامی ساعات، کاربران بدون خیرگی و کاهش نور می‌توانند به فعالیت خود ادامه دهند. همچنین بر اساس نتایج شبیه‌سازی روشنایی که برای سه حالت "بدون سایه انداز"، "با پرده" و " با نمای متحرک هوشمند " صورت پذیرفته است نشان می‌دهد که استفاده از پرده موجب کاهش محسوس روشنایی برای بازه ۱۰۰ لوکس در اوایل و اواخر روز می‌گردد و در روشنایی حداقلی ۲۰۰ لوکس موجب کاهش ۱۰ تا ۶۰ درصدی میزان روشنایی می‌گردد. در بازه ۵۰۰ لوکس نیز کاهش یکسان و برابر با ۵۰٪ ثبت گردیده است. این در صورتی است که با بررسی این مقادیر برای حالت " با نمای متحرک هوشمند "، برای بازه‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ لوکس تغییر قابل توجهی وجود ندارد و حداکثر

بهره‌گیری از نور خورشید ایجاد شده است. فقط در بازه ۵۰۰ لوکس میزان روشنایی بطور میانگین حدود ۱۵٪ کاهش داشته است که این موضوع امری طبیعی به نظر می‌رسد.

بررسی وضعیت خیرگی در شبیه‌سازی پلان مبلمان T: طبق نمودارها، جداول و تصاویر شبیه‌سازی روشنایی نور برای پلان T نیز تمامی حالات خیرگی ۱۰۰٪ بهبود داشته است. تغییرات روشنایی در این نوع چیدمان همانند پلان U بوده و نمای متحرک هوشمند موجب بهره‌گیری حداکثری از نور خورشید همراه با رفع خیرگی کاربران بوده است.

بررسی وضعیت خیرگی در شبیه‌سازی پلان مبلمان II (چیدمان موازی): در پلان حالت ll بر خلاف پلان مبلمان T و U حالات خیرگی به صورت کامل حل نشده است و تعدادی از ساعت‌های حضور کاربر، خیرگی همچنان وجود دارد. بر اساس نتایج بدست آمده اغلب خیرگی‌ها در نزدیکی پنجره است. با بررسی نتایج بدست آمده کاملاً مشهود است که عامل خیرگی در حالاتی که خیرگی برطرف نگردیده است، بازتاب سطوح عمودی (دیوار) است چرا که در این حالت چیدمان، کاربران رو به دیوار قرار دارند. از این رو، نوع کنترل تعریف شده برای رفع خیرگی حالاتی که عامل آن سطوح عمودی است مؤثر نبوده و نیاز به روشی بهینه‌تر است.

بر اساس ۷۸۴۰ شبیه‌سازی انجام شده، روش پیشنهادی جهت پیاده‌سازی پوسته متحرک هوشمند، خیرگی در پلان‌های T و U ، ۱۰۰٪ بهبود داشته ولی در پلان ll خیرگی بصورت کامل برطرف نگردیده است. همچنین با بررسی پلان‌های متداول مشاهده گردید که در پلان‌های موازی کنترل بازتاب‌های دیوار، مانع از رفع خیرگی کامل به واسطه پوسته‌های هوشمند خواهد شد، چراکه در این تیپ پلان، کاربران روبه صفحات عمودی یا همان دیوارها هستند و این سبب کاهش کارایی پوسته و روش مدنظر نگارندگان خواهد شد. لذا می‌توان دریافت که روش پیشنهادی این پژوهش می‌تواند به صورت اجرایی درآمده و علاوه بر کنترل خیرگی با توجه به چیدمان‌های داخلی سبب دریافت حداکثری نور روز شود. لازم به ذکر است در این پژوهش هدفی مبنی بر طراحی پوسته در راستای رسیدن به این اهداف نداشته و صرفاً، ارائه روشی برای کاهش و یا به صفر رساندن خیرگی برای چیدمان‌های رایج و استفاده حداکثری از نور روز است.

منابع

1. Al-Kodmany, K. (2018). The sustainability of tall building developments: A conceptual framework. Buildings, 8(1), 7.
2. Aries, M. (2005). Human Lighting Demands. Technical University of Eindhoven.
3. Galasiu, A. D., & Veitch, J. A. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. Energy and Buildings, 38(7), 728–742.
4. Martinez-Val, J. M. (2013). Energy for Sustainable Development: A systematic approach for a badly defined challenge. Energy Conversion and Management, 72, 3–11.
5. Michael, A., & Heracleous, C. (2017). Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. Energy and Buildings, 140, 443–457.
6. Oldfield, P., Trabucco, D., & Wood, A. (2014). Roadmap on the future research needs of tall buildings. Council on Tall Buildings and Urban Habitat.
7. Park, J., Loftness, V., Aziz, A., & Wang, T.-H. (2021). Strategies to achieve optimum visual quality for maximum occupant satisfaction: Field study findings in office buildings. Building and Environment, 195, 107458.
8. Rockcastle, S., & Andersen, M. (2014). Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology. Building and Environment, 81, 320–333.
9. Salvia, A. L., Leal Filho, W., Brandli, L. L., & Griebeler, J. S. (2019). Assessing research trends related to Sustainable Development Goals: Local and global issues. Journal of Cleaner Production, 208, 841–849.
10. Santika, W. G., Anisuzzaman, M., Bahri, P. A., Shafiullah, G. M., Rupf, G. V., & Urmee, T. (2019). From goals to joules: A quantitative approach of interlinkages between energy and the Sustainable Development Goals. Energy Research & Social Science, 50, 201–214.