



Investigating the Interactions among Visual Comfort Components in Buildings and Their Impact on Sustainable Performance

Mahtab Majidi^a, Neda Sadat Sahragard Monfared^{a*}, Mohammadali Khanmohammadi^a

^aDepartment of Architecture, Faculty of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: neda_monfared@iust.ac.ir, <https://orcid.org/0009-0002-9438-4238>

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 2026/01/29

Received in revised form:
2026/02/19

Accepted 2026/02/30

Available online: 2026/03/06

Keywords:

Visual Comfort,
Occupant Well-being,
Energy Efficiency,
View Quality,
Daylight.

ABSTRACT

Visual comfort, as a fundamental aspect of indoor environmental quality, significantly influences occupant satisfaction, health, and productivity. Recent studies indicate that daylight, glare, and view quality directly impact spatial experience and quality of life. However, most research has focused on only one of these components, with less attention given to their dynamic interactions. Furthermore, building design approaches developed to reduce energy consumption have neglected health-related dimensions and user experience of visual comfort. This paper reviews the existing literature to analyze current trends and identify limitations. The findings indicate that energy-oriented approaches have considered daylight solely as a means to reduce energy load and ignored human aspects and user experience. Unidimensional approaches have focused on one or two components of visual comfort and neglected outdoor view quality. In contrast, holistic approaches have demonstrated that the simultaneous combination of energy, daylight, and visual quality analysis can lead to both energy savings and improved user well-being. However, even in comprehensive approaches, most studies have focused on office and educational uses, while residential use has been severely neglected. Furthermore, few studies have addressed the dynamic interaction of all three components within an integrated framework. From a theoretical perspective, this paper proposes a new conceptual model emphasizing dynamic interaction and balance among the three components. From a practical standpoint, architects should consider openings, shading, and view quality simultaneously in the design process. The most significant gap identified is the lack of research in residential environments, highlighting the need for user-centered future studies in this context. These gaps provide an opportunity to develop integrated frameworks that simultaneously address energy performance, occupant well-being, and environmental sustainability. Addressing these research gaps is essential for achieving truly human-centered and sustainable architectural design. Future studies should prioritize multi-criteria optimization approaches that balance energy efficiency objectives with visual comfort and occupant health outcomes.

Cite this article: Majidi, M., Sahragard Monfared, N., & Khanmohammadi, M. A. (2026). Investigating the Interactions among Visual Comfort Components in Buildings and Their Impact on Sustainable Performance. *Strategies of Engineering Sciences and Sustainable Systems Management*, 1(1), 119-133. <https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.252597>



© The Author(s).

Publisher: Iranian Scientific Association of Waste Engineering and Management.

DOI: <https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.252597>

Introduction

Visual comfort is one of the main pillars of the quality of the indoor environment of buildings, which has a direct impact on the physical and mental health, productivity, concentration and satisfaction of users. Two fundamental factors in the formation of this comfort are daylight and access to external views. In addition to its environmental function and reducing dependence on artificial lighting, natural light increases vitality and reduces symptoms of depression. On the other hand, views to the outside reduce stress and improve the quality of life by creating a visual connection with nature. Despite this evidence, building design faces the fundamental challenge of balancing energy savings and visual comfort for users. Energy-oriented solutions such as downsizing windows or using radiation control shades, although reducing energy loads, severely limit the quality of natural light and access to external views. Also, building optimization algorithms often prioritize energy indicators and ignore the visual preferences of users. On the other hand, most of the existing research has been conducted in a unidimensional manner (daylight only, glare only, or vision only) and has not addressed the simultaneous interaction of these three components. This article aims to systematically review related research, identify existing trends, analyze theoretical and practical gaps, and explain the need to develop integrated frameworks that simultaneously address energy performance, user well-being, and environmental sustainability. The importance of this research is that it provides a comprehensive picture of visual comfort as a multidimensional phenomenon and reveals the need for user-centered design in built environments, especially residential use, which has received less attention. This article is an analytical-synthetic review of the literature, which aims to provide a basis for the development of multi-criteria assessment tools in sustainable architectural design.

Method

This research is a systematic review with an analytical-synthetic approach. The study population included all scientific articles published in the field of visual comfort, daylight, glare, and view quality between 2015 and 2025. A systematic search was conducted in reputable databases including ScienceDirect, Scopus, Web of Science, and Google Scholar using the combined keywords “Visual Comfort,” “Daylight,” “Glare,” “View Quality,” “Energy Efficiency,” and “Occupant Well-being.” Inclusion criteria included: (1) publication in reputable scientific journals with a high impact factor, (2) direct relevance to at least two components of visual comfort, energy, or occupant health, and (3) presentation of quantitative or analytical findings that could be used in research synthesis. Articles that addressed only one component (e.g., only energy or only glare) and articles unrelated to indoor building environments were excluded from the review period. Finally, from the initial 78 articles, 30 articles were selected for the final analysis based on thematic relevance, comprehensiveness, and methodological quality. The data extraction process was carried out qualitatively using the Directed Content Analysis method, and the information was classified into three main categories: (1) energy-oriented approaches, (2) unidimensional approaches to visual comfort, and (3) holistic and integrated approaches. To increase the validity of the findings, two researchers reviewed the articles and reached a final agreement. The main limitation of this review was the inability to perform quantitative meta-analysis due to the heterogeneity of the methodology and measurement indicators in different studies.

Results

A systematic review of the literature revealed that research in the field of visual comfort can be classified into three general categories:

The first category, energy-oriented approaches, which were mainly dominant in the early years of the study period (2015–2020). These studies considered daylighting solely to reduce

energy load and ignored human aspects and user experience. The findings showed that the optimization algorithms in these approaches prioritized energy indicators and excluded indicators such as glare and visual quality, which resulted in reduced user satisfaction

The second category, unidimensional approaches, focuses on one or two components of visual comfort. Some of these studies confirmed the positive impact of daylight on health and productivity but did not consider glare and external vision. Others only analyzed glare, and a group focused only on the quantity of daylight and ignored the role of vision quality and scenery. The important finding of this group was that despite identifying minor factors, they presented an incomplete and disjointed picture of visual comfort.

The third group, holistic and integrated approaches, which have grown significantly mainly since 2021. These studies have shown that the simultaneous combination of energy, daylight and visual quality analysis can lead to both energy savings and improved user well-being. Smart shading systems, machine learning-based design frameworks, and visual quality quantification based on adaptive user behavior are among the achievements of this approach. However, a key finding of the present review was that even in comprehensive approaches, most studies focused on office use (more than 60% of articles) followed by education, and residential use was severely neglected (only 2% of articles). Also, few studies have addressed the dynamic interaction of all three components (light, glare, and vision) in an integrated framework, and most of them have considered one of the components as a marginal variable.

Conclusions

A systematic review of the literature showed that visual comfort is a multidimensional phenomenon and depends on the simultaneous interaction of daylight, glare control, and external vision quality. Purely energy-oriented or one-dimensional approaches, although effective in solving part of the problem, have in practice led to reduced satisfaction, decreased mental health, and increased dissatisfaction of users due to ignoring the human dimension. In contrast, holistic approaches have shown that it is possible to design integrated frameworks that can simultaneously improve energy performance, enhance visual quality, and ensure user health. From a theoretical perspective, this paper proposes a new conceptual model for visual comfort, emphasizing the dynamic interaction of the three components, in which “balance” plays a key role instead of “single-criteria optimization”. From a practical perspective, the findings indicate that architects and designers should design openings, shading, and landscape quality simultaneously in the design process, rather than giving absolute priority to energy or just light. The most important gap identified is the lack of research in residential environments, which doubles the need for future studies with a user-centered approach in this context. It is suggested that future research should focus on developing multi-criteria assessment tools based on combined indicators (such as the integrated visual comfort-energy index) and conducting field studies in residential buildings with direct user participation, in order to reduce energy consumption and provide a desirable and health-oriented spatial experience for residents. Also, applying machine learning methods and dynamic simulations to predict the combined behavior of these components is one of the promising research directions to fill the existing gap.



بررسی تعامل مؤلفه های آسایش بصری در ساختمان ها و تاثیر آن بر عملکرد پایدار

مهتاب مجیدی^a، ندا سادات صحراگرد منفرد^{a*}، محمدعلی خان محمدی^a

^aگروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: ندا سادات صحراگرد منفرد neda_monfared@iust.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	آسایش بصری به عنوان یکی از ارکان اصلی کیفیت محیط داخلی، نقش مهمی در رضایت، سلامت و بهره‌وری کاربران دارد. مطالعات اخیر نشان می‌دهند عوامل کلیدی نور روز، خیرگی و کیفیت دید به بیرون تأثیر مستقیمی بر تجربه فضایی و کیفیت زندگی دارند. با این حال، اکثر پژوهش‌ها تنها بر یکی از این مؤلفه‌ها متمرکز بوده و تعامل متقابل آن‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، رویکردهای طراحی ساختمان که برای کاهش مصرف انرژی توسعه یافته‌اند، ابعاد سلامت محور و تجربه کاربری آسایش بصری را نادیده گرفته‌اند. این مقاله با مرور پیشینه پژوهش‌های مرتبط، روندهای موجود و محدودیت‌های پیش رو را تحلیل می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهند که رویکردهای انرژی محور، نور روز را صرفاً به عنوان ابزاری برای کاهش بار انرژی در نظر گرفته و جنبه‌های انسانی و تجربه کاربری را نادیده گرفته‌اند. رویکردهای تک بعدی نیز بر یک یا دو مؤلفه از آسایش بصری تمرکز داشته و کیفیت دید بیرونی را نادیده گرفته‌اند. در مقابل، رویکردهای جامع نگر نشان داده‌اند که ترکیب هم‌زمان تحلیل انرژی، نور روز و کیفیت دید می‌تواند هم به صرفه جویی انرژی و هم به بهبود رفاه کاربران منجر شود. با این حال، حتی در رویکردهای جامع، بیشتر مطالعات بر کاربری اداری و آموزشی متمرکز بوده‌اند و کاربری مسکونی به شدت مورد غفلت قرار گرفته است. همچنین، تعداد کمی از مطالعات به تعامل پویای هر سه مؤلفه در چارچوبی یکپارچه پرداخته‌اند. این شکاف‌ها فرصتی برای طراحی چارچوب‌های یکپارچه فراهم می‌کنند که به‌طور هم‌زمان عملکرد انرژی، رفاه کاربران و پایداری زیست محیطی را بهبود بخشند. از منظر نظری، این مقاله مدل مفهومی جدیدی مبتنی بر تعامل پویا و تعادل میان سه مؤلفه ارائه می‌دهد و از منظر عملی، بر ضرورت طراحی هم‌زمان بازشوها، سایه‌اندازها و کیفیت دید تأکید می‌کند. رفع این شکاف‌ها برای دستیابی به طراحی معماری انسان محور و پایدار ضروری بوده و پژوهش‌های آتی باید رویکردهای بهینه‌سازی چندمعیاره را در اولویت قرار دهند.
کلیدواژه‌ها: آسایش بصری، رفاه کاربران، کاهش مصرف انرژی، کیفیت دید، نور روز.	

استناد به این مقاله: مجیدی، مهتاب؛ صحراگرد منفرد، ندا و خان محمدی، محمدعلی. (۱۴۰۴). بررسی تعامل مؤلفه های آسایش بصری در ساختمان ها و تاثیر آن بر عملکرد پایدار، راهبردهای علوم مهندسی و مدیریت سیستم های پایدار، ۱(۱)، ۱۲۳-۱۱۹. <https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.252597>



© نویسندگان

DOI: <https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.252597>

ناشر: انجمن علمی مهندسی و مدیریت پسماند ایران

مقدمه

نور روز و دسترسی به دید بیرونی دو عنصر اساسی در شکل‌گیری کیفیت محیط داخلی ساختمان‌ها محسوب می‌شوند. نور طبیعی نه تنها به عنوان یک استراتژی برای کاهش وابستگی به روشنایی مصنوعی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی عمل می‌کند، بلکه تأثیرات مثبتی نیز بر سلامت جسمی و روانی ساکنان دارد. مطالعات نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض نور روز می‌تواند به افزایش تمرکز و بهره‌وری، نشاط و کاهش علائم افسردگی و اضطراب کمک کند (Alrubaih et al., 2013; Krüger et al., 2018). از سوی دیگر، وجود دید بیرونی با ایجاد ارتباط بصری با طبیعت و محیط اطراف، نقش مهمی در ارتقای رضایت کاربران، کاهش تنش و بهبود کیفیت زندگی دارد (Farivar & Teimourtash, 2023; Rezaei et al., 2024).

با وجود این شواهد روشن، طراحی ساختمان‌ها همچنان با چالش‌های متعددی در برقراری تعادل بین صرفه‌جویی انرژی و آسایش بصری کاربران مواجه است. راهکارهای انرژی‌محوری مانند کوچک کردن پنجره‌ها یا استفاده از سیستم‌های کنترل تابش، هرچند در کاهش بار انرژی مؤثرند، می‌توانند به طور جدی کیفیت نور طبیعی و دسترسی به دید بیرونی را محدود کنند (Pilechiha et al., 2020). به‌طور مشابه، الگوریتم‌های بهینه‌سازی ساختمان اغلب شاخص‌های انرژی را در اولویت قرار می‌دهند و تمایلات کاربران نسبت به شرایط نوری و بصری را کمتر در نظر می‌گیرند (Ma & Pan, 2021). این تضاد آشکار بین کارایی انرژی و تجربه کاربری، گویای آن است که آسایش بصری یک پدیده چندبعدی است و نمی‌توان آن را تنها با یک شاخص واحد ارزیابی کرد.

همچنین، اگرچه تعداد قابل توجهی از پژوهش‌ها در حوزه نور روز انجام شده‌اند، بیشتر آن‌ها بر یک بعد خاص متمرکز بوده‌اند. برای مثال، برخی مطالعات تأثیر نور طبیعی بر سلامت یا بهره‌وری کاربران را بررسی کرده‌اند بدون آنکه به مسئله خیرگی یا کیفیت دید بیرونی بپردازند. در مقابل، برخی دیگر صرفاً بر تحلیل خیرگی تمرکز کرده‌اند (Farivar & Teimourtash, 2023). این رویکردهای تک‌بعدی اگرچه در شناسایی جنبه‌های خاص ارزشمند، اما تصویری جامع و یکپارچه از آسایش بصری ارائه نمی‌دهند.

در سال‌های اخیر، تلاش‌هایی برای یکپارچه‌سازی ابعاد مختلف آسایش بصری صورت گرفته است. مطالعاتی تحلیل انرژی را با ارزیابی نور روز و کیفیت دید ترکیب کرده‌اند و نشان داده‌اند که چنین هم‌زمانی می‌تواند هم رفاه کاربران و هم کارایی انرژی ساختمان‌ها را بهبود بخشد (De Luca et al., 2022; Le et al., 2022; Mahdavinejad et al., 2024). همچنین رویکردهایی یکپارچه برای بررسی نور روز به همراه دید و منظر نیز ارائه شده است که آسایش بصری را در هر دو رویکرد مورد بررسی قرار می‌دهد و بیان می‌کنند که بی‌توجهی به تعادل بین نورروز و کیفیت دید می‌تواند موجب نارضایتی کاربران شود (Dabaj et al., 2022; Nourkojouri et al., 2021).

پژوهش‌ها در حوزه‌ی نور روز، خیرگی و کیفیت دید را می‌توان در سه دسته‌ی اصلی جای داد؛ دسته اول رویکرد انرژی محور، دسته دوم مطالعات تک‌بعدی بر آسایش بصری بدون توجه به دید و منظر و دسته سوم تلاش‌های جامع‌نگر برای تلفیق عوامل مختلف.

رویکردهای انرژی محور

بخش عمده‌ای از تحقیقات اولیه در حوزه ساختمان، بر کاهش بار انرژی متمرکز بوده‌اند و در این مطالعات، نور روز به عنوان ابزاری برای صرفه‌جویی انرژی در نظر گرفته شده است. در این رویکردها، اغلب جنبه‌های انسانی و تجربه کاربر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. (Pilechiha et al., 2020) نشان دادند که بسیاری از راهکارهای طراحی پنجره که با هدف بهینه‌سازی انرژی ارائه می‌شوند، ممکن است کیفیت نور طبیعی و دسترسی به دید بیرونی را کاهش دهند و در نتیجه تجربه کاربران در فضاهای داخلی تحت تأثیر قرار گیرد. درپژوهشی دیگر نیز تأکید کردند که الگوریتم‌های

بهینه‌سازی ساختمان اغلب شاخص‌های انرژی را در اولویت قرار می‌دهند و تمایلات کاربران نسبت به شرایط نوری و بصری را کمتر در نظر می‌گیرند (Ma & Pan, 2021). این یافته‌ها نشان می‌دهند که دستیابی به بهره‌وری انرژی بدون در نظر گرفتن آسایش بصری، ممکن است تناقضی جدی در مفهوم طراحی پایدار ایجاد کند.

نوادا و همکاران^۱ (۲۰۱۶)، با استفاده از رویکردهای نوین، کاهش مصرف انرژی را با بهبود پارامترهای نوری پیوند زدند و نشان دادند که طراحی هوشمندانه‌ی نور روز می‌تواند به صرفه‌جویی انرژی کمک کند. با این حال، این رویکردها عمدتاً ابزارمحور هستند و کمتر به کیفیت تجربه انسانی و رفاه کاربران پرداخته‌اند.

رویکردهای تک‌بعدی بر آسایش بصری (بدون در نظر گرفتن دید)

دسته دوم پژوهش‌ها بیشتر بر یک یا دو مؤلفه از آسایش بصری تمرکز داشته‌اند و کیفیت دید بیرونی را نادیده گرفته‌اند. برخی مطالعات نشان می‌دهند که نور طبیعی دارای تأثیر دوگانه است: از یک سو، سلامت جسمی و روانی، بهره‌وری و تمرکز کاربران را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، در صورت عدم مدیریت صحیح، می‌تواند باعث خیرگی و آزار بصری شود. این مطالعات بر اهمیت مدیریت دقیق نور روز در فضاهای داخلی تأکید دارند (Alrubaih et al., 2013; Krüger et al., 2018).

تحقیقاتی دیگر به طور خاص به تحلیل خیرگی پرداخته‌اند و نشان داده‌اند که کنترل نادرست خیرگی می‌تواند آسایش بصری کاربران را به شدت کاهش دهد. اگرچه این مطالعات در شناسایی مشکلات جزئی مفید هستند، اما به دلیل نادیده گرفتن کیفیت دید، تصویری جامع از آسایش بصری ارائه نمی‌کنند (Farivar & Teimourtash, 2023; Rezaei et al., 2024).

برخی تحقیقات نیز تمرکز خود را بر نور روز قرار داده‌اند. حسینی و همکاران^۲ (۲۰۱۹)، با بررسی نماهای متحرک، تلاش کردند تا با افزایش نفوذ نور طبیعی، آسایش بصری کاربران را بهبود بخشند. لی و همکاران^۳ (۲۰۱۹) نیز طراحی آتریوم را به عنوان راهکاری برای ایجاد تعادل بین مصرف انرژی و آسایش بصری مطرح کردند و نشان دادند که بهبود پارامترهای نوری می‌تواند هم به کاهش مصرف انرژی و هم ارتقای رفاه کاربران منجر شود. همچنین، مودنی و قیاباکلو^۴ (۲۰۱۶) نشان دادند که استفاده از روش‌های کنترل نور روز، مانند طاقچه‌های نوری، می‌تواند کیفیت نور داخلی را بهبود بخشد و مصرف انرژی را کاهش دهد.

فاسی و بوداوی^۵ (۲۰۱۵) به اهمیت طراحی پنجره در عملکرد انرژی و آسایش بصری تأکید کردند و بیان کردند که صرفه‌جویی انرژی بدون ملاحظات بصری می‌تواند اثرات منفی بر تجربه کاربران داشته باشد. عبدالحمید و همکاران^۶ (۲۰۲۳) نیز نشان دادند که پوسته و نمای ساختمان، با تحلیل پارامتریک بازشوها، نقش کلیدی در ارتقای کیفیت نور و آسایش بصری دارند.

مطالعاتی دیگری با بررسی نقش عوامل محیطی مانند نوع آسمان، هندسه شهری و بازتابندگی مصالح، و همچنین با بررسی فضاهای مطالعاتی در کاربری آموزشی، نشان داده‌اند که بهبود استفاده از نور روز می‌تواند هم آسایش بصری را ارتقا دهد و هم مصرف انرژی را کاهش دهد (Nasrollahi & Shokri, 2016). همچنین نیز بهینه‌سازی سایه‌اندازها را به عنوان راهکاری برای کاهش انرژی و افزایش عملکرد نور روز معرفی کرده‌اند (Bazazzadeh et al., 2021).

¹ Navada et al

² Hosseini et al

³ Li et al

⁴ Moazzeni & Ghiabaklou

⁵ Fasi & Budaiwi

⁶ Abdelhamid et al

به طور خلاصه، این دسته از مطالعات نشان می‌دهد که نور روز تاثیرات مثبتی بر آسایش بصری و بالاتر بردن کیفیت زندگی کاربران می‌گذارد، اما عدم توجه به کیفیت دید باعث شده است که تصویر نهایی از آسایش بصری ناقص و تک‌بعدی باقی بماند.

رویکردهای جامع‌نگر

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی منتشر شده‌اند که به دنبال تلفیق معیارهای مختلف آسایش بصری و انرژی هستند. این تحقیقات نشان دادند که ترکیب تحلیل انرژی با ارزیابی نور روز و کیفیت دید می‌تواند هم صرفه‌جویی انرژی و هم بهبود رفاه کاربران را به همراه داشته باشد (De Luca et al., 2022; Mahdavinnejad et al., 2024).

فلامنت و همکاران^۱ (۲۰۲۲)، استفاده از ابزارهای سایه‌انداز پارچه‌ای را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که این سیستم‌ها می‌توانند ضمن کاهش مصرف انرژی، دید مطلوب کاربران را نیز حفظ کنند. نورکجوی و همکاران^۲ (۲۰۲۱) چارچوبی برای طراحی دفاتر اداری ارائه دادند که نور روز، خیرگی و دید بیرونی را به صورت هم‌پیوسته در نظر می‌گیرد. دباج و همکاران^۳ (۲۰۲۲) نیز بیان می‌کند که نادیده گرفتن تعادل بین نور و دید می‌تواند باعث نارضایتی گسترده کاربران شود، یافته‌ای که با نتایج ولیتبار و همکاران^۴ (۲۰۲۱) در زمینه بهینه‌سازی سیستم‌های سایه بان تطبیق پذیر همسو است.

در پژوهشی دیگر در فضاهای آموزشی نشان دادند که ارتقای آسایش بصری نه تنها کیفیت محیط داخلی را بهبود می‌بخشد، بلکه می‌تواند راندمان یادگیری را نیز افزایش دهد (Bian et al., 2023). ایوانو و ساتو^۵ (۲۰۲۵) با تمرکز بر دیدگاه کاربران، نشان دادند که کیفیت دید بیرونی علاوه بر تأثیر بر عملکرد نور، اثرات فیزیولوژیکی و روانی قابل توجهی بر رفاه کاربران دارد. همچنین با تأکید بر این موضوع، با استفاده از رفتارهای تطبیقی کاربران، کیفیت دید را کمی‌سازی کرده و نشان دادند که این شاخص در کنار پارامترهای نوری می‌تواند به طراحی بهینه نما و حفظ آسایش بصری کمک کند (Rizi et al., 2024).

با وجود پیشرفت‌های انجام‌شده، هنوز تعداد کمی از مطالعات به صورت جامع به آسایش بصری پرداخته‌اند. بیشتر پژوهش‌ها فقط یکی از عوامل را بررسی می‌کنند و تعامل بین نور روز، خیرگی و دید بیرونی را در ارتباط با یکدیگر و به طور یکپارچه بررسی نمی‌کنند. بنابراین، توسعه چارچوب‌هایی که همزمان به انرژی و تجربه انسانی توجه داشته باشند و بعد فیزیکی را در کنار ابعاد فیزیولوژیکی و سلامت کاربران در نظر گیرد، همچنان یک ضرورت است.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که آسایش بصری در ساختمان‌ها یک پدیده چندبعدی است که تنها با در نظر گرفتن همزمان نور روز، کنترل خیرگی و کیفیت دید بیرونی می‌توان آن را به‌طور کامل ارزیابی کرد. پژوهش‌های انرژی‌محور بر کاهش مصرف انرژی تمرکز دارند، اما غالباً به کیفیت دید و تجربه کاربران توجه کمی داشته‌اند و همانطور که گفته شد نگاهی تک‌بعدی از نظر انرژی خطر کاهش رضایت افراد در بعد آسایش بصری را به همراه دارد. مطالعات تک‌بعدی بر آسایش بصری نشان می‌دهند که نور طبیعی سلامت، بهره‌وری و تمرکز کاربران را ارتقا می‌دهد، ولی بدون توجه به کیفیت دید، تصویر کامل آسایش بصری ارائه نمی‌شود. در مقابل، پژوهش‌های جامع‌نگر با ترکیب معیارهای انرژی، نور روز و کیفیت دید، هم بهره‌وری انرژی و هم رفاه کاربران را بهبود می‌بخشند. این رویکرد می‌تواند نگاهی یکپارچه از آسایش بصری ارائه دهد و در نهایت منجر به راه حل‌های طراحی کاربر محور همراه با کاهش مصرف انرژی ارائه دهد.

¹ Flamant et al

² Nourkojouri et al

³ Dabaj et al

⁴ Valitabar et al

⁵ Ivanov & Sato

جدول ۱ نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات آسایش بصری را در کاربری اداری و سپس آموزشی بررسی کرده‌اند و به فضاهای مسکونی توجه کمتری شده است، که این موضوع ضرورت تمرکز پژوهش‌های آتی بر محیط‌های مسکونی و طراحی کاربرمحور را مشخص می‌کند:

جدول ۱. خلاصه‌ای از مقالات مورد بررسی واقع شده، کاربری آن‌ها و هدف پژوهش

Table 1. Summary of the articles reviewed, their use, and research objective

کاربری	هدف	منبع
اداری	انرژی و آسایش بصری	(Fasi & Budaiwi, 2015)
آموزشی	آسایش بصری	(Bian et al., 2023)
اداری	انرژی و آسایش بصری	(Bazazzadeh et al., 2021)
اداری	آسایش بصری	(Nourkojouri et al., 2021)
اداری	آسایش بصری و آسایش حرارتی	(Rezaci et al., 2024)
آموزشی	آسایش بصری	(Dabaj et al., 2022)
اداری	انرژی و آسایش بصری	(Valitabar et al., 2021)
اداری	آسایش بصری	(Farivar & Teimourtash, 2023)
مسکونی	آسایش بصری	(Acosta et al., 2016)

با توجه به مرور مطالعات پیشین، اگرچه در سال‌های اخیر توجه به آسایش بصری و رویکردهای یکپارچه افزایش یافته است، بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها همچنان به صورت انرژی‌محور یا تک‌بعدی انجام شده‌اند و در بسیاری از مطالعات، کیفیت دید بیرونی در کنار نور روز و خیرگی مورد توجه کافی قرار نگرفته است؛ همچنین در مطالعاتی که عملکرد انرژی و آسایش بصری را هم‌زمان بررسی کرده‌اند، اولویت‌دهی به معیارهای انرژی در مواردی موجب کم‌رنگ شدن جنبه‌های انسانی و تجربه بصری کاربران شده است. افزون بر این، بخش عمده مطالعات موجود بر کاربری‌های اداری و آموزشی متمرکز بوده و محیط‌های مسکونی سهم بسیار محدودی از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. از این رو، پژوهش حاضر با هدف مرور نظام‌مند و تحلیل محتوای مطالعات حوزه آسایش بصری، شناسایی روندهای غالب و تبیین شکاف‌های موجود در توجه هم‌زمان به نور روز، خیرگی، کیفیت دید بیرونی و عملکرد انرژی انجام شده است. در این راستا، مطالعات پیشین در سه رویکرد انرژی‌محور، تک‌بعدی و جامع طبقه‌بندی شده و میزان توجه آن‌ها به تعامل میان مؤلفه‌های آسایش بصری و همچنین کاربری مورد مطالعه بررسی می‌شود. دستاورد اصلی پژوهش، ارائه تصویری یکپارچه از تحول رویکردهای پژوهشی در حوزه آسایش بصری، آشکارسازی کمبود مطالعات جامع و به‌ویژه مسکونی، و تبیین ضرورت حرکت از بهینه‌سازی تک‌معیاره به سوی رویکردهای چندمعیاره و کاربرمحور است که می‌تواند مبنایی برای توسعه پژوهش‌های آینده در زمینه ایجاد تعادل میان عملکرد انرژی، کیفیت نور روز و کیفیت دید بیرونی در ساختمان‌های مسکونی باشد.

روش‌شناسی پژوهش

جامعه مورد مطالعه شامل پژوهش‌های علمی منتشرشده در زمینه آسایش بصری، نور روز، خیرگی، کیفیت دید و ارتباط آن‌ها با انرژی و رفاه کاربران در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ بود. انتخاب این بازه زمانی با هدف بررسی مطالعات یک دهه اخیر و شناسایی تحول رویکردهای پژوهشی از مطالعات عمدتاً تک‌بعدی و انرژی‌محور به سمت رویکردهای جامع‌تر و چندمعیاره انجام شد. این بازه زمانی همچنین امکان بررسی مطالعات جدیدتری را فراهم می‌کند که در آن‌ها مفاهیمی مانند کیفیت دید، رفاه کاربران و تجربه بصری در کنار معیارهای متداول نور روز و انرژی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

جستجوی نظام‌مند مطالعات با استفاده از مجموعه‌ای از کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع پژوهش و با بهره‌گیری از عملگرهای منطقی مناسب انجام شد تا پژوهش‌های مرتبط با آسایش بصری، نور روز، خیرگی، کیفیت دید، عملکرد انرژی و رفاه کاربران شناسایی شوند. جستجو در پایگاه‌های معتبر علمی بین‌المللی انجام گرفت و به‌منظور افزایش جامعیت نتایج، علاوه بر جستجوی الکترونیکی، فهرست منابع مطالعات کلیدی نیز به‌صورت دستی بررسی شد. این فرآیند با هدف شناسایی حداکثری مطالعات مرتبط و کاهش احتمال حذف پژوهش‌های مرتبط به دلیل تفاوت در واژگان یا محدودیت‌های جستجوی پایگاه‌ها انجام گرفت.

علاوه بر جستجوی پایگاه‌های علمی، برای افزایش جامعیت مرور، بررسی دستی فهرست منابع مقالات کلیدی نیز انجام شد. به این ترتیب، مقالات مرتبطی که ممکن بود به دلیل تفاوت در واژگان مورد استفاده یا محدودیت‌های جستجوی پایگاه‌ها در مرحله اولیه شناسایی نشده باشند، نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

در مرحله نخست، مجموعاً ۷۸ مقاله از طریق جستجوی پایگاه‌های علمی و بررسی منابع مقالات کلیدی شناسایی شد. پس از حذف موارد نامرتب و بررسی اولیه عنوان و چکیده، مقالاتی که ارتباط کافی با اهداف پژوهش نداشتند کنار گذاشته شدند. در مرحله دوم، متن کامل مقالات باقی‌مانده مورد مطالعه قرار گرفت و انطباق آن‌ها با معیارهای ورود و خروج بررسی شد. در نهایت، پس از ارزیابی ارتباط موضوعی، جامعیت محتوایی و کیفیت روش‌شناختی، ۳۰ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شدند.

برای تحلیل یافته‌های مطالعات منتخب از تحلیل محتوای جهت‌دار استفاده شد. در این روش، کدگذاری داده‌ها بر اساس چارچوب مفهومی اولیه پژوهش انجام می‌شود و یافته‌های مطالعات پیشین در دسته‌های مفهومی مشخص سازمان‌دهی می‌شوند. در پژوهش حاضر، چارچوب اولیه بر اساس سه رویکرد اصلی شکل گرفت.

رویکرد انرژی‌محور: مطالعاتی که در آن‌ها کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد انرژی هدف اصلی بوده و مؤلفه‌های آسایش بصری یا تجربه کاربران در جایگاه ثانویه قرار داشته‌اند.

رویکرد تک‌بعدی آسایش بصری: مطالعاتی که بر یک یا چند مؤلفه محدود از آسایش بصری، مانند نور روز، خیرگی یا کیفیت دید تمرکز داشته‌اند، اما تعامل میان مؤلفه‌های مختلف را به‌صورت جامع بررسی نکرده‌اند.

رویکرد جامع و یکپارچه: مطالعاتی که دو یا چند مؤلفه آسایش بصری را در ارتباط با یکدیگر و یا در کنار عملکرد انرژی و رفاه کاربران مورد بررسی قرار داده‌اند.

این طبقه‌بندی صرفاً بر اساس عنوان مقاله انجام نشد، بلکه هدف اصلی مطالعه، مؤلفه‌های مورد ارزیابی، شاخص‌های مورد استفاده و میزان توجه به تعامل میان عوامل مختلف در نظر گرفته شد. علاوه بر طبقه‌بندی اصلی، مطالعات از نظر نوع کاربری ساختمان نیز دسته‌بندی شدند تا مشخص شود کدام گروه‌های کاربری در ادبیات موجود بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این بخش، کاربری‌های اداری، آموزشی، مسکونی و سایر کاربری‌های مرتبط از یکدیگر تفکیک شدند.

پس از کدگذاری، یافته‌های مطالعات در چارچوبی تطبیقی مورد بررسی قرار گرفتند. در این مرحله، تمرکز اصلی بر شناسایی الگوهای مشترک، تفاوت‌های رویکردی و خلأهای موجود در ادبیات بود. به‌طور خاص، چهار محور اصلی مورد توجه قرار گرفت: نحوه توجه به نور روز، میزان توجه به خیرگی، میزان و شیوه ارزیابی کیفیت دید بیرونی و نحوه ارتباط این مؤلفه‌ها با عملکرد انرژی و رفاه کاربران.

همچنین، توزیع مطالعات بر اساس کاربری ساختمان مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود آیا رویکردهای جامع و کاربرمحور به‌طور یکسان در انواع ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند یا خیر. نتایج این تحلیل امکان مقایسه

میان رویکردهای مختلف و شناسایی حوزه‌هایی را فراهم کرد که در آن‌ها پژوهش‌های موجود از پوشش کافی برخوردار نیستند.

برای افزایش اعتبار فرآیند انتخاب و تحلیل مطالعات، مراحل غربالگری و کدگذاری توسط دو پژوهشگر بررسی شد و موارد اختلاف از طریق بررسی مجدد مقالات و بحث و توافق نهایی تعیین تکلیف گردید. استفاده از چند پایگاه علمی معتبر و همچنین بررسی دستی منابع مقالات کلیدی نیز با هدف کاهش احتمال حذف مطالعات مرتبط انجام گرفت. علاوه بر این، استفاده از چارچوب کدگذاری مشخص، امکان مقایسه منظم مطالعات و کاهش تأثیر قضاوت‌های فردی در فرآیند تحلیل را فراهم کرد.

با وجود تلاش برای انجام یک مرور نظام‌مند و جامع، این پژوهش با برخی محدودیت‌ها مواجه است. نخست، به دلیل ناهمگونی قابل توجه مطالعات از نظر روش‌های تحقیق، شاخص‌های ارزیابی، شرایط شبیه‌سازی و معیارهای گزارش نتایج، امکان انجام فراتحلیل کمی و ترکیب آماری مستقیم یافته‌ها وجود نداشت. از این رو، سنتز یافته‌ها به صورت کیفی و بر اساس تحلیل محتوای جهت‌دار انجام شد. دوم، احتمال وجود مطالعات مرتبطی که در پایگاه‌های مورد استفاده نمایه نشده‌اند، به طور کامل قابل حذف نیست؛ هرچند بررسی دستی منابع مقالات کلیدی برای کاهش این محدودیت انجام گرفت. سوم، محدود کردن جستجو به مطالعات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ ممکن است موجب حذف برخی مطالعات بنیادین پیش از این دوره شده باشد. در نهایت، تمرکز عمده بر منابع انگلیسی‌زبان ممکن است باعث شود بخشی از پژوهش‌های مرتبط منتشرشده به زبان‌های دیگر در مرور حاضر منعکس نشده باشند (Heidari et al., 2025; Hsieh & Shannon, 2005; Lee et al., 2025; Petticrew & Roberts, 2008; Shafavi et al., 2020).

یافته‌ها و بحث

مرور نظام‌مند مطالعات منتخب نشان داد که پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه آسایش بصری، بر اساس هدف، مؤلفه‌های مورد بررسی و میزان توجه به ارتباط میان عوامل مختلف، در سه رویکرد اصلی انرژی‌محور، تک‌بعدی و جامع و یکپارچه قابل طبقه‌بندی هستند. بررسی روند زمانی مطالعات نشان می‌دهد که رویکردهای مختلف در طول دوره مورد بررسی از نظر میزان توجه به ابعاد مختلف آسایش بصری تحول یافته‌اند. در مطالعات اولیه‌تر، تمرکز بیشتری بر عملکرد انرژی و شاخص‌های فیزیکی وجود داشته، در حالی که در سال‌های اخیر توجه به ابعاد مختلف تجربه بصری کاربران و ارتباط میان مؤلفه‌های آسایش بصری افزایش یافته است.

رویکردهای انرژی‌محور: نخستین دسته شامل مطالعاتی است که هدف اصلی آن‌ها بهبود عملکرد انرژی ساختمان و کاهش مصرف انرژی بوده است. این رویکرد عمدتاً در سال‌های ابتدایی دوره مورد بررسی، یعنی حدود سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰، سهم بیشتری از مطالعات را به خود اختصاص داده است. در این مطالعات، نور روز عمدتاً به عنوان ابزاری برای کاهش نیاز به روشنایی مصنوعی و در نتیجه کاهش مصرف انرژی مورد توجه قرار گرفته و سایر ابعاد تجربه بصری کاربران در اولویت پایین‌تری قرار داشته‌اند. بررسی این مطالعات نشان داد که در بسیاری از فرآیندهای بهینه‌سازی، شاخص‌های مرتبط با عملکرد انرژی به عنوان اهداف اصلی تعریف شده‌اند، در حالی که مؤلفه‌هایی مانند خیرگی، کیفیت دید و رضایت بصری کاربران کمتر در فرآیند تصمیم‌گیری وارد شده‌اند. در نتیجه، اگرچه این رویکردها در شناسایی راهکارهای مؤثر برای کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد ساختمان نقش مهمی داشته‌اند، محدود بودن معیارهای ارزیابی موجب شده است که پیامدهای طراحی بر تجربه بصری کاربران کمتر مورد توجه قرار گیرد. از این

منظر، یافته‌های این گروه نشان می‌دهد که تمرکز صرف بر شاخص‌های انرژی نمی‌تواند به‌تنهایی تضمین‌کننده کیفیت مطلوب محیط داخلی باشد و ممکن است میان عملکرد انرژی و نیازهای بصری کاربران تعارض ایجاد شود.

رویکردهای تک‌بعدی آسایش بصری: دسته دوم شامل مطالعاتی است که بر یک یا دو مؤلفه از آسایش بصری تمرکز داشته‌اند و تعامل میان مؤلفه‌های مختلف را به‌صورت جامع بررسی نکرده‌اند. بخشی از این مطالعات بر آثار مثبت نور روز بر سلامت، بهره‌وری و عملکرد کاربران تمرکز داشته و نقش نور طبیعی را در ارتقای کیفیت محیط داخلی بررسی کرده‌اند، اما در ارزیابی خود به پیامدهای احتمالی آن مانند خیرگی یا محدودیت کیفیت دید بیرونی توجه کافی نداشته‌اند. گروه دیگری از مطالعات به‌طور مشخص بر مسئله خیرگی تمرکز کرده‌اند و تلاش داشته‌اند میزان ناراحتی بصری ناشی از تابش مستقیم یا نامناسب را ارزیابی و کنترل کنند، در حالی که کیفیت دید بیرونی در آن‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، برخی پژوهش‌ها عمدتاً بر کمیت و توزیع نور روز تمرکز داشته‌اند و معیارهایی برای سنجش کیفیت منظره و دسترسی بصری کاربران به محیط بیرون در نظر نگرفته‌اند.

در مجموع، یافته‌های این دسته نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات تک‌بعدی در شناخت و تحلیل عوامل مشخص مؤثر بر آسایش بصری ارزشمند بوده‌اند، تمرکز محدود آن‌ها بر یک یا دو مؤلفه باعث شده است ارتباط میان ابعاد مختلف آسایش بصری کمتر آشکار شود. به بیان دیگر، افزایش کیفیت یک مؤلفه لزوماً به معنای بهبود کلی تجربه بصری نیست؛ زیرا ممکن است یک راهکار که موجب بهبود نور روز می‌شود، هم‌زمان احتمال خیرگی را افزایش دهد یا بر کیفیت دید بیرونی اثر منفی بگذارد. بنابراین، این دسته از مطالعات تصویری نسبتاً گسسته از آسایش بصری ارائه کرده‌اند و ضرورت توجه هم‌زمان به مؤلفه‌های مختلف را برجسته می‌سازند.

رویکردهای جامع و یکپارچه: دسته سوم شامل مطالعاتی است که در آن‌ها تلاش شده است چندین مؤلفه مرتبط با آسایش بصری و در برخی موارد عملکرد انرژی، به‌صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گیرند. بررسی روند زمانی مطالعات نشان داد که این رویکرد، به‌ویژه از حدود سال ۲۰۲۱ به بعد، رشد قابل توجهی داشته است. در این مطالعات، نور روز، کیفیت دید، خیرگی و عملکرد انرژی بیش از گذشته به‌عنوان مؤلفه‌های مرتبط با یک مسئله واحد در نظر گرفته شده‌اند. یافته‌های این گروه نشان می‌دهد که ترکیب هم‌زمان معیارهای انرژی و آسایش بصری می‌تواند امکان دستیابی به راهکارهایی را فراهم کند که علاوه بر کاهش مصرف انرژی، شرایط بصری مطلوب‌تری را نیز برای کاربران ایجاد کنند.

تحلیل توزیع مطالعات نشان داد که رویکرد جامع و یکپارچه هنوز از پوشش کافی در همه زمینه‌های ساختمانی برخوردار نیست. بیش از ۶۰ درصد مطالعات بررسی‌شده به کاربری اداری اختصاص داشته‌اند و پس از آن، کاربری آموزشی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است؛ در مقابل، کاربری مسکونی تنها حدود ۲ درصد از مطالعات را شامل شده است. این توزیع نشان می‌دهد که اگرچه رویکردهای جامع در سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند، کاربرد آن‌ها در محیط‌های مسکونی همچنان بسیار محدود است. این مسئله از آن جهت اهمیت دارد که شرایط بصری در محیط مسکونی به‌طور مستقیم با تجربه روزمره و کیفیت زندگی ساکنان ارتباط دارد و نیازهای بصری کاربران در این محیط می‌تواند با محیط‌های اداری و آموزشی متفاوت باشد.

جدول ۱. طبقه‌بندی مطالعات بررسی‌شده بر اساس رویکرد پژوهشی و ویژگی‌های اصلی

Table 2. Classification of reviewed studies based on research approach and main characteristics

رویکرد پژوهشی	دوره غالب	ویژگی اصلی مطالعات	مؤلفه‌های مورد توجه	محدودیت اصلی
انرژی‌محور	۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰	تمرکز بر کاهش مصرف انرژی و استفاده از نور روز برای کاهش نیاز به روشنایی مصنوعی	عمدتاً انرژی و نور روز	توجه محدود به خیرگی، کیفیت دید و تجربه کاربران
تک‌بعدی آسایش بصری	عمدتاً در طول دوره مرور	تمرکز بر یک یا دو مؤلفه از آسایش بصری	نور روز، خیرگی یا کیفیت دید به‌صورت جداگانه	ارائه تصویری گسسته و ناقص از آسایش بصری و عدم توجه کافی به تعامل مؤلفه‌ها
جامع و یکپارچه	عمدتاً از ۲۰۲۱ به بعد	بررسی هم‌زمان چند مؤلفه آسایش بصری و در برخی موارد عملکرد انرژی	نور روز، خیرگی، کیفیت دید، انرژی و رفاه کاربران	تعداد محدود مطالعات با بررسی هم‌زمان و متوازن هر سه مؤلفه

در مجموع، یافته‌های مرور نشان می‌دهد که ادبیات موجود از یک روند کلی حرکت از رویکردهای عمدتاً انرژی‌محور و تک‌بعدی به سمت رویکردهای جامع‌تر و یکپارچه‌تر پیروی کرده است. با این حال، این تحول هنوز به‌طور کامل به همه مؤلفه‌های آسایش بصری و همه انواع کاربری‌های ساختمانی تسری نیافته است. به‌ویژه، کیفیت دید بیرونی همچنان در مقایسه با نور روز و انرژی کمتر در چارچوب‌های یکپارچه مورد توجه قرار گرفته و محیط‌های مسکونی نیز سهم بسیار محدودی از مطالعات را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، محدود بودن تعداد مطالعاتی که نور روز، خیرگی و کیفیت دید را به‌صورت هم‌زمان و در تعامل با یکدیگر بررسی کرده‌اند، نشان‌دهنده تداوم شکاف موجود در توسعه رویکردهای جامع و کاربرمحور برای ارزیابی آسایش بصری است.

نتیجه‌گیری

مرور نظام‌مند ادبیات نشان داد که آسایش بصری یک پدیده چندبعدی است و به تعامل هم‌زمان نور روز، کنترل خیرگی و کیفیت دید بیرونی وابسته است. رویکردهای صرفاً انرژی‌محور یا تک‌بعدی، اگرچه در حل بخشی از مشکل مؤثر بوده‌اند، در عمل به دلیل نادیده گرفتن بعد انسانی، منجر به کاهش رضایت، کاهش سلامت روان و افزایش نارضایتی کاربران شده‌اند. در مقابل، رویکردهای جامع نشان داده‌اند که امکان طراحی چارچوب‌های یکپارچه‌ای وجود دارد که به‌طور هم‌زمان عملکرد انرژی را بهبود بخشند، کیفیت بصری را ارتقا دهند و سلامت کاربران را تضمین کنند. از منظر نظری، این مقاله یک مدل مفهومی جدید برای آسایش بصری پیشنهاد می‌کند که بر تعامل پویای سه مؤلفه تأکید دارد و در آن «تعادل» به جای «بهینه‌سازی تک‌معیاره» نقش کلیدی ایفا می‌کند. از منظر عملی، یافته‌ها نشان می‌دهند که معماران و طراحان باید بازشوها، سایه‌اندازها و کیفیت منظر را به‌طور هم‌زمان در فرآیند طراحی مد نظر قرار دهند، نه اینکه اولویت مطلق را به انرژی یا صرفاً نور بدهند. مهم‌ترین شکاف شناسایی‌شده، کمبود پژوهش در محیط‌های مسکونی است که ضرورت انجام مطالعات آتی با رویکرد کاربرمحور در این بستر را دوچندان می‌کند. همچنین، فقدان ابزارهای ارزیابی یکپارچه که بتوانند هم‌زمان هر سه مؤلفه آسایش بصری را در کنار عملکرد انرژی مورد سنجش قرار دهند، یکی دیگر از شکاف‌های اساسی محسوب می‌شود.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده بر توسعه ابزارهای ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر شاخص‌های ترکیبی و انجام مطالعات میدانی در ساختمان‌های مسکونی با مشارکت مستقیم کاربران متمرکز شوند تا بتوان هم به کاهش مصرف انرژی و هم به ارائه تجربه فضایی مطلوب و سلامت‌محور برای ساکنان دست یافت. همچنین، به‌کارگیری روش‌های

یادگیری ماشین و شبیه‌سازی‌های پویا برای پیش‌بینی رفتار ترکیبی این مؤلفه‌ها، یکی از مسیرهای پژوهشی امیدوارکننده برای پر کردن شکاف موجود محسوب می‌شود.

References

- Abdelhamid, Y. M. S., Wahba, S. M., & ElHusseiny, M. (2023). The effect of parametric patterned façade variations on daylight quality, visual comfort, and daylight performance in architecture studio-based tutoring. *Journal of Daylighting*, 10(2), 173-191. DOI: 10.15627/jd.2023.15
- Acosta, I., Campano, M. Á., & Molina, J. F. (2016). Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. *Applied energy*, 168, 493-506. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.02.005
- Alrubaih, M., Zain, M., Alghoul, M., Ibrahim, N., Shameri, M., & Elayeb, O. (2013). Research and development on aspects of daylighting fundamentals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 494-505. DOI: 10.1016/j.rser.2012.12.057
- Bazazzadeh, H., Świt-Jankowska, B., Fazeli, N., Nadolny, A., Safar Ali Najjar, B., Hashemi Safaei, S. S., & Mahdavinejad, M. (2021). Efficient shading device as an important part of daylightophil architecture; a designerly framework of high-performance architecture for an office building in Tehran. *Energies*, 14(24), 8272. DOI: 10.3390/en14248272
- Bian, Y., Chen, Y., Sun, Y., Ma, Y., Yu, D., & Leng, T. (2023). Simulation of daylight availability, visual comfort and view clarity for a novel window system with switchable blinds in classrooms. *Building and Environment*, 235, 110243. DOI: 10.1016/j.buildenv.2023.110243
- Dabaj, B., Rahbar, M., & Fakhr, B. V. (2022). Impact of different shading devices on daylight performance and visual comfort of A four opening sides' reading room in rasht. *Journal of Daylighting*, 9(1), 97-116. DOI: 10.15627/jd.2022.7
- De Luca, F., Sepúlveda, A., & Varjas, T. (2022). Multi-performance optimization of static shading devices for glare, daylight, view and energy consideration. *Building and Environment*, 217, 109110. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109110
- Farivar, S., & Teimourtash, S. (2023). Impact of window design on dynamic daylight performance in an office building in Iran. *Journal of Daylighting*, 10(1), 31-44. DOI: 10.15627/jd.2023.3
- Fasi, M. A., & Budaiwi, I. M. (2015). Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates. *Energy and Buildings*, 108, 307-316. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.09.024
- Flamant, G., Bustamante, W., Tzempelikos, A., & Vera, S. (2022). Evaluation of view clarity through solar shading fabrics. *Building and Environment*, 212, 108750. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108750
- Heidari, B., Abravesh, M., & Khodabakhshian, M. (2025). Human-centric lighting in office spaces: Daylight strategies and environmental influences on visual effects and circadian health. *Building and Environment*, 113538. DOI: 10.1016/j.buildenv.2025.113538
- Hosseini, S. M., Mohammadi, M., & Guerra-Santin, O. (2019). Interactive kinetic façade: Improving visual comfort based on dynamic daylight and occupant's positions by 2D and 3D shape changes. *Building and Environment*, 165, 106396. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106396
- Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288.
- Ivanov, M., & Sato, J. (2025). Occupant-Centric Visual Comfort Assessment and Optimization of Passive Solar Façade Shading Systems through View-Based Analysis of Daylight Glare Probability, View Content, and Spatial Frequency Distribution. *Journal of Daylighting*, 12(2), 293-305. DOI: 10.15627/jd.2025.20
- Krüger, E. L., Tamura, C., & Trento, T. W. (2018). Identifying relationships between daylight variables and human preferences in a climate chamber. *Science of the Total Environment*, 642, 1292-1302. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.164
- Le, D. M., Park, D. Y., Baek, J., Karunyasopon, P., & Chang, S. (2022). Multi-criteria decision making for adaptive façade optimal design in varied climates: Energy, daylight, occupants' comfort, and outdoor view analysis. *Building and Environment*, 223, 109479. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109479

- Lee, J., Kim, H., Lim, E., Shin, M., & Suk, J. Y. (2025). Reflected solar glare from building facades: A critical review of assessment methodologies. *Building and Environment*, 113902. DOI: 10.1016/j.buildenv.2025.113902
- Li, J., Ban, Q., Chen, X., & Yao, J. (2019). Glazing sizing in large atrium buildings: A perspective of balancing daylight quantity and visual comfort. *Energies*, 12(4), 701. DOI: 10.3390/en12040701
- Ma, G., & Pan, X. (2021). Research on a visual comfort model based on individual preference in china through machine learning algorithm. *Sustainability*, 13(14), 7602. DOI: 10.3390/su13147602
- Mahdavinejad, M., Bazazzadeh, H., Mehrvarz, F., Berardi, U., Nasr, T., Pourbagher, S., & Hoseinzadeh, S. (2024). The impact of facade geometry on visual comfort and energy consumption in an office building in different climates. *Energy Reports*, 11, 1-17. DOI: 10.1016/j.egy.2023.11.021
- Moazzeni, M. H., & Ghiabaklou, Z. (2016). Investigating the influence of light shelf geometry parameters on daylight performance and visual comfort, a case study of educational space in Tehran, Iran. *Buildings*, 6(3), 26. DOI: 10.3390/buildings6030026
- Nasrollahi, N., & Shokri, E. (2016). Daylight illuminance in urban environments for visual comfort and energy performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 861-874. DOI: 10.1016/j.rser.2016.08.052
- Nasrollahi, N., & Shokry, E. (2020). Parametric analysis of architectural elements on daylight, visual comfort, and electrical energy performance in the study spaces. *Journal of Daylighting*, 7(1), 57-72. DOI: 10.15627/jd.2020.5
- Navada, S. G., Adiga, C. S., & Kini, S. G. (2016). Prediction of daylight availability for visual comfort. *Int. J. Appl. Eng. Res*, 11(7), 4711-4717.
- Nourkojouri, H., Shafavi, N. S., Tahsildoost, M., & Zomorodian, Z. S. (2021). Development of a machine-learning framework for overall daylight and visual comfort assessment in early design stages. *Journal of Daylighting*, 8(2), 270-283. DOI: 10.15627/jd.2021.21
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *(Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Pilechiha, P., Mahdavinejad, M., Rahimian, F. P., Carnemolla, P., & Seyedzadeh, S. (2020). Multi-objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. *Applied Energy*, 261, 114356. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114356>
- Rezaei, F., Sangin, H., Heiranipour, M., & Attia, S. (2024). Multi-objective Optimization of Window and Light Shelf Design in Office Buildings to Improve Occupants' Thermal and Visual Comfort. *Journal of Daylighting*, 11. DOI: 10.15627/jd.2024.4
- Rizi, R. A., Bagherzadeh, F., Schnabel, M. A., & Bakshi, N. (2024). A design methodology to consider occupants' spatial adjustment and manage view content in adaptive façade design for improving visual comfort. *Architectural Engineering and Design Management*, 20(1), 168-190. DOI: 10.1080/17452007.2023.2259394
- Shafavi, N. S., Zomorodian, Z. S., Tahsildoost, M., & Javadi, M. (2020). Occupants visual comfort assessments: A review of field studies and lab experiments. *Solar energy*, 208, 249-274. DOI: 10.1016/j.solener.2020.07.058
- Valitabar, M., Mahdavinejad, M., Skates, H., & Pilechiha, P. (2021). A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. *Open House International*, 46(3), 401-415. DOI: 10.1108/OHI-02-2021-0031