



# Effect of Shading Devices in Visual Comfort with Useful Daylight in the Southern Facade of Tehran School Classrooms<sup>1</sup>

Fatemeh Hosseinpoor<sup>r</sup>, Mohammad reza Hatamian<sup>3\*</sup>, Majid Sabzpooshani<sup>f</sup>

Received: 2024/09/14

Revised: 2024/12/03

Accepted: 2025/01/24

Published: 2025/08/06

## Highlights

- Investigation of the impact of shading systems on visual comfort in south-facing classrooms in Tehran.
- Evaluation of various configurations of shading systems to enhance daylight and reduce glare.
- Simulation and analysis of 578 shading system models, including horizontal louvers and light shelves.
- Parameters studied include shading depth, angle, blade number, and spacing in horizontal louvers.
- Assessment criteria for brightness include UDI, ASE, and sDG indices.

## Extended Abstract

### Introduction

Visual comfort in school buildings significantly influences the learning environment and student satisfaction. Optimal daylight utilization positively affects the quality of the educational environment and the well-being of students and teachers. Studies have shown that adequate daylight levels in classrooms can enhance student's learning performance. However, excessive daylight can lead to discomfort and glare. The design of educational spaces utilizing daylight must consider light levels on work surfaces and the visual appeal of the environment to increase productivity. This study focuses on assessing the efficacy of various shading systems in enhancing visual comfort in classrooms and optimizing daylight levels.

### Theoretical Framework:

Recent advancements in digital technology have integrated hardware technology and algorithm development in computer-aided architectural design. Parametric design allows architects to control design parameters step by step efficiently and analyze performance simultaneously. The use of shading systems in architectural studies has been evolving since 1996, with their effectiveness dependent on climatic conditions, geographic location, building orientation, and shading design.

### Methodology:

The research employs parametric analysis using simulation tools like Rhino and Ladybug Tools to investigate the impact of shading and their components on daylight factors in a first-grade classroom in Tehran. The climate data for Tehran is utilized for hourly and annual sky calculations. The study models a standard classroom with south-facing windows, assessing various parameters like shading depth, blade number, angle, and distance from the window. Daylight analysis is conducted using Radiance software with Ladybug and Honeybee plugins.

<sup>1</sup> The article is extracted from the first author's master's thesis, entitled: "Design of a first-year high school in Tehran with a multi-objective optimization approach for the performance of openings and canopies and its effect on natural ventilation" under the supervision of the second and third authors at Kashan University.

<sup>2</sup> M.Sc. in Energy Architecture, Department of Architecture and Energy, Energy Research Institute, Kashan University, Kashan, Iran

<sup>3\*</sup> Assistant Professor, Department of Architecture and Art, Kashan University, Kashan, Iran; Corresponding Author, Email: [hatamian@kashan.ac.ir](mailto:hatamian@kashan.ac.ir)

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Engineering, Kashan University, Kashan, Iran

## Results & Discussion:

The results showed that all shading systems lead to an improvement in visual comfort compared to the no-shading condition. Horizontal louvers had the highest level of useful daylight (UDI up to 98%) and the greatest improvement in the sDG index was associated with the combination of light shelves and horizontal louvers. Increasing the angle of the shading systems enhances visual comfort, but simultaneous increases in depth and angle result in reduced useful light and decreased comfort. Additionally, increasing the number of blades had no significant effect on improving visual comfort. The combination of light shelves with internal and external depths of 0.5 meters and two horizontal louvers with a depth of 0.3 meters demonstrated the best performance in improving light quality and reducing glare. The results emphasize that optimized shading design can enhance visual comfort.

- Evaluation of 578 shading system models, including horizontal louvers and light shelves, reveals that horizontal louvers exhibit the highest UDI values.
- All shading systems improve sDG, with the combination of light shelves and horizontal louvers showing the best performance.
- Increasing the angle of shading systems enhances visual comfort, but simultaneous increases in depth and angle can reduce useful daylight.
- The combination of light shelves and horizontal louvers demonstrates better performance, with specific configurations showcasing superior results in enhancing visual comfort in classrooms in Tehran.

## Conclusion

The study concludes that shading devices, particularly horizontal louvers, and light shelves, play a significant role in enhancing visual comfort and daylight utilization in school classrooms. The findings provide valuable insights for architects and designers to create more comfortable and energy-efficient learning environments.

## Keywords

Horizontal Louver, Light Shelves, Visual Comfort, Useful Daylight Illuminance, Tehran.

### Citation:

Hossein poor, F. Hatamian, M. Sabzpooshani, M. (2025). Effect of Shading Devices in Visual Comfort with Useful Daylight in the Southern Facade of Tehran School Classrooms. *Journal of Urban Sustainable Development*, 6(19), 105-125.

 DOI: <https://doi.org/10.22034/usd.2025.2041085.1290>

 DOR: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27170128.1404.6.19.6.1>

URL: [https://usdjournals.daneshpajoohan.ac.ir/article\\_725064.html?lang=en](https://usdjournals.daneshpajoohan.ac.ir/article_725064.html?lang=en)



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by Daneshpajoohan Pishro Higher Education Institute. This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



# بررسی تأثیر آسایش بصری سامانه‌های سایبان در جبهه جنوبی کلاس‌های درس مدارس تهران<sup>۱</sup>

فاطمه حسین پور<sup>۲</sup>، محمدرضا حاتمیان<sup>۳</sup>، مجید سبزپوشانی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵

**چکیده:** در این نوشتار، اهمیت سامانه‌های سایبان در بهبود نور روز و راحتی بصری در کلاس درس بررسی شده و پیکربندی‌های مختلف سامانه‌های سایبان برای شناسایی مؤثرترین راه‌حل‌ها جهت افزایش توزیع نور مفید در طول روز و کاهش تابش خیره‌کننده از طریق مقایسه با حالت بدون سایبان و همچنین با یکدیگر مورد سنجش قرار گرفت. ۵۷۸ مدل سامانه سایبان شبیه‌سازی شد که لوورهای افقی و طاقچه‌های نوری با پارامترهای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. پارامترهای مورد بررسی، عمق و زاویه سایبان‌ها، تعداد پره‌ها و فاصله آن‌ها از هم در لوورهای افقی است و در این میان فاصله سایبان از پنجره و WWR ثابت در نظر گرفته شد. معیارهای ارزیابی برای روشنایی شاخص‌های ASE، UDI و sDG است؛ پس از بررسی این سه شاخص DGP هر مدل منتخب بررسی شد تا میزان خیرگی هر مدل سایبان مشخص شود. از نرم‌افزار راینو و پلاگین گرس‌هاپر برای تغییرات هندسی در سایبان‌ها استفاده و شبیه‌سازی نور روز با استفاده از نرم‌افزارهای Radiance، با پلاگین‌های لیدی باگ و هانی‌بی در محیط گرس‌هاپر انجام شد. در حالت کلی تمامی سایبان‌ها باعث بهبود آسایش بصری در کلاس درس می‌شوند ولی لوورهای افقی دارای بالاترین مقدار UDI برابر ۹۸٪ هستند. تمامی سایبان‌های مورد مطالعه باعث بهبود sDG شدند اما بیشترین بهبود در ترکیب طاقچه‌های نوری با لوورهای افقی دیده می‌شود و باعث کاهش میزان UDI می‌شود. افزایش زاویه سامانه‌های سایبان، راحتی بصری را افزایش می‌دهد. باین‌حال، با افزایش هم‌زمان عمق و زاویه سامانه‌های سایبان، نور روز مفید کاهش می‌یابد که منجر به کاهش راحتی بصری می‌شود. افزایش تعداد پره‌ها در لوورهای افقی راحتی بصری را افزایش نمی‌دهد. ترکیب طاقچه نوری و لوور افقی با توجه به تمامی شاخص‌ها عملکرد بهتری را دارد و در بین این نوع سایبان، طاقچه نوری با عمق داخلی و خارجی ۰/۵ متر و تعداد لوور افقی ۲ با عمق ۰/۳ متر دارای عملکرد بهتری است.

**واژگان کلیدی:** لوورهای افقی، طاقچه‌های نوری، آسایش بصری، نور مفید طبیعی، سایبان، تهران.

<sup>۱</sup> مقاله برگرفته شده از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان: "طراحی دبیرستان دوره اول در تهران با رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه عملکرد باز شو و سایبان و تأثیر آن بر تهویه طبیعی" به راهنمایی نگارندگان دوم و سوم در دانشگاه کاشان انجام شده است.

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد معماری انرژی، گروه مهندسی معماری و انرژی، پژوهشکده انرژی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

<sup>۳</sup> استادیار، گروه مهندسی معماری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران؛ نویسنده مسئول: [hatamian@kashan.ac.ir](mailto:hatamian@kashan.ac.ir)

<sup>۴</sup> دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

## ۱- مقدمه و بیان مسئله

گرمای اضافی در اتاق (و به تبع آن افزایش در تقاضای انرژی سرمایش) و کمبود حریم شخصی (Zemitis et al., 2023).

در این تحقیق، تأثیر انواع مختلف سایبان‌ها بر میزان روشنایی داخل یک کلاس درس واقع در جنوب شهر تهران مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه، بررسی، تجزیه و تحلیل تأثیر سایبان‌ها در آسایش بصری داخل کلاس‌های درس است. با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی شهر تهران در جبهه جنوبی، سایبان‌ها می‌توانند در کنترل و تعدیل نور ورودی خورشید به فضای داخلی کلاس تأثیر بسزایی داشته باشند. این پژوهش به بررسی کارآمدی سامانه‌های سایبان‌ها پرداخته تا نتایج و تحلیل‌های به دست آمده برای بهینه‌سازی روشنایی در فضاهای آموزشی مشابه را فراهم آورد.

سؤالات مورد بررسی در این پژوهش عبارت است از:

کدام یک از مشخصه‌های فیزیکی سایبان در ایجاد آسایش بصری کلاس‌های درس تأثیر محوری دارند؟  
ترکیب لوورافقی و طاقچه نوری چه تأثیری در بهبود آسایش بصری دارد؟

اغلب مطالعات به بررسی تأثیر بازشو در آسایش بصری و یا یک نوع سایبان پرداخته‌اند. همچنین مطالعات کمی به تأثیرات طاقچه نوری بر آسایش بصری پرداخته است؛ بنابراین محور اصلی پژوهش ما بررسی تأثیر پارامترهای فیزیکی لوورهای افقی و طاقچه‌های نوری و به خصوص ترکیب این دو سایبان باهم و تأثیر آن‌ها در ایجاد آسایش بصری برای بازشوهای جنوبی یک کلاس درس در تهران است.

## ۲- پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در دوران اخیر، استفاده از فناوری دیجیتال بر اساس فناوری سخت‌افزار و توسعه الگوریتم در رایانه با پروژه‌های معماری یکپارچه شده است که به طراحی پارامتریک شناخته می‌شود (Gürsel Dino, 2012; Yoon et al., 2014). فناوری طراحی پارامتریک کنترل مرحله به مرحله برای معمار در فرآیند طراحی تولیدی را فراهم می‌کند تا از فناوری

راحتی بصری در ساختمان‌های مدرسه یکی از پارامترهای تعیین‌کننده‌ای است که بر کیفیت محیطی و رضایت دانش‌آموزان تأثیرگذار است. علاوه بر این، تأثیر مثبت استفاده بهینه از نور روز بر ارائه محیطی ایده‌آل از نظر راحتی بصری برای دانش‌آموزان، یک عامل مهم در بهبود سلامت و رفاه آن‌ها است (Acosta et al., 2018; Kontadakis et al., 2017; Nocera et al., 2018; Reinhart & Walkenhorst, 2001). علاوه بر این، نور روز زیبایی و ویژگی‌های فیزیکی یک فضای آموزشی را تقویت می‌کند و در عین حال اثرات احتمالی از قرار گرفتن طولانی مدت در برابر نور مصنوعی را محدود می‌کند (Bakmohammadi & Noorzai, 2020; Heschong et al., 2002; Mirrahimi et al., 2013). به عبارت دیگر، یافته‌های چندین مطالعه تأیید کرده‌اند که سطوح خوب نور روز در کلاس‌ها ممکن است عملکرد یادگیری دانش‌آموزان مدرسه را بهبود بخشد. (Yu et al., 2014). علاوه بر بهبود خلق و هوا، اعتبار و اهمیت حفظ یک ساعت بیولوژیکی خوب، استفاده از نور روز نشان داده شده است که بهبود روانی و روان‌شناختی عمومی را در کاربران ساختمان ارتقا می‌دهد (Bellia et al., 2011; Edwards & Torcellini, 1992). عدم وجود راحتی بصری در فضاهای آموزشی، از سوی دیگر، می‌تواند عملکرد فیزیکی و ذهنی هم‌زمان معلمان و دانش‌آموزان را کاهش دهد (Lakhdari et al., 2021).

در طراحی فضاهای آموزشی که از نور طبیعی استفاده می‌کنند، باید به نور فضا و سطح کار توجه کرد. دلیل این امر این است که برای فعالیت‌های ذهنی که در این مکان‌ها انجام می‌شود، نیاز به سطوح روشنایی ثابت بر روی سطوح کار وجود دارد. همچنین، ایجاد محیطی جذاب که افراد بتوانند تفاوت بین بخش‌های مختلف را حس کنند و امکان دیدن مناظر بیرونی را داشته باشند، زیرا این کار می‌تواند بهره‌وری افراد را افزایش دهد (Costanzo et al., 2017). برای بهبود نیازهای طراحی، اثرات منفی ممکن است ناشی از تأمین بیش از حد نور روز باشد، مانند خطر ایجاد تابش نوری مزاحم،

کنند (Eltaweel & Yuehong, 2017; Shi & Chew, 2012).

در مطالعه داتا با استفاده از ابزار شبیه سازی TRNYS مشاهده می شود. او عملکرد حرارتی یک ساختمان را مورد مطالعه قرار می دهد و برای پنجره ها یک مدل سایبانی توسعه می دهد. نوع وسیله سایبانی انتخاب شده، لوورهای خارجی ثابت افقی با انواع طول و زاویه پره ها بود. این مطالعه در چهار شهر ایتالیایی مختلف، میلان، رم، ناپل و پالمو، انجام شد. هدف این مطالعه یافتن وسیله سایبانی مناسب برای هر شهر از نظر عملکرد حرارتی ساختمان بود (Wang et al., 2021).

پژوهشگران دریافته اند که میزان نور طبیعی داخل باید ۵۰۰ لوکس باشد (Suradhuhita et al., 2022). همچنین با استفاده از سایبان و تنظیم آن می توان نور را به عمق بیشتری از کلاس هدایت کرد تا میزان روشنایی داخل کلاس بیشتر شود. پژوهش باقلی زاده و همکاران نشان داده است که سایبان خارجی نسبت به سایبان داخلی بهتر عمل می کند و هرچه زاویه سایبان کوچک تر باشد آسایش بصری را بهبود می بخشد (Baghoolizadeh et al., 2023).

پژوهش تحصیل دوست و زمردیان نشان داده است که لوور افقی باعث کاهش sDA می شود (Zomorodian & Tahsildoost, 2017). گونزالز<sup>۱</sup> و همکاران اعلام می کنند که بهترین عمق لوورهای سایبان های افقی ۰٫۲ تا ۰٫۴ است و افزایش تعداد لوورها باعث کاهش میزان درخشندگی و خیرگی می شود (Al-Masrani & Al-Obaidi, 2019). همچنین، التاول<sup>۲</sup> و همکاران اهمیت توازن تعداد لوورها و عمق لوورها در بهبود راحتی بصری و کاهش احتمال درخشندگی را تأیید می کنند (Eltaweel & Su, 2017).

## ۲-۱- لوورهای افقی:

لوورهای افقی بر روی بیرون یک بازشدگی شیشه ای یا پنجره نصب می شوند. لوورها به اندازه کافی برای جلوگیری از تابش خورشید شدید تابستان و اجازه عبور نور خورشید کمتر در

محاسباتی به طور مؤثر در فرآیندهای طراحی مبتنی بر عملکرد استفاده کند (Yoon et al., 2014). بنابراین، مدل سازی پارامتریک به اطلاعات هندسی مربوط می شود که شامل چندین پارامتر است (Caldas & Norford, 2002; Lee et al., 2017). و می تواند به طور دستی یا خودکار پارامترهایی مانند نوع سایبان نما، اندازه و زاویه را تغییر دهد، بدون نیاز به تجدید سازمان دهی کامل مدل از طریق یک فرآیند یکپارچه تحلیل عملکرد و ترکیب هم زمان طراحی (Gürsel Dino, 2012).

آگاهی از استفاده از سامانه های سایبانی در مطالعات علمی از سال ۱۹۹۶ شروع به توسعه کرده است (Kirimtat et al., 2016). اثربخشی یک سامانه سایبان بستگی به شرایط آب و هوایی، مکان جغرافیایی، جهت ساختمان و عملکرد سایبان دارد. (Alhuwayil et al., 2019). نوع یکسانی از سامانه سایبان در فصل ها یا شرایط آب و هوایی مختلف، اثربخشی متفاوتی دارد. (Calama-González et al., 2019). سامانه سایبان تأثیر متفاوتی در مناطق گرم و سرد دارد. با این حال، در منطقه گرم به دلیل مسائل بیش گرمایی و گرمایش جهانی، تأثیرات بیشتری دارد. برای مناطقی که تجربه آب و هوای سرد و گرم دارند، سامانه سایبان باید بتواند در تابستان تشعشع خورشید مستقیم را کاهش داده و در زمستان حداکثر گرمای خورشید را به دست آورد. (Sun et al., 2018). مهم ترین وظیفه یک سامانه سایبان، کاهش گرمای ناخواسته از تابش خورشید به داخل ساختمان و کنترل دمای داخلی است. (Dudzińska, 2021).

سامانه های سایبان بر اساس موقعیت قرارگیری به دو دسته، سایبان داخلی و خارجی، تقسیم می شوند (Bellia et al., 2014). سامانه های سایبان خارجی در ساختمان ها به عنوان سایبان افقی، لوورها، طاقچه های نوری، پرده های کرکره ای دسته بندی می شوند. (Eltaweel & Yuehong, 2017; Kirimtat et al., 2016; Shi & Chew, 2012). لوورها به عنوان محبوب ترین سیستم سایبان طراحی شده اند تا نور خورشید را دریافت و به عمق داخلی ساختمان هدایت

<sup>۲</sup> Eltaweel

<sup>۱</sup> González

برای بهبود کیفیت نور در کلاس‌ها مؤثر است. در این طراحی، یک قفسه نور با لوورهای با ضریب انتقال نور ۳۰٪ قرار داده شد. مزایای آن نسبت به پرده‌های معمولی در مدارس افزایش دید به بیرون، عدم ایجاد تابش نور، و یکنواختی نور است (Bahdad et al., 2021).

### ۲-۳- ارزیابی عملکرد نور روز

کیفیت روشنایی روز در محیط‌های آموزشی با چندین جنبه مختلف ارتباط دارد. ابتدا، موجودیت نور روز بر روی سطح کار باید به صورت کافی بالا باشد تا به دانش‌آموزان و معلمان اجازه دهد به آسانی وظایف بصری خود را انجام دهند (CIBSE, 2011). با این حال، نور روز همچنین باید به صورت یکنواخت در کلاس در نظر گرفته شود؛ در واقع، نامتوزانگی نور روز بیش از حد می‌تواند به اعضای بصری دانش‌آموزان آسیب برساند. علاوه بر این، مشکلات خیرگی نور باید از بین برود. سربستگی نور زمانی رخ می‌دهد که یک منبع نور بیش از حد روشن در دامنه بصری قرار می‌گیرد و می‌تواند ناراحتی بصری<sup>۳</sup> یا حتی ناتوانی بصری<sup>۴</sup> موقت ایجاد کند. در رابطه با نور روز، خیرگی به دیدن نور مستقیم خورشید مرتبط است. با استفاده از جهت‌دهی مناسب نور و استفاده از وسایل سایبانی، می‌توان از ورود مستقیم نور خورشید به داخل فضا جلوگیری کرد (Heschong & Mahone, 2003).

معیارهای خودکفایی نورپردازی (DA<sup>۵</sup>) که این معیار به عنوان نسبت روشنایی روز در یک نقطه داده شده در داخل یک اتاق به نور روز اندازه‌گیری شده در همان زمان تحت یک صفحه افقی بدون مانع تعریف می‌شود (Reinhart & Andersen, 2006) و روشنایی مفید روز (UDI) (Nabil & Mardaljevic, 2006) اخیراً به طور گسترده‌ای در شرایط مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در ادامه به آن پرداخته می‌شود و هر دو این شاخص‌ها در ارزیابی کارایی نورپردازی یک فضای معماری مفید بوده‌اند (Bahdad et

دوره گرمایش به داخل نصب می‌شوند. عرض بهینه لوورها بستگی به فاصله بین لوورها، عرض جغرافیایی ساختمان و نوع آب‌وهوای منطقه دارد. اندازه لوورها همچنین بر قیمت آن‌ها تأثیر می‌گذارد؛ زیرا لوورهای ثابت در دوره گرمایش بخش کوچکی از تابش خورشید را مانع می‌شوند که در آن دوره، جذب حرارت مطلوب است. صفحه بالایی لوورها باید رنگ روشنی داشته باشد تا نور خورشید متوقف شده را به عمق داخلی ساختمان بازتاب دهد (Kirimat et al., 2016).

تحقیقات مختلفی در رابطه با پارامترهای لوور انجام شده است که نشان می‌دهد زاویه لوورها مؤثرترین پارامتر طراحی لوورها باشد (Choi et al., 2014; Datta, 2001; Eltaweel & Su, 2017; Rafati et al., 2023; Sjarifudin & Justina, 2014; Toutou et al., 2018; Wagdy & Fathy, 2015).

### ۲-۲- طاقچه نوری:

سیستم طاقچه نوری<sup>۱</sup> برای هدایت نور روز به قسمت‌های عمیق‌تر فضا طراحی شده است و درعین حال به عنوان یک سیستم سایبانی در مسدود کردن نور مستقیم خورشید عمل می‌کند (Mangkuto et al., 2018).

تحقیقاتی که در رابطه با هندسه طاقچه‌های نوری انجام شده است نشان می‌دهد که عملکرد طاقچه نوری به عمق و زاویه صفحه افقی داخلی و خارجی وابسته است همان‌طور که قسمت خارجی بر روی شیشه سایه می‌اندازد و قسمت داخلی نور را بازتاب می‌دهد و در صورت شیب مثبت مانند سایبان عمل می‌کند (Meresi, 2016; Moazzeni & Ghiabaklou, 2016; Zazzini et al., 2020).

با معرفی FLS<sup>۲</sup>، ترکیبی از طاقچه نور و لوورها که موجب تأثیر مثبت در کاهش تابش نور و ایجاد نور یکنواخت در فضا می‌شوند (Perez et al., 2012). تحقیقات در آتن نشان داد که ترکیبی از طاقچه‌های نور زاویه‌دار (با زاویه ۱۰ تا ۲۰ درجه) و لوورها به جای پرده‌های کرکره‌ی معمول مدارس

<sup>۴</sup> visual impairment

<sup>۵</sup> Daylight Autonomy

<sup>۱</sup> Light-shelve.

<sup>۲</sup> fragmented light shelf.

<sup>۳</sup> visual discomfort

DGP<sup>۱</sup> یکی از شاخص های خیرگی است که به طور گسترده ای برای ارزیابی راحتی بصری در محیط های روشن استفاده می شود. DGP توسط Wienold و Christofferson (Wienold & Christofferson, 2005) توسعه داده شد. DGP به عنوان یکی از معیارهای کلیدی مبتنی بر آب و هوا برای ارزیابی کیفیت نور روز در نظر گرفته می شود، با این حال هنوز نیاز به تحقیقات بیشتر برای توسعه استانداردهای مناسب برای نسبت های روشنایی مناسب و بررسی مواردی با تابش مستقیم خورشید در این زمینه وجود دارد (Konstantzos et al., 2015).

### ۳- روش پژوهش

در این پژوهش به تجزیه و تحلیل پارامتریک با استفاده از شبیه سازی در نرم افزار راینو<sup>۲</sup> گرس هاپر پلاگین لیدی باگ<sup>۳</sup> توزیع جهت نشان دادن تأثیر سایبان و تغییر مؤلفه های آن بر مؤلفه های روشنایی نور روز در مدرسه متوسطه دوره اول در شهر تهران پرداخته شده است.

بر اساس داده های اقلیمی تهران، سایبان پویا و بازتاب نور خورشید از آسمان متوسط با خورشید بر اساس استاندارد CIE<sup>۴</sup> برای محاسبات لحظه ای و محاسبات سالانه آسمان بر اساس داده های اقلیمی انتخاب شده است.

#### ۳-۱- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی سایت

در این مطالعه، یک ساختمان دوطبقه مدرسه در شهر تهران با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی به عنوان مدل اولیه انتخاب شد. شهر تهران در منطقه ای با اقلیم Bsk طبق طبقه بندی کوپن گیگر قرار دارد که نشان دهنده شرایط آب و هوایی نیمه گرم و نیمه خشک است. تهران در ارتفاع ۷۵۰ متری از سطح دریا واقع شده و دارای دمای متوسط سالانه حدود ۱۷ درجه سانتی گراد است. میزان بارش سالانه در این منطقه بین ۱۰۰۰ تا ۳۵۰۰ میلی متر متغیر است و آب و هوا به طور کلی در بهار ملایم، در تابستان

اما DA (al., 2022; Mardaljevic et al., 2009) محدودیتی در مورد سطوح روشنایی بالاتری که می توان استفاده کرد، ندارد که این امر باعث می شود مقایسه آن دشوار شود (Zhang et al., 2017).

در میان معیارهای مبتنی بر اقلیم برای روشنایی روز، UDI شاید معتبرترین معیار باشد. UDI شباهت زیادی به معیار DA دارد، تنها تفاوت بین UDI و DA در این است که UDI حداقل و حداکثر مقادیر روشنایی را مشخص می کند. UDI به عنوان کسر زمان در یک سال تعریف می شود که روشنایی روز افقی داخلی در یک نقطه مشخص در یک محدوده ی داده شده قرار می گیرد. برای محاسبه UDI، به طور معمول سه ظرف تعیین می شود، با تعیین یک آستانه روشنایی پایین و بالا.

ظرف بالا نشان دهنده درصد زمانی است که روشنایی روز بیش از حد افزونه رخ می دهد و ممکن است منجر به ناراحتی بصری شود؛ از طرف دیگر، ظرف پایین نشان دهنده درصد زمانی است که روشنایی روز کم است. در نهایت، ظرف میانی درصد زمانی را نشان می دهد که روشنایی روز مناسب حاصل می شود (Costanzo et al., 2017).

بر اساس تعریف اولیه UDI (Nabil & Mardaljevic, 2006)، آستانه های پایین و بالا به ترتیب به ۱۰۰ لوکس و ۲۰۰۰ لوکس تنظیم می شوند. مطالعات بعدی پیشنهاد دادند که سطل میانی را به دو بخش UDI اضافی (E > 500 لوکس) و UDI خودکار (E < 500 لوکس) تقسیم کنند. تفاوت آن در این است که در شرایط دوم، احتمالاً نیازی به نور مصنوعی اضافی وجود ندارد (Lee et al., 2019). در مطالعات دیگری که به محیط های آموزشی می پردازند، آستانه پایین به ۳۰۰ لوکس تنظیم می شود، که با توصیه های استاندارد سازگار است (Costanzo et al., 2017).

<sup>۲</sup> Ladybug Tools 1.8.0

<sup>۴</sup> International Commission on Illumination

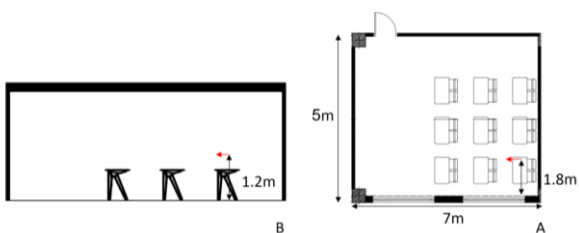
<sup>۱</sup> Daylight Glare Probability

<sup>۲</sup> Rhino7

کنند و پنجره‌ها به صورت تک جداره با انتقال مرئی ۰٫۸۷۷ در نظر گرفته شده‌اند. خواص نوری سطوح در [جدول شماره ۱](#) ارائه شده است.

تجزیه و تحلیل پارامتریک نور روز در ارتفاع ۰٫۸ متر (سطح کار) و برای خیرگی ۱٫۲ متر (ارتفاع چشم) و فاصله از دیوار برابر ۰٫۲ در نظر گرفته شده است. این فضا در روزهای شنبه تا چهارشنبه از ساعت ۰۷:۰۰ تا ۱۴:۰۰ اشغال است. همچنین برای پنجره‌ها عمق ۰٫۱ در نظر گرفته شده است.

برای اندازه‌گیری DGP سنسور در انتهای کلاس طبق پلان میلمان در [\(شکل شماره ۱\)](#) و ارتفاع ۱٫۲ در نظر گرفته شده است.



شکل ۱. پلان کلاس درس و موقعیت سنسور خیرگی (B) مقطع پلان درس و موقعیت سنسور خیرگی

جدول ۱: ضریب انعکاس سطح داخلی فضای کلاس شبیه‌سازی شده

ضریب انعکاس	
دیوار خارجی	۰/۸۳۹
سقف	۰/۸۴۹
کف داخلی	۰/۴۹۴۲
سایبان	۰/۷۰۷۸

### ۳-۳- شبیه‌سازی پارامتریک

روش شبیه‌سازی پارامتریک، می‌تواند برای بهبود عملکرد ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. در این روش، ورودی هر متغیر به منظور بررسی تأثیر آن بر اهداف طراحی، تغییر می‌کند درحالی‌که سایر متغیرها ثابت نگه‌داشته می‌شوند. در این پژوهش، از نرم‌افزار راینو و پلاگین گرس‌هاپر برای ایجاد

گرم و خشک، در پاییز دلدیر و در زمستان سرد است (تهران، ۲۰۲۴). داغ‌ترین ماه مرداد است و سردترین ماه بهمن است (متوسط حداقل و حداکثر درجه حرارت، ۳۲ درجه سانتی‌گراد و ۳۶ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد، ۱- درجه سانتی‌گراد و ۸ درجه سانتی‌گراد در ماه بهمن).

فایل‌های اطلاعات سالانه آب‌وهوایی در قالب epw برای شبیه‌سازی استفاده شده است. بر اساس داده‌های آب‌وهوایی، آسمان تهران ۶۷ درصد صاف، ۲۴ درصد نیمه‌بری و ۹ درصد تمام‌بری در طول سال است؛ بنابراین پتانسیل تابش خورشیدی جهانی در تهران قابل توجه است. حداکثر و حداقل تابش مستقیم به ترتیب در ماه تیر و دی رخ می‌دهد. درحالی‌که حداکثر تابش انتشاری خورشید در ماه مرداد و حداقل آن در ماه آذر رخ می‌دهد.

### ۲-۳- مدل‌سازی نمونه پایه

برای شبیه‌سازی، یک فضای کلاس درس معمولی به عنوان مدل پایه استفاده شد که با مساحت ۷\*۵ مترمربع با ارتفاع ۳ متر با پنجره‌هایی رو به جبهه جنوبی در طبقه همکف ساختمانی دوطبقه با کشیدگی شرقی غربی که کلاس‌های درس در امتداد یک راهرو قرار گرفته‌اند، واقع شده است. این کلاس درس بر اساس کلاس‌های معمولی پیشنهادی سازمان امور مالیاتی و املاک<sup>۱</sup> برای مدارس در ایران طراحی شده است و مشابه مدل‌های استفاده شده در تعداد کمی از مطالعات قبلی است (Aghemo et al., 2008; Moazzeni & Ghiabaklou, 2016; Ziaee & Vakilinezhad, 2022). با توجه به رهنمودهای DRES، یک کلاس درس باید دارای پنجره‌ها در نمای شمالی یا جنوبی باشد تا مصرف انرژی ساختمان کاهش یابد (Cremers, 2016). بنابراین، در ایران، ساختمان‌های مدارس معمولاً بر اساس محور شرق-غرب جهت‌گیری می‌شوند. لذا در این مطالعه، فقط کلاس‌های در جهت‌های جنوبی که به عنوان کلاس‌های معمولی پیشنهادی توسط DRES معرفی شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. کلاس‌های درس از طریق دو پنجره رو به جنوب با اندازه‌های ۲\*۱٫۵ متر نور طبیعی خود را تأمین می‌

<sup>۱</sup> DRES

Radiance استفاده می‌شود. همچنین، مدل پایه و بدون سایبان که در بخش ۳،۲ به‌طور مفصل توضیح داده شد نتایج سایبان‌های مورد بررسی بر اساس مدل پایه ارزیابی می‌شود.

### ۳-۳-۱- سایبان‌های مورد بررسی

در این پژوهش ۲۲ مدل لوور افقی با عمق‌های مختلف و تعداد پره‌های متفاوت با ۵ زاویه قرارگیری و ۱۸ مدل طاقچه نوری با عمق‌های مختلف و فاصله از دست‌انداز پنجره (OKB) متفاوت با ۴ زاویه قرارگیری مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این ۴۵ طاقچه نوری همراه با لوور افقی با عمق‌های مختلف تعداد پره‌های متفاوت و با ۴ زاویه قرارگیری مورد بررسی قرار گرفت. که در حالت کلی ۵۷۸ سایبان مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تحلیل‌ها در (جدول شماره ۲) آورده شده است.

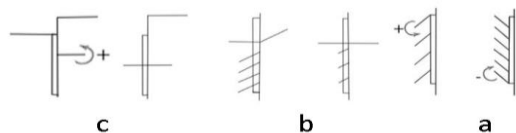
جدول ۲: نتایج تحلیل‌های پارامتریک متغیرهای سامانه‌های سایبان در جبهه جنوبی یک کلاس درس در تهران

نوع سایبان	عمق بیرونی (m)	عمق داخلی (m)	عمق لوور (m)	تعداد پره‌ها	فاصله پره‌ها از هم (m)	فاصله از سقف (m)	درجه (°)
لوور افقی	-	-	۱/۰, ۰/۶, ۰/۴, ۰/۲	۲ ۳ ۴ ۶	۰/۷ ۰/۵ ۰/۴ ۰/۲۵	-	۰, ۱۰, ۱۵, ۳۰, ۴۵ -۱۵, -۳۰, -۴۵ -۱۰,
طاقچه نوری	۱/۲, ۰/۶, ۰/۴, ۱/۰, ۰/۷۵, ۰/۶۵, ۰/۱۵	۱/۶, ۰/۳, ۰/۴, ۱/۰, ۰/۷۵, ۰/۶۵, ۰/۱۵	-	-	-	۱/۲, ۱/۰	۰, ۱۰, ۱۵, ۳۰, ۴۵
ترکیب طاقچه نوری و لوور افقی	۱/۲, ۰/۶, ۰/۴, ۱/۰, ۰/۷۵, ۰/۶۵, ۰/۱۵	۱/۶, ۰/۳, ۰/۴, ۱/۰, ۰/۷۵, ۰/۶۵, ۰/۱۵	۰/۴, ۰/۲, ۰/۱	-۳-۴ -۱-۲ ۶-۵	-۰,۲ -۰,۳ -۰,۴ -۰,۵	۱/۲, ۱/۰	۰, ۱۰, ۱۵, ۳۰, ۴۵

تغییرات هندسی در سایبان‌ها و بررسی تأثیرات آن بر نور روز استفاده شده است.

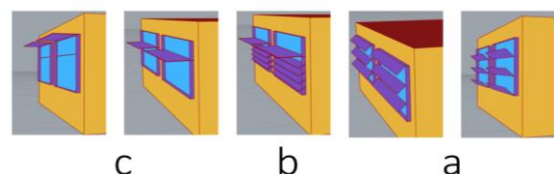
شبیه‌سازی‌های روشنایی و با استفاده از نرم‌افزارهای Radiance و با استفاده از پلاگین لیدی‌باگک و هانی‌بی در محیط گرس‌هاپر انجام شده است. چندین مطالعه دقت موتور شبیه‌سازی Radiance و روش شبیه‌سازی را تأیید کرده‌اند (Lim et al., 2013; Reinhart & Andersen, 2006; Reinhart & Walkenhorst, 2001).

در پلاگین هانی‌بی در گرس‌هاپر، نقاط تحلیل شبکه (نودها) در ارتفاع ۰,۸۰ متر روی صفحه کار ایجاد شده‌اند که به عنوان موتوری برای تحریک شبیه‌سازی Radiance استفاده می‌شود. تعداد این نقاط ۱۶۰ و اندازه شبکه  $۰,۳ \times ۰,۳$  متر است، که به عنوان موتوری برای تحریک شبیه‌سازی



شکل ۲. a- لوور افقی b- طاقچه نوری با سایبان افقی c- طاقچه نوری با لوور افقی

در (شکل شماره ۲) تصاویر سایبان‌های مدل شده نشان داده شده است؛ که به‌جز طاقچه نوری و سایبان افقی باقی سایبان‌های مدل شده هرکدام به‌صورت دوبه‌دو مدل شده‌اند.



et al., 2022). همچنین، DGP کمتر از ۳۱ درصد (عدم خیرگی و خیرگی قابل درک) است (Wienold & Christoffersen, 2006). شاخص‌های دیگری مانند sDA نیز اندازه‌گیری شد؛ اما در این پژوهش ملاک بررسی ما سه متغیر UDI، ASE و SDG است. که پس از آن با استفاده از DGP میزان خیرگی در هر نمونه انتخابی بررسی می‌شود.

شاخص‌های مورد بررسی به‌جز DGP، شاخص‌های سالانه ارزیابی نور روز به‌صورت دینامیکی هستند که بر اساس استاندارد لید قابل ارزیابی و بررسی می‌باشند و شاخص DGP شاخص روزانه‌ی برای تشخیص میزان خیرگی است؛ که بیشترین عوامل دخیل در عدم آسایش بصری را لحاظ می‌نماید و برای پیش‌بینی خیرگی ناشی از عوامل طبیعی مناسب است.

#### ۴- یافته‌ها

از بین ۵۷۸ سایبان مدل شده در نرم‌افزار راینو با توجه به میزان UDI و SDG از هر نوع سایبان ۵ مدل انتخاب شد؛ که مشخصات این سایبان‌ها در (جدول شماره ۲) آمده است.

با استفاده از عکس‌های HDR و مقدار به‌دست آمده DGP در روزهای حیاتی سال (۲۱ مارس، ۲۱ ژوئن، ۲۱ سپتامبر و ۲۱ دسامبر)، شرایط اقلیمی و وضعیت روشنایی (تعادل بهار و تابستان و تعادل پاییز و زمستان) برای سایبان‌های منتخب مورد ارزیابی قرار گرفته است. این روزها از نظر نور روز، بحرانی‌ترین روزها هستند؛ به همین دلیل عملکرد نمونه‌های منتخب در این روزها بررسی می‌شود تا قابلیت کارایی سامانه سایبان پیشنهادی در طول سال بر اساس معیارهای گفته شده بررسی شود.

در این روزها، موقعیت خورشید در بالاترین، پایین‌ترین یا در میانه قرار دارد و مدت زمان روز بیشترین، کمترین یا در محدوده میانی است. این انتخاب به منظور بهره‌برداری کامل از الگوهای نور روز و درک بهتر عملکرد سایبان در طول سال صورت گرفته است؛ بنابراین با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از عکس‌های HDR و مقادیر DGP در این

#### ۳-۴- شاخص‌های ارزیابی نور روز

شاخص‌های پویای مورد استفاده در این پژوهش شامل UDI و ASE و SDG است که در (بخش ۲،۱) به‌طور مفصل توضیح داده شده است. طبق مرور ادبیات و طبق استاندارد لید حد بالا و حد پایین به ترتیب ۳۰۰ و ۳۰۰۰ لوکس در متغیر UDI تعیین شده است (Costanzo et al., 2017). و همچنین مقدار ASE باید کمتر از ۱۰٪ باشد (Lm, 2013). SDG که نشان‌دهنده این است که چند درصد از دیدهای ما در بیش از ۵ درصد ساعات اشغال است. در این مطالعه، معیارهای ارزیابی بر اساس روش ارزیابی DGP پیشنهاد شده توسط Wienold (2009) است (جدول شماره ۳) و چهار آستانه DGP برای انجام تحلیل پویا DGP در طول یک سال استفاده شدند که:

- (a)  $DGP < 35$ ٪: "خیرگی قابل تشخیص ناپذیر"، (b)  
 DGP در محدوده ۳۵-۴۰٪: "خیرگی قابل تشخیص"، (c)  
 DGP در محدوده ۴۰-۴۵٪: "خیرگی مزاحم" و (d)  
 $DGP > 45$ ٪: "خیرگی غیرقابل تحمل" (Valitabar et al., 2018; Wagdy & Fathy, 2015).

جدول ۳: آستانه شاخص DGP (Wienold, 2009)

SUBJECTIVE RATING	DGP RANGE
Imperceptible Glare	<0.35
Perceptible Glare	0.35 – 0.40
Disturbing Glare	0.40 – 0.45
Intolerable Glare	> 0.45

معیار SDG نسبت درصدی را نمایش می‌دهد که برای بیش از ۵٪ از ساعات اشتغال، فضاهای کلی در آن‌ها با یک DGP بالاتر از ۰٫۳۸ روبه‌رو هستند. مقدار ۵٪ به‌عنوان آستانه در ارزیابی خیرگی نیز توسط استاندارد نور روز اروپا EN17037:2018 (EN, 2018) تعریف شده است. با استفاده از معیار SDG، امکان یکپارچه‌سازی ارزیابی‌ها درباره تأثیر وسایل سایبان در ارائه روزنگاری و دید به بیرون در حداکثر کاهش خیرگی مزاحم فراهم می‌شود (De Luca

چهار روز، می توان به طور جامع الگوهای نور روز را درک کرد و عملکرد سایبان ها را در طول سال مطابق (جدول شماره ۴) تحلیل کرد.

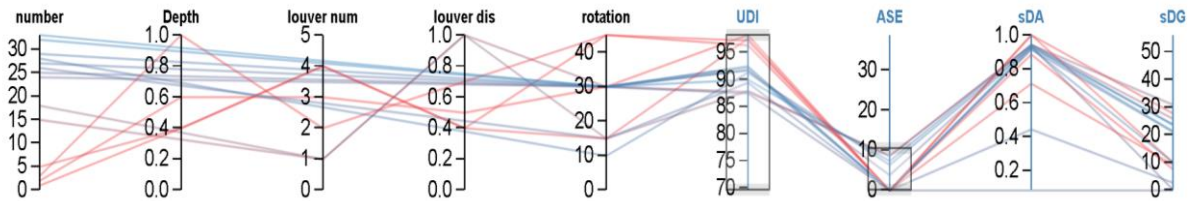
جدول ۴: گزینه های بهینه ی سایبان در شاخص های ASE, sDA, UDI, sDG

نوع سایبان	عمق (m)	تعداد	فاصله از هم (m)	درجه (°)	UDI (%)	ASE (%)	sDA (%)	sDG (%)
بدون سایبان	-	--	-	-	۶۹/۶۴۱۴۹۲	۳۸/۷۳	۹۴/۲۸۵۷	۵۶/۰۰۴۹
لوور افقی	۰/۴	۴	۰/۴	۴۵	۹۷/۱۰۳۳۳	۰	۸۸/۵۷۱۴	۷/۵۹۸
لوور افقی	۰/۶	۳	۰/۵	۳۰	۹۸/۱۳۳۲۴	۰	۱۰۰	۱۰/۰۴۹
لوور افقی	۱/۰	۲	۰/۷	۴۵	۹۶/۲۲۸۲۲	۰	۷۱/۲۴۸۶	۹/۲۵۲۵
لوور افقی	۰/۳	۳	۰/۳	۴۵	۸۹/۶۴۳۶۵	۱۵/۵۶	۹۴/۲۸۵۷	۲۲/۹۷۷۹
لوور افقی	۰/۴	۴	۰/۴	۱۵	۹۷/۴۸۹۴	۰	۱۰۰	۲۷/۶۹۶۱
طاقچه نوری	۱/۰+۰/۵	۱	۱/۰	۳۰	۹۲/۵۳۴۸۶	۱۳/۹۷	۱۰۰	۲۷/۲۰۵۹
طاقچه نوری	۱/۲+۰/۵	۱	۱/۰	۳۰	۸۷/۷۰۶۲۲۲	۸/۵۷	۹۴/۲۸۵۷	۲۵/۷۹۶۶
طاقچه نوری	۱/۰+۰/۶	۱	۱/۰	۳۰	۸۶/۸۸۰۶۹۸	۱۱/۱۱	۹۴/۲۸۵۷	۲۷/۴۵۱
طاقچه نوری	۰/۵+۱/۰	۱	۱/۰	۳۰	۸۶/۸۸۷۴۲۹	۱۱/۱۱	۹۴/۲۸۵۷	۲۷/۵۱۲۳
طاقچه نوری	۱/۲+۰/۵	۱	۱/۰	۱۵	۸۷/۸۹۷۷۱۴	۸/۵۷	۹۴/۲۸۵۷	۳۰/۸۲۱۱
طاقچه نوری + لوور افقی	(۰/۵+۰/۵)+۰/۳	۱.۲	۱/۰, ۰/۴	۳۰	۹۱/۶۱۶۶۹۸	۳/۸۱	۹۳/۳۳۳۳	۰/۲۴۶۳۲۴
طاقچه نوری + لوور افقی	(۰/۵+۰/۵)+۰/۴	۱.۴	۱/۰, ۰/۲	۳۰	۸۷/۴۲۲۹۸۴	۰	۸۵/۷۴۱	۰
طاقچه نوری + لوور افقی	(۰/۵+۰/۵)+۰/۴	۱.۴	۱/۰, ۰/۲	۱۵	۸۹/۳۸۵۲۰۶	۰	۴۴/۴۴۴	۲/۷۵۷۴
طاقچه نوری + لوور افقی	(۰/۵+۰/۵)+۰/۲	۱.۴	۱/۰, ۰/۲	۳۰	۹۲/۲۰۰۲۲۲	۰	۹۱/۴۲۸۶	۲۱/۰۱۷۲
طاقچه نوری + لوور افقی	(۰/۵+۰/۵)+۰/۲	۱.۳	۱/۰, ۰/۳	۰	۸۸/۳۹۷۴۲۹	۱۰/۱۶	۰/۹۳۰۱۵۹	۲۶/۹۶۰۸



برآورده کردن الزامات در شاخص ASE، خطوط خاکستری راه‌حلی‌هایی که الزامات را برآورده نمی‌کند و خطوط قرمز راه‌حلی‌هایی که بیشترین کاهش آسیب نوری را در سایبان‌های مورد بررسی بر اساس شاخص ASE نشان می‌دهد.

در شکل زیر که از Design Explorer به دست آمده است رابطه بین متغیرهای طراحی و نتایج به دست آمده را نشان می‌دهد که در این شکل نتایج را بر اساس میزان ASE که برای کمتر از ۱۰ درصد تعریف شده است دسته‌بندی می‌کند در (شکل شماره ۳) خطوط آبی نشان‌دهنده بهترین راه‌حل‌ها در



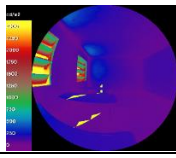
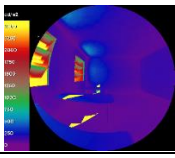
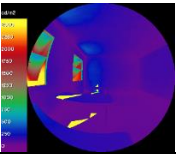
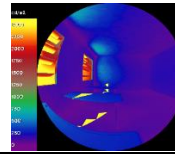
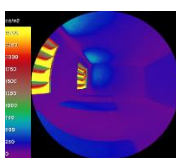
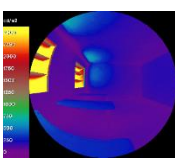
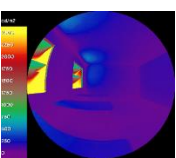
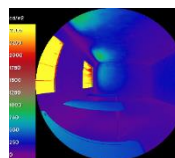
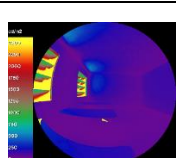
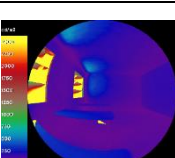
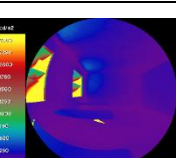
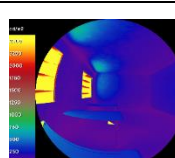
شکل ۳. تأثیر متغیرهای طراحی بر شاخص‌های ASE، sDA، UDI، sDG

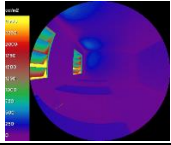
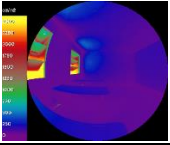
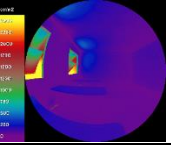
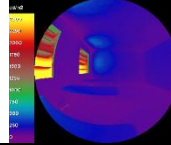
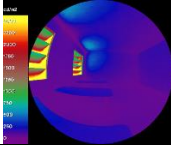
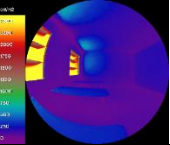
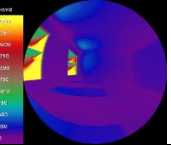
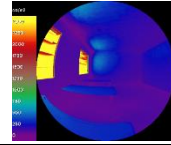
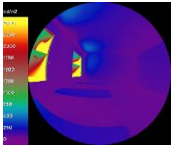
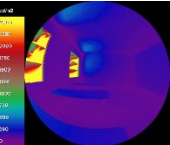
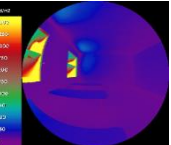
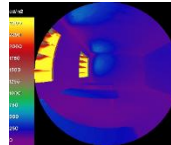
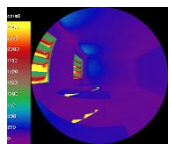
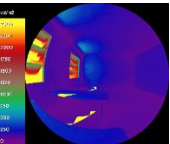
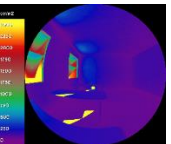
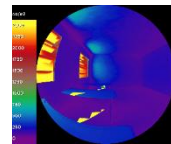
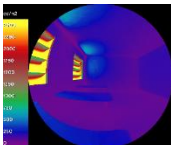
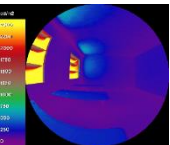
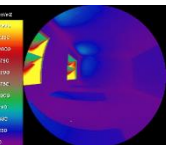
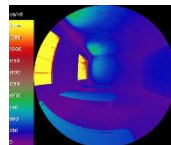
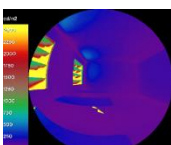
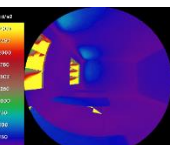
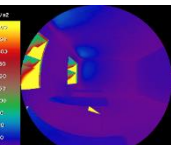
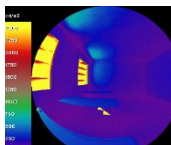
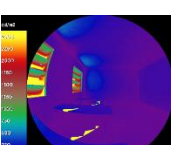
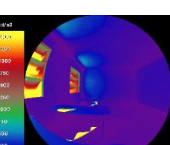
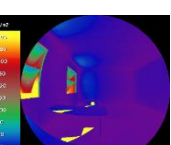
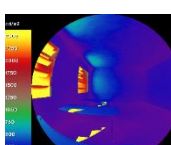
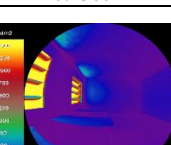
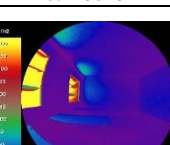
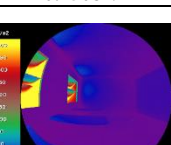
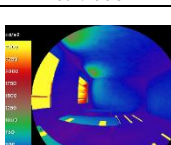
#### ۴-۱- لوور افقی

باتوجه به معیارهای اندازه‌گیری نور روز در سایبان‌ها لوور افقی نمونه‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۵ در (جدول شماره ۴) صلاحیت‌های لازم را دارا می‌باشند. نتایج تجزیه و تحلیل خیرگی، در (جدول شماره ۵) ارائه شده است. طبق (جدول شماره ۳) که در (بخش ۳،۴) آمده است در این بخش سایبان‌ها مقدار DGP تقریباً برابر دارند که در بازه ۰,۲۰ تا ۰,۲۸ قرار دارند که نشان‌دهنده خیرگی نامحسوس در روزها و ساعات مورد بررسی است.

در (جدول شماره ۴) با توجه به میزان ASE نمونه‌های سایبان منتخب آورده شده‌اند و نمونه‌هایی که ASE بیشتر از ۱۰ درصد دارند حذف شدند در نتیجه ۴ مدل لوور افقی و ۲ مدل طاقچه نوری و ۴ مدل طاقچه نوری با لوور افقی و ۳ مدل طاقچه نوری داخلی همراه با لوور افقی و سایبان افقی برای ارزیابی میزان خیرگی باقی ماند.

جدول ۵: مقدار DGP بر اساس ماه، ساعت و روز برای لوور افقی ۱، ۲، ۳ و ۵ از جدول ۴

	1	2	3	5
March 9:00	 0.234494	 0.246772	 0.247516	 0.250378
March 12:00	 0.231012	 0.239338	 0.228959	 0.25383
March 15:00	 0.238745	 0.249815	 0.244407	 0.260423

	1	2	3	5
July 9:00				
	0.20547	0.217398	0.214715	0.223174
July 12:00				
	0.222447	0.234335	0.22949	0.241672
July 15:00				
	0.222113	0.234587	0.230236	0.240535
September 9:00				
	0.234964	0.246318	0.246386	0.251301
September 12:00				
	0.231378	0.239984	0.229916	0.254372
September 15:00				
	0.236561	0.247973	0.243884	0.258081
December 9:00				
	0.23602	0.248618	0.250879	0.290062
December 12:00				
	0.24364	0.24644	0.229032	0.321144

	1	2	3	5
December 15:00				
	0.24889	0.259962	0.258756	0.280476

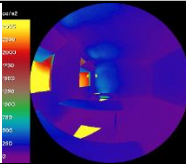
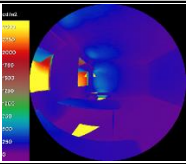
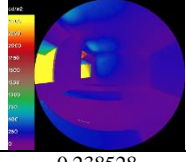
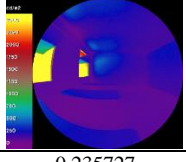
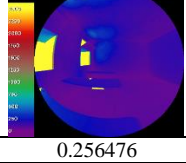
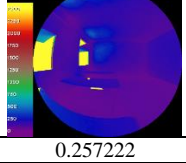
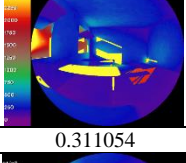
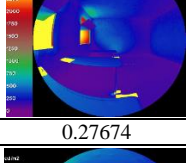
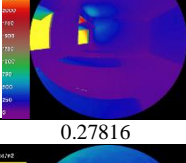
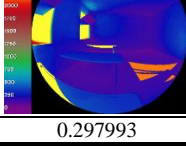
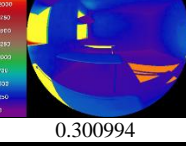
(جدول شماره ۳) که در بخش ۳،۴ آمده است در این بخش مقدار DGP سایبان‌ها تقریباً برابر است و در بازه ۰،۲۰ تا ۰،۳۱ قرار دارد که نشان دهنده خیرگی نامحسوس در روزها و ساعات مورد بررسی است.

#### ۴-۲- تاقچه نوری

باتوجه به معیارهای اندازه‌گیری نور روز در تاقچه نوری نمونه‌های ۱۵ و ۱۸ در (جدول شماره ۴) صلاحیت‌های لازم را دارا می‌باشند، در (جدول شماره ۶) ارائه شده است. طبق

جدول ۶: مقدار DGP بر اساس ماه و ساعت و روز برای تاقچه نوری ۱۵ و ۱۸ از جدول ۴

	۱۵	۱۸
March 9:00		
	0.25074	0.251201
March 12:00		
	0.23757	0.238061
March 15:00		
	0.257347	0.25835
July 9:00		
	0.222758	0.222798
July 12:00		
	0.235679	0.235733
July 15:00		
	0.238622	0.2391

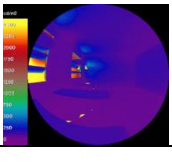
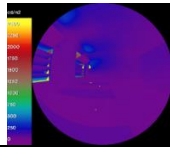
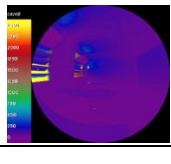
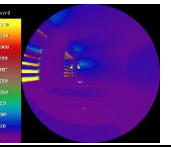
	۱۵	۱۸
September 9:00	 0.245376	 0.245998
September 12:00	 0.238528	 0.235727
September 15:00	 0.256476	 0.257222
December 9:00	 0.304704	 0.311054
December 12:00	 0.27674	 0.27816
December 15:00	 0.297993	 0.300994

#### ۴-۳- ترکیب تاقچه نوری و لوور افقی

باتوجه به معیارهای اندازه گیری نور روز در تاقچه نوری و لوور افقی نمونه های ۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ در (جدول شماره ۴) صلاحیت های لازم را دارا می باشند. در (جدول شماره ۷)

ارائه شده است. طبق (جدول شماره ۳) که در بخش ۳،۴ آمده است در این بخش مقدار DGP سایبان ها تقریباً برابر است و در بازه ۰،۱۶ تا ۰،۲۸ قرار دارد که نشان دهنده خیرگی نامحسوس در روزها و ساعات مورد بررسی است.

جدول ۷: مقدار DGP بر اساس ماه و ساعت و روز برای ترکیب تاقچه نوری با لوورهای افقی ۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ از جدول ۴

	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷
March 9:00	 0.219496	 0.2184499	 0.211524	 0.213304

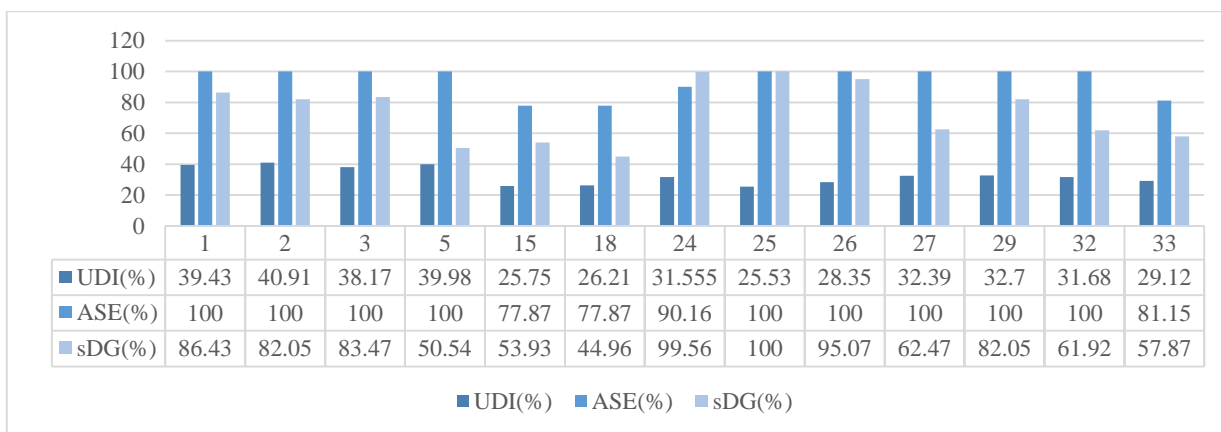
	۲۴	25	26	27
March 12:00				
	0.228067	0.198138	0.220796	0.220026
March 15:00				
	0.242909	0.221902	0.235842	0.238013
July 9:00				
	0.216096	0.161333	0.211878	0.210237
July 12:00				
	0.226298	0.200031	0.223945	0.22009
July 15:00				
	0.2307	0.197429	0.227075	0.225772
September 9:00				
	0.2218	0.194114	0.215957	0.216566
September 12:00				
	0.228294	0.198366	0.221604	0.220263
September 15:00				
	0.242765	0.218082	0.23608	0.238193

	۲۴	25	26	27
December 9:00				
	0.283962	0.222985	0.233136	0.271128
December 12:00				
	0.283097	0.19098	0.222335	0.232422
December 15:00				
	0.258998	0.226101	0.239942	0.243589

## ۵- بحث و نتیجه گیری

در راستای هدف اصلی این نوشتار که رسیدن به آسایش بصری از طریق نور طبیعی روز در جهت جنوبی یک فضای آموزشی در شهر تهران بود، اهمیت موضوع طراحی و استفاده از سایبان های افقی لوور دار و طاقچه های نوری نسبت به سایر راهکارهایی که برای طراحی پنجره های این جهت

وجود دارد مشخص شد. پیکربندی های مختلفی از انواع سامانه های سایبان مورد بررسی قرار گرفتند که متغیرهای طراحی آنها عبارت شدند از: عمق سایبان ها، زاویه آنها، تعداد لوورها و فاصله آنها از هم. در حالت کلی ۵۷۸ مدل سامانه سایبان شبیه سازی و درصد تغییرات آسایش روشنایی آنها نسبت به حالت بدون سایبان طبق (شکل شماره ۴) مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۴: درصد تغییرات نسبت به حالت بدون سایبان برای ASE، UDI و sDG

کدام یک از مشخصه های فیزیکی سایبان در ایجاد آسایش بصری کلاس های درس تأثیر محوری دارند؟

در فرایند تحلیل این پیکربندی های متنوع که برای هدف نوشتار در نظر گرفته شدند نتایج برای سوالات پژوهش به شرح زیر به دست آمدند:

## ۶- منابع

- با توجه به (شکل شماره ۳) و (جدول شماره ۴)، با افزایش زاویه سایبان آسایش بصری نیز افزایش یافته است اما با افزایش عمق و زاویه سایبان به طور همزمان به دلیل کاهش میزان نور مفید در فضای داخلی آسایش بصری نیز کاهش می‌یابد. همچنین تعداد پره‌ها در لوورهای افقی نیز تأثیرگذار است و ۲ تا ۴ پره برای عملکرد بهتر توصیه می‌شود.
- در حالت کلی با توجه به بهبود شاخص UDI و شاخص sSDG در لوورهای افقی می‌توان نتیجه گرفت که لوورهای افقی تأثیر بیشتری در آسایش بصری در جبهه جنوبی در شهر تهران دارند با این حال طاقچه‌های نوری مطابق (شکل شماره ۳) تأثیر بیشتری بر روی بهبود شاخص خیرگی دارند؛ و استفاده از آن‌ها در کاربری‌هایی مانند اتاق رایانه و اتاق‌های سمعی بصری که نیاز به نور روز کمتری دارند مناسب‌تر است.
- در انواع مدل سامانه‌های سایبان بررسی شده، لوورهای افقی بیشترین میزان برخورداری از نور روز مفید (UDI) را دارا هستند؛ و طاقچه نوری و طاقچه نوری همراه با لوور افقی عملکرد یکسانی در میزان نور روز مفید دارند.
- ترکیب لوورافقی و طاقچه نوری چه تأثیری در بهبود آسایش بصری دارد؟
- در حالت کلی، با توجه به شاخص‌های مورد بررسی و با توجه به (جدول شماره ۴) و (شکل شماره ۳)، می‌توان نتیجه گرفت که سایبان ترکیبی طاقچه نوری و لوور افقی عملکرد بهتری را دارا هستند و در بین این نوع سایبان نیز طاقچه نوری با عمق داخلی و خارجی ۰/۵ متر و تعداد لوور افقی ۲ با عمق ۰/۳ متر و تعداد پره ۲ عملکرد بهتری را دارا است.
- در نهایت، با توجه به اهمیت حفظ کیفیت نور روز در کلاس‌های درس، باید توجه داشت که فاکتور نور روز و خیرگی به عنوان یک شاخص حیاتی شناخته می‌شود. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مشاهده می‌شود که سیستم‌های سایبان طاقچه‌های نوری، لوورهای افقی و ترکیب طاقچه‌های نوری و لوورهای افقی استانداردهای قابل قبولی را برای میزان خیرگی در محیط‌های آموزشی، کلاس درس، ارائه می‌دهند.
- Acosta, I., León, J., & Bustamante, P. (2018). Daylight spectrum index: a new metric to assess the affinity of light sources with daylighting. *Energies*, 11(10), 2545. <http://dx.doi.org/10.3390/en11102545>
  - Aghemo, C., Pellegrino, A., & LoVerso, V. (2008). The approach to daylighting by scale models and sun and sky simulators: A case study for different shading systems. *Building and Environment*, 43(5), 917-927. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.020>
  - Al-Masrani, S. M., & Al-Obaidi, K. M. (2019). Dynamic shading systems: A review of design parameters, platforms and evaluation strategies. *Automation in construction*, 102, 195-216. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.014>
  - Alhuwayil, W. K., Mujeebu, M. A., & Algarny, A. M. M. (2019). Impact of external shading strategy on energy performance of multi-story hotel building in hot-humid climate. *Energy*, 169, 1166-1174. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.069>
  - Baghoolizadeh, M., Rostamzadeh-Renani, M., Rostamzadeh-Renani, R., & Toghraie, D. (2023). Multi-objective optimization of Venetian blinds in office buildings to reduce electricity consumption and improve visual and thermal comfort by NSGA-II. *Energy and Buildings*, 278, 112639. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112639>
  - Bahdad, A., Fadzil, S., Onubi, H., & BenLasod, S. (2022). Multi-dimensions optimization for optimum modifications of light-shelves parameters for daylighting and energy efficiency. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 2659-2676. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03328-9>
  - Bahdad, A. A. S., Fadzil, S. F. S., Onubi, H. O., & BenLasod, S. A. (2021). Sensitivity analysis linked to multi-objective optimization for adjustments of light-shelves design parameters in

<http://www.cibse.org/>

- Costanzo, V., Evola, G., & Marletta, L. (2017). A review of daylighting strategies in schools: State of the art and expected future trends. *Buildings*, 7(2), 41.

<https://doi.org/10.3390/buildings7020041>

- Costanzo, V., Evola, G., Marletta, L., & Panarelli, D. (2017). Static and dynamic strategies for improving daylight use in side-lit classrooms: a case study. *BSA: Bolzano*

[https://www.researchgate.net/publication/317264914\\_Static\\_and\\_dynamic\\_strategies\\_for\\_improving\\_daylight\\_use\\_in\\_side-lit\\_classrooms\\_a\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/317264914_Static_and_dynamic_strategies_for_improving_daylight_use_in_side-lit_classrooms_a_case_study)

- Cremers, J. (2016). Openings in buildings. *Building openings construction manual: windows, vents and exterior doors. Munich: Germany*, 8-11.

<https://doi.org/10.11129/9783955532994-001>

- Datta, G. (2001). Effect of fixed horizontal louver shading devices on thermal performance of building by TRNSYS simulation. *Renewable energy*, 23(3-4), 497-507.

[https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00131-2](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00131-2)

- 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.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109110>

- Dudzińska, A. (2021). Efficiency of solar shading devices to improve thermal comfort in a sports hall. *Energies*, 14(12), 3535.

<https://doi.org/10.3390/en14123535>

- Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). Literature review of the effects of natural light on building occupants.

<http://dx.doi.org/10.2172/15000841>

- Eltaweel, A., & Su, Y. (2017). Controlling venetian blinds based on parametric design; via implementing Grasshopper's plugins: A case study of an office building

response to visual comfort and thermal energy performance. *Journal of Building Engineering*, 44, 102996.

<https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102996>

- Bakmohammadi, P., & Noorzai, E. (2020). Optimization of the design of the primary school classrooms in terms of energy and daylight performance considering occupants' thermal and visual comfort. *Energy Reports*, 6, 1590-1607.

<https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.06.008>

- Bellia, L., Bisegna, F., & Spada, G. (2011). Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions. *Building and Environment*, 46(10), 1984-1992.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.007>

- Bellia, L., Marino, C., Minichiello, F., & Pedace, A. (2014). An overview on solar shading systems for buildings. *Energy Procedia*, 62, 309-317.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.392>

- Calama-González, C. M., Suárez, R., León-Rodríguez, Á. L., & Ferrari, S. (2019). Assessment of indoor environmental quality for retrofitting classrooms with an egg-crate shading device in a hot climate. *Sustainability*, 11(4), 1078.

<https://doi.org/10.3390/su11041078>

- Caldas, L. G., & Norford, L. K. (2002). A design optimization tool based on a genetic algorithm. *Automation in construction*, 11(2), 173-184.

[https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(00\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(00)00096-0)

- Choi, J., Lee, T., Ahn, E., & Piao, G. (2014). Parametric louver design system based on direct solar radiation control performance. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 13(1), 57-62.

<https://doi.org/10.3130/jaabe.13.57>

- CIBSE, K. B. (2011). Lighting Guide 5: Lighting for Education. *Society of Light and Lighting*.

- Kontadakis, A., Tsangrassoulis, A., Doulos, L., & Topalis, F. (2017). An active sunlight redirection system for daylight enhancement beyond the perimeter zone. *Building and Environment*, 113, 267-279.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.029>
- Küller, R., & Lindsten, C. (1992). Health and behavior of children in classrooms with and without windows. *Journal of environmental psychology*, 12(4), 305-317.  
[https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80079-9](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80079-9)
- Lakhdari, K., Sriti, L., & Painter, B. (2021). Parametric optimization of daylight, thermal and energy performance of middle school classrooms, case of hot and dry regions. *Building and Environment*, 204, 108173.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108173>
- Lee, K. S., Han, K. J., & Lee, J. W. (2017). The impact of shading type and azimuth orientation on the daylighting in a classroom—focusing on effectiveness of façade shading, comparing the results of DA and UDI. *Energies*, 10(5), 635.  
<https://doi.org/10.3390/en10050635>
- Lee, S.-W., Leigh, S.-B., Kim, T., Cheong, C. H., & Cho, S. (2019). Cooling energy reduction effect of parallel double-window system operation in residential buildings in South Korea. *Indoor and Built Environment*, 28(5), 636-658.  
<http://dx.doi.org/10.1177/1420326X17707564>
- Lim, Y.-W., Ahmad, M. H., & Ossen, D. R. (2013). Internal shading for efficient tropical daylighting in Malaysian contemporary high-rise open plan office. *Indoor and Built Environment*, 22(6), 932-951.  
<http://dx.doi.org/10.1177/1420326X12463024>
- Lm, I. (2013). Approved method: IES spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE). *Illuminating Engineering Society*.  
[https://webstore.ansi.org/preview-pages/IESNA/preview\\_IES+LM-83-12.pdf?srsId=AfmBOorW\\_SHpLH9Kcwh1g](https://webstore.ansi.org/preview-pages/IESNA/preview_IES+LM-83-12.pdf?srsId=AfmBOorW_SHpLH9Kcwh1g)
- in Cairo. *Energy and Buildings*, 139, 31-43.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.075>
- Eltaweel, A., & Yuehong, S. (2017). Using integrated parametric control to achieve better daylighting uniformity in an office room: A multi-Step comparison study. *Energy and Buildings*, 152, 137-148.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.033>
- EN, B. (2018). 17037: 2018 Daylight in Buildings. *BSI: London, UK*.  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/836e5b91-1eb0-4643-a2ba-7ca5a5988e64/en-17037-2018>
- Gürsel Dino, İ. (2012). Creative design exploration by parametric generative systems in architecture. *METU Journal of the Faculty of Architecture*. 29, 207-224.  
<http://dx.doi.org/10.4305/METU.JFA.2012.1.12>
- Heschong, L., & Mahone, D. (2003). Windows and classrooms: A study of student performance and the indoor environment. *California Energy Commission*, 37(4), 414-435.  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26759.44964>
- Heschong, L., Wright, R. L., & Okura, S. (2002). Daylighting impacts on human performance in school. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 31(2), 101-114.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00994480.2002.10748396>
- Kirimtat, A., Koyunbaba, B. K., Chatzikonstantinou, I., & Sariyildiz, S. (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and sustainable energy reviews*, 53, 23-49.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.020>
- Konstantzos, I., Tzempelikos, A., & Chan, Y.-C. (2015). Experimental and simulation analysis of daylight glare probability in offices with dynamic window shades. *Building and Environment*, 87, 244-254.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.007>

[https://www.researchgate.net/publication/285597746\\_Fragmented\\_Light\\_Shelf\\_Sun\\_protection\\_on\\_system\\_and\\_daylighting\\_optimization](https://www.researchgate.net/publication/285597746_Fragmented_Light_Shelf_Sun_protection_on_system_and_daylighting_optimization)

- Rafati, N., Hazbei, M., & Eicker, U. (2023). Louver configuration comparison in three Canadian cities utilizing NSGA-II. *Building and Environment*, 229, 109939.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109939>

- Reinhart, C. F., & Andersen, M. (2006). Development and validation of a Radiance model for a translucent panel. *Energy and Buildings*, 38(7), 890-904.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.006>

- Reinhart, C. F., & Walkenhorst, O. (2001). Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), 683-697.

[https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00058-5)

- Shi, L., & Chew, M. Y. L. (2012). A review on sustainable design of renewable energy systems. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(1), 192-207.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.147>

- Sjarifudin, F. U., & Justina, L. (2014). Daylight adaptive shading using parametric camshaft mechanism for SOHO in Jakarta. EPJ Web of Conferences.

<http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/20146800037>

- Sun, N., Cui, Y., & Jiang, Y. (2018). Lighting and ventilation-based building sun-shading design and simulation case in cold regions. *Energy Procedia*, 152, 462-469.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.254>

- Suraduhita, P., Setyowati, E., & Prianto, E. (2022). Influence of a facade design on thermal and visual comfort in an elementary school classroom. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

<http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1007/1/012013>

[5iOc6YmWknmCkYDM0dRz13wjeW9fESgJyb2](https://doi.org/10.1016/j.job.2018.03.007)

- Mangkuto, R. A., Feradi, F., Putra, R. E., Atmodipoero, R. T., & Favero, F. (2018). Optimisation of daylight admission based on modifications of light shelf design parameters. *Journal of Building Engineering*, 18, 195-209.

<https://doi.org/10.1016/j.job.2018.03.007>

- Mardaljevic, J., Hescong, L., & Lee, E. (2009). Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research & Technology*, 41(3), 261-283.

<http://dx.doi.org/10.1177/1477153509339703>

- Mirrahimi, S., Ibrahim, N. L. N., & Surat, M. (2013). Effect of daylighting on student health and performance. Proceedings of the 15th International Conference on Mathematical and Computational Methods in Science and Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:8725312>

- 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.

<https://doi.org/10.3390/buildings6030026>

- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38(7), 905-913.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>

- Nocera, F., Lo Faro, A., Costanzo, V., & Raciti, C. (2018). Daylight performance of classrooms in a mediterranean school heritage building. *Sustainability*, 10(10), 3705.

<https://doi.org/10.3390/su10103705>

- Perez, M., Oteiza, P., & Neila, J. (2012). Fragmented Light Shelf: Sun protection system and daylighting optimization. 28th International PLEA Conference. Lima, Perú.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.017>

- Yoon, Y. B., Manandhar, R., & Lee, K. H. (2014). Comparative study of two daylighting analysis methods with regard to window orientation and interior wall reflectance. *Energies*, 7(9), 5825-5846.

<https://doi.org/10.3390/en7095825>

- Yu, X., Su, Y., & Chen, X. (2014). Application of RELUX simulation to investigate energy saving potential from daylighting in a new educational building in UK. *Energy and Buildings*, 74, 191-202.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.024>

- Zemitis, J., Borodinecs, A., Sidenko, N., & Zajacs, A. (2023). Simulation of IAQ and thermal comfort of a classroom at various ventilation strategies. *The 11th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings (IAQVEC2023)*.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339603005>

- Zhang, A., Bokel, R., van den Dobbelsteen, A., Sun, Y., Huang, Q., & Zhang, Q. (2017). Optimization of thermal and daylight performance of school buildings based on a multi-objective genetic algorithm in the cold climate of China. *Energy and Buildings*, 139, 371-384.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.048>

- Ziaee, N., & Vakilinezhad, R. (2022). Multi-objective optimization of daylight performance and thermal comfort in classrooms with light-shelves: Case studies in Tehran and Sari, Iran. *Energy and Buildings*, 254, 111590.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111590>

- Zomorodian, Z. S., & Tahsildoost, M. (2017). Assessment of window performance in classrooms by long term spatial comfort metrics. *Energy and Buildings*, 134, 80-93.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.018>

- Toutou, A., Fikry, M., & Mohamed, W. (2018). The parametric based optimization framework daylighting and energy performance in residential buildings in hot arid zone. *Alexandria engineering journal*, 57(4), 3595-3608.

<https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.04.006>

- Valitabar, M., Moghimi, M., Mahdavinjad, M., & Pilechiha, P. (2018). Design optimum responsive façade based on visual comfort and energy performance. *23rd International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Learning, Prototyping and Adapting*, CAADRIA.

<http://dx.doi.org/10.52842/conf.caadria.2018.2.093>

- Wagdy, A., & Fathy, F. (2015). A parametric approach for achieving optimum daylighting performance through solar screens in desert climates. *Journal of Building Engineering*, 3, 155-170.

<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2015.07.007>

- Wang, S., Liu, Y., Cao, Q., Li, H., Yu, Y., & Yang, L. (2021). Applicability of passive design strategies in China promoted under global warming in past half century. *Building and Environment*, 195, 107777.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107777>

- Wienold, J. (2009). Dynamic daylight glare evaluation. *eleventh international IBPSA conference*, Glasgow, Scotland.

<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:18376494>

- Wienold, J., & Christoffersen, J. (2005) Towards a new daylight glare rating. *10th European Light Congress*, Germany: Berlin.

[https://www.researchgate.net/publication/313608753\\_Towards\\_a\\_new\\_daylight\\_glare\\_rating](https://www.researchgate.net/publication/313608753_Towards_a_new_daylight_glare_rating)

- Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), 743-757.

نحوه ارجاع به مقاله:

حسین پور، فاطمه، حاتمیان، محمدرضا، و سبزویشانی، مجید. (۱۴۰۴). بررسی تأثیر آسایش بصری سامانه‌های سایبان در جبهه جنوبی کلاس‌های درس مدارس تهران. توسعه پایدار شهری، ۶(۱۹)، ۱۰۵-۱۲۵.

 DOI: <https://doi.org/10.22034/usd.2025.2041085.1290>

 DOR: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.27170128.1404.6.19.6.1>

URL: [https://usdjournals.daneshpajooohan.ac.ir/article\\_725064.html?lang=fa](https://usdjournals.daneshpajooohan.ac.ir/article_725064.html?lang=fa)



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by Daneshpajooohan Pishro Higher Education Institute. This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)