



Redesign of industrial heritage building with the approach of optimizing daylight efficiency and visual comfort

ARTICLE INFO

Article Type

Analytic Study

Authors

Zahra Shirzadnia¹
Afsane Zarkesh²

How to cite this article

Shirzadnia Z, Zarkesh A, Redesign of industrial heritage building with the approach of optimizing daylight efficiency and visual comfort ,2023 september 23, 13(2):104-124
<https://doi.org/10.1.23224991.1402.13.2.65>

1. Master of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.*

*Correspondence

Address: Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran..

Email :zarkesh@modares.ac.ir

Phone:

Article History

Received: 2023/01/28

Accepted:2023/04/27

Published:

ABSTRACT

Introduction: Reuse of heritage buildings is the best strategy to preserve the building. The lack of attention to industrial heritage buildings compared to other heritage buildings has caused their destruction, while due to its huge scale, it can be used appropriately. In addition, these buildings usually do not provide daylight standards for health and productivity.

Aims: The main goal is to analyze the current state of the daylight and find solutions to reduce glare and optimal use of daylight instead of artificial light.

Methods: The case study is the research on the building of the old steam boiler in the Ghaemshahr textile factory complex in Mazandaran province. Building modeling is done with Rhino and Grasshopper, and daylight is simulated in Honeybee and Ladybug plugins based on Radiance. The design parameters of the shading system for horizontal and vertical louvres have been examined in order of the width of the blades, the distance between them and the angle, and the width has been considered for the frame. These parameters are examined by manual optimization method. With scrutinizing and validation, it leads to a better selection of shading system for better productivity.

Findings: With the aid of shading systems, it is possible to reduce glare and have enough daylight in the space. Among the shadings, the vertical louvre reports the greatest effect in reducing glare.

Conclusion: The result is presented as a design guideline for industrial heritage buildings in a humid subtropical climate so that the building can be reused with minimal intervention

Keywords: daylight, industrial heritage, daylight performance simulation, vertical louvre, adaptive reuse, visual comfort

CITATION LINKS

[1] Bottero M, D'Alpaos C, Oppio A. Ranking of... [2] Yazdani Mehr S. Analysis of 19th...[3] oyal Australian Institute of Architects... [4] Mısırlısoy D, Günçe K. Adaptive reuse... [5] Todorović MS, Ećim-Crossed D ... [6] Galatioto A, Ciulla G, Ricciù R. An overview ...[7] Rani Prihatmanti a*and Azizi ...[8] Alessandro Lo Faro & Francesco Nocera... [9] Troi A, Bastian Z. Energy Efficiency ...[10] Pellegrino A, Cammarano S, Savio V. Daylighting ...[11] Yu X, Şu Y. Daylight availability...[12] ASHRAE 100-2018 Standard 100-2018 Energy Efficiency in...[13] El-Abd W, Kamel B, ...[14] Stojković M, Pucar M, Krstić-Furundžić A. ...[15] Acosta I, Varela C, Molina JF, Navarro J ...[16] Bakmohammadi P, Noorzai E. Optimization...[17] Talip MS, Shaari MF, Ahmad SS ... [18] Zomorodian ZS, Tahsildoost M...[19] Fang Y, Cho S. Sensitivity ...[20] Kaya SM, Afacan Y. Effects of daylight ... [21] Baker J. The 1994 CIBSE...[22] Al-Sallal KA, AbouElhamd AR, ... [23] Wilson M. Lighting in museums: Lighting ...[24] Maria YS, Prihatmanti R. ... [25] Nocera F, Lo Faro A, Costanzo V, Raciti C...[26] Eltaweel A, Su Y. Controlling venetian blinds ...[27] Motamedi S, Liedl P. Integrative ...[28] Roudsari MS, Pak M, Smith A. ...[29] Kharvari F. An empirical validation...[30] Pompei L, Spiridigliozzi G, ...[31] Goharian A, Mahdavejad M. A ...[32] Goharian A, Daneshjoo K, Yeganeh M...[33] Ghasri M, Maghrebi M, Rashidi TH, ...[34] Rafati N, Hazbei M, Eicker U. ...[35] Yi YK. Building facade multi-... [36] Zhao J, Du Y. Multi-objective ...[37] Kim H-J, Yang C-S, Moon HJ. ...[38] Manzan M, Clarich A. FAS,...[39] Xue Y, Liu W. A Study on... [40] De Luca F, Sepúlveda A... [41] Carlucci S, Causone F, ... [42] Reinhart CF, Walkenhorst O. ...[43] America IES of N:...[44] Dangol R, Islam MS, Hyvärinen ...[45] Ratcliffe M, Day T. Improving office ...[46] Olbina S, Beliveau Y. Developing a transparent ...[47] Shirzadnia Z, Goharian ... [48] Reinhart CF, Mardaljevic J, Rogers Z. Dynamic,... [49] Goharian A, Mahdavejad M... [50] Goia F. Search for the optimal window ... [51] LM I. Approved method: IES ... [52] Wienold J, Christoffersen J. Evaluation methods ...[53] Hirning MB, Isoardi GL, Coyne S... [54] Costanzo V, Evola G, Marletta L, Pistone ...[55] Deroisy B, Deneyer A. A new standard for daylight ... [56] CEN European Daylight Standard ... [57] Council USGB. LEED v4 for building ...[58] Rogers Z, Goldman D. Daylighting metric development...[59]<https://floyd.lbl.gov/radiance...>[60]<https://www.radiance...>

مقدمه

میراث بخاطر ارزش فرهنگی و تاریخی یک تمدن، مهم شناخته می‌شود (۱) در دوره‌ی معاصر روش سازگار سازی تطبیقی به‌عنوان بهترین استراتژی برای بناهای میراثی معرفی شده است. (۲) اما سازه این نوع ساختمان عملکرد اصلی خود را از دست داده است. بعضی از سازمان‌ها شاخص‌های استاندارد برای تغییر مدیریت آنان پیشنهاد کرده‌اند، مانند نگهداری از بناهای میراثی برای عملکردی جدید. (۳) به‌علاوه این پیشنهاد نیاز به ساخت‌وساز جدید را کاهش می‌دهد.

سایت‌های صنعتی بخاطر عدم اهمیت به این نوع بناها به نسبت بناهای میراثی دیگر، در معرض تخریب قرار دارند. هرچند آنان برای معماری و سازه خاص شان به همان نسبت فضاهای بزرگی که پوشش می‌دهند، برای استفاده‌ی دوباره پیشنهاد شده‌اند.

تشخیص فاکتورهایی برای دستیابی به پروژه‌های سازگار سازی تطبیقی موفق در نظر گرفته شده‌اند (۴) مانند شناخت فاکتورهای دید برای استفاده در آینده، بررسی بافت موجود و پیدایش منطقه‌ی مورد نیاز، دسته‌بندی انواع حفاظت، ارزیابی پتانسیل سازگار سازی تطبیقی و تصمیم‌گیری در مورد استفاده‌ی مجدد. علاوه بر آن محدودیت‌هایی برای طراحان بابت اضافه کردن عناصری جدید به بناهای میراثی وجود دارد. مطالعات متعددی در مورد بررسی استراتژی‌های استفاده‌ی مجدد از این بناها در حوزه‌ی انرژی و استفاده‌ی مجدد سبز (۵)، (۶) انجام شده اما مطالعات محدودی در مورد استراتژی آسایش بصری این بناها انجام شده است. رانی پریهاتمانتی بیان کرد که میزان نور داخلی در این نوع بناها مانند خیرگی زیر حد استاندارد برای کار در ادارات هست (۷). بنابراین، شیوه استفاده مجدد تطبیقی نامناسب بر رضایت بصری سرنشینان تأثیر می‌گذارد و بهره‌وری عملکرد کاری را کاهش می‌دهد. حل مسائل نور روز در ساختمان‌های جدید، به دلیل ارزش‌های فرهنگی آنان به‌مانند بناهای میراثی نیست، به

باز طراحی میراث صنعتی با رویکرد بهینه‌سازی بهره‌وری نور روز و آسایش

بصری

زهرا شیرزادینیا^۱، افسانه زرکش^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری،

دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه

تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

مقدمه: استفاده دوباره از بناهای میراثی بهترین استراتژی برای حفظ آن می‌باشد. عدم توجه به بناهای میراث صنعتی به نسبت بناهای میراثی دیگر سبب تخریب آنان شده است در حالیکه با مقیاس عظیم آن می‌توان کاربری متناسب داد. به‌علاوه این بناها معمولاً استانداردهای نور روز را برای سلامت و بهره‌وری فراهم نمی‌کنند.

اهداف: واکاوی وضعیت نور روز و چاره‌اندیشی برای کاهش خیرگی و استفاده بهینه از نور روز به جای نور مصنوعی می‌باشد.

ابزار و روش‌ها: مطالعه موردی، ساختمان دیگ بخار قدیم در مجموعه کارخانه نساجی قائمشهر در استان مازندران است. مدل‌سازی ساختمان با راینو و گرسه‌پایر انجام شده و نور روز در پلاگین هانی بی و لیدی باک براساس رادیانس شبیه‌سازی شده است. پارامترهای طراحی سایبان پنجره برای لوور افقی و عمودی به ترتیب پهنای تیغه‌ها، فاصله‌ی بین آنان و زاویه مورد بررسی قرار گرفته و برای قاب، پهنای، در نظر گرفته شده است. این پارامترها به روش بهینه‌سازی دستی مورد بررسی قرار گرفته و با بررسی دقیق و اعتبار سنجی به انتخاب بهتر سایبان برای بهره‌وری هر چه بهتر می‌انجامد.

یافته‌ها: به کمک سیستم‌های سایبان می‌توان به کاهش خیرگی و هم‌زمان وجود نور کافی در فضا دست‌یافت. از میان سایبان‌ها لوور عمودی بیشترین تأثیر را در کاهش خیرگی گزارش می‌دهد.

نتیجه‌گیری: نتیجه به‌عنوان راهنمای طراحی برای ساختمان‌های میراث صنعتی در اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب ارائه می‌شود تا با کمترین مداخله بتوان از بنا استفاده‌ی دوباره کرد.

کلمات کلیدی: نور روز، میراث صنعتی، شبیه‌سازی نور روز، لوور عمودی، استفاده مجدد تطبیقی، آسایش بصری

همین دلیل تضمین آسایش بصری، درک بصری فضای داخلی و کاهش تقاضای انرژی مهم است. (۸)

نور روز کافی در فضاهای داخلی برای درک جزئیات بسیار مهم است (۹). علاوه بر این، اثرات نور روز بر سلامت جسمی و روانی در محیط‌های ساخته شده مورد توجه پژوهشگران است. آن‌ها همچنین مقابله بهتر با استرس را از دیگر اثرات مثبت گزارش می‌دهند (۱۰). نتایج نشان داد که نور روز می‌تواند نیاز به نور مصنوعی را کاهش دهد، به‌ویژه زمانی که کنترل‌کننده‌های نور روز با نور مصنوعی مرتبط هستند. (۱۱) همچنین استاندارد انسی / اشری / آی ای اس ۲۰۱۸-۱۰۰ (ANSI/ASHRAE/IES 100-2018) (۱۲). بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های موجود، نصب نورگیر را برای کاهش استفاده از روشنایی الکتریکی و تأمین نور روز در فضاها پیشنهاد کرد. العبد و دیگران روشی برای ارزیابی طراحی نورگیر برای دستیابی به عملکرد نور روز و تابش خیره کننده با توجه به رفتار روانشناختی بازدیدکنندگان ارائه کرد که به آن‌ها اجازه می‌دهد تمام فضاها را به طور یکسان کاوش کنند. (۱۳)

نگهداری پوسته خارجی بدون مداخله در آن، در ساختمان‌های صنعتی یک محدودیت است. این مطالعه نشان می‌دهد که عملکرد سایه‌بان خارجی یا سیستم تغییر جهت نور به خوبی انجام نمی‌شود زیرا سیستم اضافه شده، نمای ساختمان را تغییر می‌دهد. مناسب‌ترین راهبرد، انتخاب سطوح داخلی برای افزایش نور روز در ساختمان‌های دارای فضاهای عمیق صنعتی است. این امر توسط نور سقف و آتریوم یا حیاط اعمال می‌شود (۱۴). آکوستا و همکاران روشی را برای پی بردن ضریب نور روز

(DF= Daylight Factor) برای برخی نقاط در حیاط مستطیلی یا آتریوم بر اساس هندسه متغیر و بازتاب سطوح داخلی ارائه کردند (۱۵). در مطالعه‌ی دیگر، نورگیرها و پنجره‌ها از نظر عوامل فیزیکی برای هدایت یا مزاحمت نور روز مانند نسبت نورگیر به طبقه (SFR)، ابعاد، نسبت پنجره به دیوار (WWR) و چیدمان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند

(۱۰)، (۱۶). تالیپ ام اس و همکاران دریافتند که ترکیبی از پارامترهای نور روز برای رفاه سرنشینان مناسب است. قابل‌قبول‌ترین گزینه WWR مقدار ۳۰ درصد به کمک سیستم سایه‌بان بود (۱۷). زمردیان و همکاران روشی را برای ارزیابی پیکربندی پنجره مانند نسبت پنجره به دیوار، جهت‌گیری، خواص لعاب و سایه بان‌ها از نظر آسایش بصری و حرارتی معرفی کردند و در شرایط آب و هوایی تهران آزمایش شد (۱۸). فانگ و همکاران تجزیه و تحلیل مورد استفاده برای رتبه‌بندی متغیرهای طراحی ساختمان بر اساس نتایج UDI (Energy Use) و EUI (Intensity) را گزارش کردند (۱۹). بهترین گزینه طراحی برای نورگیر، نسبت نورگیر ۳ درصد، میزان فاصله نورگیر از محیط سقف، عمق کوچک ساختمان، ارتفاع کم حاشیه‌ی دور نورگیر، نورگیرهای بزرگ در شمال و جنوب و نورگیرهای کوچک در شرق و غرب است. پژوهشگران دیگر متوجه شدند که برخی از جنبه‌های طراحی برای ارتقای راحتی بصری مانند اندازه پنجره، فاصله پنجره از پارتیشن‌ها یا نمایشگرها باید در نظر گرفته شوند و دیگری جلوگیری از تابش خیره‌کننده منافذ مانند پنجره‌ها و نورگیرهای سقفی است. (۲۰)

اهداف و انگیزه

یک ساختمان میراث صنعتی برای سازگار سازی کاربری جدید، واقع در قائمشهر، استان مازندران، ایران که قبلاً به‌عنوان دیگ بخار فعال بود، مورد مطالعه قرار گرفته است. این ساختمان به عنوان دفتر اداری با توجه به موقعیتش پیشنهاد شده است. بنابراین، ملاحظات ویژه در نور روز باید ارزیابی شود تا استانداردهای حفاظت و بهره‌وری را برآورده کند (۲۱). همان‌طور که قبلاً ذکر شد، تأمین نور روز مناسب برای دستیابی به استانداردها دشوار است. (۲۰ و ۲۲) (۲۳)

با توجه به حساسیت کار بر روی ساختمان میراثی، استفاده از قفسه‌های نوری (light shelves)، پرده‌ها (blinds)، پیکربندی سقف (ceiling configuration)، به‌عنوان

اساس رادیانس (Radiance) نور روز شبیه‌سازی شده و پارامترهای طراحی سایبان پنجره‌ها برای لوور افقی و عمودی به ترتیب پهنای تیغه‌ها، فاصله‌ی بین آنان و زاویه مورد بررسی قرار گرفته و برای پارامتر دیگر، قاب، پهنای در نظر گرفته شده است. این پارامترهای به روش بهینه‌سازی دستی مورد بررسی قرار گرفته و سپس با بررسی دقیق و اعتبارسنجی به کمک DGP سالیانه به انتخاب بهتر سایبان نما برای بهره‌وری هر چه بهتر عملکرد کارکنان خواهد رسید. (شکل ۱)

استراتژی‌های مهم نور روز شناخته می‌شوند زیرا نمای اصلی را تخریب نمی‌کنند (۲۴، ۲۵). کرکره اتوماتیک می‌تواند نور روز مناسب یک ساختمان جنوبی را تأمین کند و با صرفه‌جویی در مصرف برق، در مصرف انرژی روشنایی، انرژی سرمایش و گرمایش صرفه‌جویی کند. (۲۶)

هدف اصلی این پژوهش واکاوی و بررسی وضعیت نور روز و سپس چاره‌اندیشی برای نبود خیرگی و استفاده حداکثری و بهینه از نور روز به جای نور مصنوعی در عملکرد جدید اداری می‌باشد که به کمک پلاگین‌های هانی بی (Honeybee) و لیدی باگ (Ladybug) ورژن ۱.۵.۰ بر



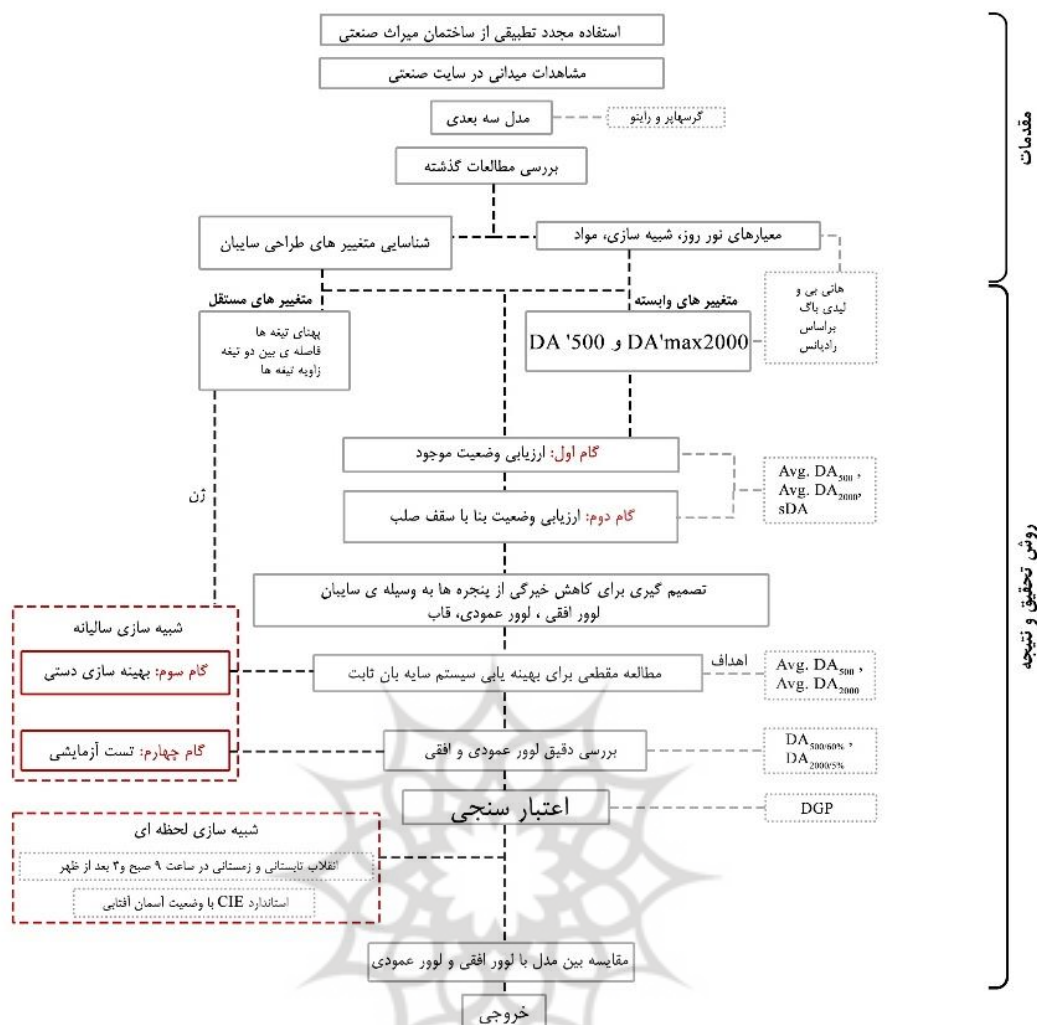
شکل ۱. چارچوب هدف تحقیق

۲. روش تحقیق

تحقیق پیشنهادی نور روز را در نمونه موردی موردنظر ارزیابی می‌کند، سپس یک مدل بهینه برای بنای میراث صنعتی از طریق مراحل زیر تعریف می‌شود: (۱) در نظر گرفتن متغیرهای سایبان؛ لوور افقی و عمودی و قاب. (۲) تنظیم پارامترهای بهینه‌سازی دستی (Manually Optimization)؛ به روش تگرفتن تست‌های متعدد توسط کاربر گفته می‌شود. مانند DA '500 و DA'max2000 (۳) پیشنهاد راه‌حل بهینه (۴) ارائه دستورالعمل طراحی برای طراح معماری. نمودار روش تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

در واقع این پژوهش یک رویکرد جدید برای استفاده دوباره از بناهای میراثی صنعتی با رویکرد نور روز بدون مداخله در جداره‌ها واقع در اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب (Cfa) ارائه می‌دهد که مراحل زیر را در بر دارد؛

- ارزیابی وضعیت موجود از نظر عملکرد نور روز
- ارزیابی بنا با سقف صلب
- بررسی سایبان‌هایی با کمترین مداخله در نما؛ لوور افقی، لوور عمودی (داخل فضا)، قاب (بیرون فضا)
- ارائه سایبان مناسب



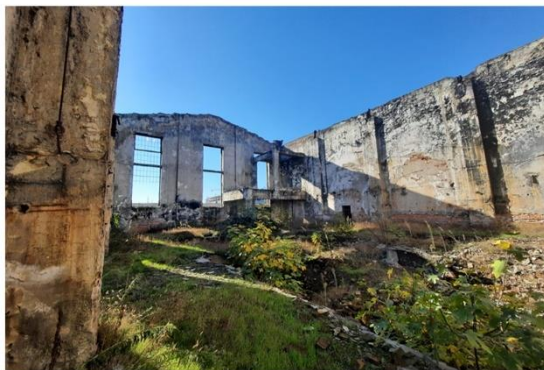
شکل ۲. نمودار روش تحقیق

۱.۲. مطالعه موردی

(تولید نخ پنبه)، بافندگی، رنگرزی و فروش به بازار انجام می‌شده است.

این کارخانه‌ها نیز مانند بسیاری دیگر از برندهای ملی در کشور ۱۵ سال پیش با افت مواجه شدند. با توجه به مسائل زیست‌محیطی که آن‌ها با آن مواجه شدند، بهترین راه برای استفاده از برخی از ساختمان‌ها، استراتژی‌های استفاده مجدد تطبیقی به‌جای ساختن ساختمان جدید است. ساختمان دیگ بخار یکی از آن‌هاست که تخریب آن از قبیل ریزش کل سقف و قسمتی از طبقه اول گزارش شده است. (شکل ۳)

کارخانه نساجی شماره یک قائمشهر یکی از اولین و قدیمی‌ترین کارخانه‌های نساجی کشور است که توسط مهندسان آلمانی در زمان رضاشاه پهلوی در قائمشهر مازندران ساخته شد. این کارخانه در عرض جغرافیایی ۳۶.۴۶۵۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲.۸۶۵۴ درجه شرقی واقع شده است. ساخت کارخانه در سال ۱۳۰۷ شمسی (به مساحت ۶۵۷۹۵۴۳۶ مترمربع) در مرکز شهر آغاز شد. خیابان اصلی و راه‌آهن سراسری در دو طرف آن قرار دارد. نساجی قائمشهر قطب نساجی کشور دارای سه شعبه بزرگ بوده است. تولید هر یک از پارچه‌ها شامل ریسندگی



طبقه اول فروریخته

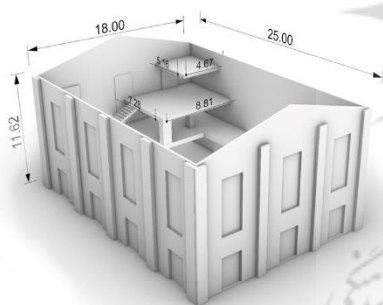


وضعیت همسایگی

شکل ۳. وضعیت ساختمان دیگ بخار بدون سقف و طبقه اول فروریخته (منبع: نویسندگان، ۲۰۲۱).

است. منطقه آسیب‌دیده در هر سطح متفاوت است، مساحت طبقه اول ۳۲۱.۳۹ مترمربع، مساحت طبقه دوم ۶۳.۳۹ مترمربع و مساحت طبقه سوم ۲۴.۳۰ مترمربع است. طبقه همکف در این مطالعه در نظر گرفته نشد (جدول ۱).

با هدف تغییر کارکرد اصلی و با توجه به حساسیت بنای میراثی، از آنجایی که تغییر پنجره‌ها و ضخامت دیوارها امکان‌پذیر نیست، بر اساس مطالعات قبلی، پیکربندی پنجره به کمک سایبان برای افزایش عملکرد نور روز انتخاب شده



شکل ۴. مدل

جدول ۱. ویژگی‌های پیکربندی ساختمان

ابعاد	
ابعاد ساختمان (متر مربع)	۱۸×۲۵ متر مربع
محیط آتریوم (طبقه اول فروریخته) (متر)	۴۸.۱۴۳ متر
مساحت ساختمان (متر مربع)	طبقه ی اول: ۳۲۱.۳۹ متر مربع طبقه ی دوم: ۶۳.۳۹ متر مربع طبقه ی سوم: ۲۴.۳۰ متر مربع
تعداد پنجره (بدون طبقه همکف)	۱۰
ابعاد پنجره	۲×۵ مترمربع
ابعاد سرپوش سقف	۱۸×۲۵ متر مربع

۲.۲. نرم‌افزار

مدل‌سازی تغییر در گرسه‌پا در ساخت عملکرد شبیه‌سازی پارامتریک می‌شود که با حداقل درصد خطا انجام می‌شود. (۳۱ و ۳۲)

علت استفاده از افزونه لیدی باگ به نسبت سایر ابزارها بخاطر وارد کردن فایل‌های آب‌وهوایی استاندارد انرژی پلاس (EPW) در گرسه‌پا است و تنوعی از گرافیک دو بعدی و سه‌بعدی طراحی تعاملی را برای پشتیبانی فرایند تصمیم‌گیری در طول طراحی فراهم می‌کند. همچنین فرایند تحلیل را آسان می‌کند و محاسبات را خودکار کرده و به آن

ساختمان دیگ بخار به صورت پارامتریک با گرسه‌پا و راینو مدل‌سازی شده (شکل ۴) و نور روز در پلاگین‌های هانی بی و لیدی باگ با ورژن به‌روزرسانی آن ۱.۵.۰ بر اساس رادیانس شبیه‌سازی شده است (۲۷، ۲۸). موتور مبتنی بر درخشندگی (Radiance) دقیق‌ترین روش محاسبه ردیابی اشعه مونت کارلو را به سمت عقب

(Monte Carlo ray-tracing backward) انجام می‌دهد (۲۹). توسط IES-VE به کار گرفته شد که به‌عنوان ابزار منبع باز امکان نمایش گرافیکی را فراهم می‌کند. (۳۰) امکان

زیست‌محیطی و پشتیبانی در تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوایی است. (۲۸)

اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب (Cfa) وضعیت آب‌وهوای قائمشهر بر اساس طبقه‌بندی کوپن-گیگر است. داده‌های آب‌وهوای مورد استفاده در شبیه‌سازی در جدول ۲ نشان داده شده است. اطلاعات آب‌وهوا از سایت اطلاعات انرژی پلاس آب‌وهوا (Epw) به دست آمده است. (۳۳)

سرعت می‌بخشد. همچنین کاربران می‌توانند از موتورهای معتبر انرژی و نور روز مثل انرژی پلاس (EnergyPlus)، رادیانس و دیسیم (Daysim) استفاده کنند. توسعه‌ی آن منبع باز و رایگان قابل اجرا است و کاربران می‌توانند براساس نیاز خود در منبع کدنویسی آن مشارکت کنند. قابلیت این ابزار نسبت به ابزارهای دیگر در ارائه‌ی طیف وسیعی از مطالعات

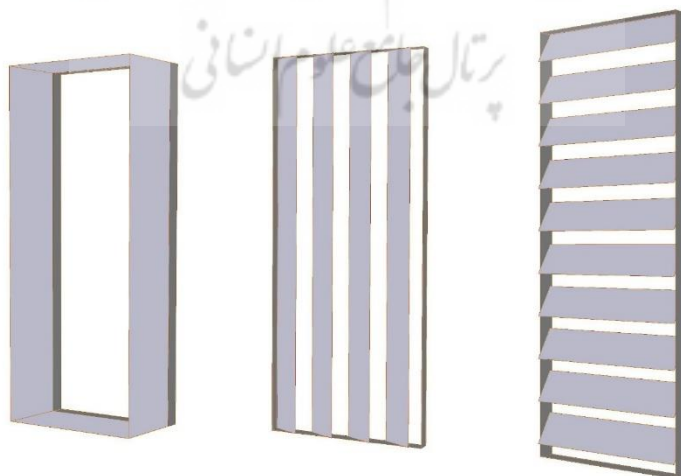
جدول ۲. اطلاعات آب‌وهوا

پارامتر	مقدار		میانگین
	حداقل	حداکثر	
Direct normal radiation (Wh/m ²)	0	857	148.46
Diffuse horizontal radiation (Wh/m ²)	0	486	84.66
Total sky cover (tenth)	0	10	6.85

۲.۳. طراحی پارامتریک پیکربندی سایه‌بان

بین آنان و زاویه و برای قاب، پهنا در نظر گرفته می‌شود. درحالی‌که فاصله آنان از دیوار پارامتری ثابت هست. انتخاب آن‌ها بر اساس مرور ادبیات مطالعه (۳۴-۴۰) است. جدول ۳ متغیرهای شبیه‌سازی و تعداد مقادیر برای هر یک را نشان می‌دهد. (شکل ۵)

طراحی پارامتریک پیکربندی سایه‌بان با مداخله محدود برای حفظ نما در نظر گرفته شده است. معماران می‌توانند برخی از پارامترهای سایه‌بان را برای دستیابی به طراحی بهینه دستکاری کنند. پارامترهای طراحی سایبان پنجره‌ها برای لوور افقی و عمودی به ترتیب پهنای تیغه‌ها، فاصله‌ی



شکل ۵. از راست ب چپ: لوور افقی، لوور عمودی، قاب

۲.۴. معیارهای نور روز، شبیه‌سازی، مواد

پس از ارائه مدل موردنظر و تعیین پارامترهای طراحی، لازم است شاخص‌های نور روز به‌عنوان متغیرهای وابسته ارزیابی شوند. در سال‌های اخیر، معیارهای پویا نور روز مانند sDA (spatial Daylight Autonomy)، ASE (Annual Sunlight Daylight Autonomy) و Useful daylight illuminance (UDI Exposure) به کار گرفته شده‌اند، درحالی‌که برای تابش خیره‌کننده اغلب از DGP (Daylight Glare Probability) به‌عنوان شاخص ارزیابی خیرگی استفاده می‌کنند. عملکرد نور روز از طریق معیارهای DA ارزیابی می‌شود. درحالی‌که افزایش DA در فضا که به معنای بهبود سطح روشنایی است، مقادیر بالای آن می‌تواند آسایش بصری را بدون کنترل نفوذ نور روز مختل کند. بنابراین عاملی حیاتی است که باید به آن توجه کرد.

DA'500: کفایت نور روز یک شاخص بلندمدت، یک‌طرفه و محلی است (۴۱) که به‌عنوان درصدی از ساعات اشغال سال که حداقل آستانه روشنایی با نور روز برآورده می‌شود تعریف می‌شود (۴۲). این شاخص با مقدار آستانه مشخصی همراه نیست. سطوح روشنایی یک موضوع مهم در ساختمان است که برای یک کار خاص مانند یک دفتر عمومی موردنیاز است. طبق استاندارد IESNA میزان روشنایی تقاضا برای کارهای اداری ۳۰۰ تا ۵۰۰ لوکس است (۴۳). دنگول، آر و همکاران پی بردند که کارگران سطح روشنایی ۵۰۰ لوکس را به جای ۳۰۰ لوکس ترجیح می‌دهند (۴۴). دیگران پیشنهاد کردند که آستانه را در ۵۰۰ لوکس محدود کنند (۴۵-۴۷).

DA'max2000: همان‌طور که مشخص است، ارائه مقدار زیاد روشنایی می‌تواند منجر به اختلال در آسایش بصری شود. راینهارت و همکاران محدودیت عملکرد نور روز بین

۱۰۰

تا ۲۰۰۰ لوکس مفید است (۴۸). بنابراین بیش از ۲۰۰۰ لوکس باعث ناراحتی بصری می‌شود. (۴۹ و ۵۰) یک شاخص بلندمدت، ناحیه‌ای و یک‌طرفه است که میزان نور طبیعی را ارزیابی می‌کند (۴۱). درصد نقاط یک منطقه تجزیه و تحلیل که آستانه افقی ۳۰۰ لوکس را برای حداقل ۵۰ درصد از ساعات اشغال شده برآورده می‌کند (۵۱). در این مطالعه، با ۵۰ DA و ۵۰۰ لوکس آستانه روشنایی کفایت نور روز در نظر گرفته شده است.

DGP: شاخص DGP که توسط یان وینولد (Jan Wienold) و ینس کریستوفرسن (Jens Christoffersen) در سال ۲۰۰۶ برای تأثیر کنتراست و تابش خیره‌کننده پیشنهاد شد (۵۲، ۵۳). به‌عنوان احتمال ناراحتی بینایی ناشی از نور مستقیم خورشید یا روشنایی زیاد منبع نور مصنوعی با درصد زمان یا مکان در محدوده بین ۲۰٪ تا ۸۰٪ تعریف می‌شود.

نامحسوس ($DGP < 35\%$) قابل‌درک ($35\% \leq DGP < 40\%$)، آزاردهنده ($40\% \leq DGP < 45\%$)، غیرقابل‌تحمل ($DGP \geq 45\%$) استاندارد EN 17037 برای محافظت در برابر تابش نور در فضاهای داخلی توصیه می‌کند که DGP در بیش از ۵٪ زمان اشغال از ۴۵ DGP % تجاوز نکند (۵۵، ۵۶).

این مطالعه نشان می‌دهد نقاط شبکه سنسور ۲.۰×۲.۰ و میزکار ۰.۷۶ متر برای ساختمان اداری می‌باشد (۵۷). با توجه به عملکرد جدید، برنامه اشغال فضای اداری در ایران بدون زمان استراحت از ساعت ۸ صبح تا ۱۶ بعدازظهر در نظر گرفته شده است. تنظیم تابش بر اساس ردیابی پرتو در جدول ۵ آمده که پارامترهای رادیانس شامل بازتاب محیط (ab)، تقسیم محیطی (ad)، نمونه محیطی (as)، دقت محیط (aa) و رزولوشن محیط (ar) است. [۵۷، ۵۸] همچنین بازتاب مواد داخلی در جدول ۶ آمده است.

جدول ۳. طراحی پارامتریک پیکربندی سایبان

قاب	لوور عمودی	لوور افقی	پهنا
۰.۱-۱	۰.۱-۱	۰.۱-۱	تعداد تیغه ها
-	۳-۴ (بسته به باقی پارامترها متغیر است.)	۱۳ و ۱۰ (بسته به باقی پارامترها متغیر است.)	فاصله ی بین دو تیغه
-	۰.۴-۱	۰.۴-۱	فاصله ی تیغه از جداره
-	۰.۰۳	۰.۰۳	زاویه
-	۰-۹۰ (هر ۱۰ درجه)	۰-۹۰ (هر ۱۰ درجه)	

جدول ۴. خلاصه شاخص های نور روز مورد استفاده در این پژوهش

منبع	هدف	قابل قبول	پارامتر	شاخص نور روز
(45,47,58)	-	60%	>500 lx	DA'500
(48,49)	-	حداکثر 5%	>2000 lx	DA'max2000
(51,57)	حداقل ۵۵% فضا	حداقل ۵۵% فضا ۲ امتیاز =	500 lx / 50%	sDA
(56)	DGP < 40%	DGP < 45%	20% - 80%	DGP

جدول ۵. پارامتر رادیانس

پارامتر													
ab	ad	ar	as	c	dc	dp	dr	ds	dt	lr	lw	ss	st
3	500	300	128	1	0.2	64	0	0.5	0.5	4	2e-	0.0	0.8
	0				5						06		5

جدول ۶. متریکال رادیانس

متریکال رادیانس						
سطوح	نوع شناسه	ویژگی های نوری				
		Reflectance	Transmittance	Specularity	Roughness	
ساختمان	دیوار	Plastic brick	۰.۳۶	0.3	0.383	0.6

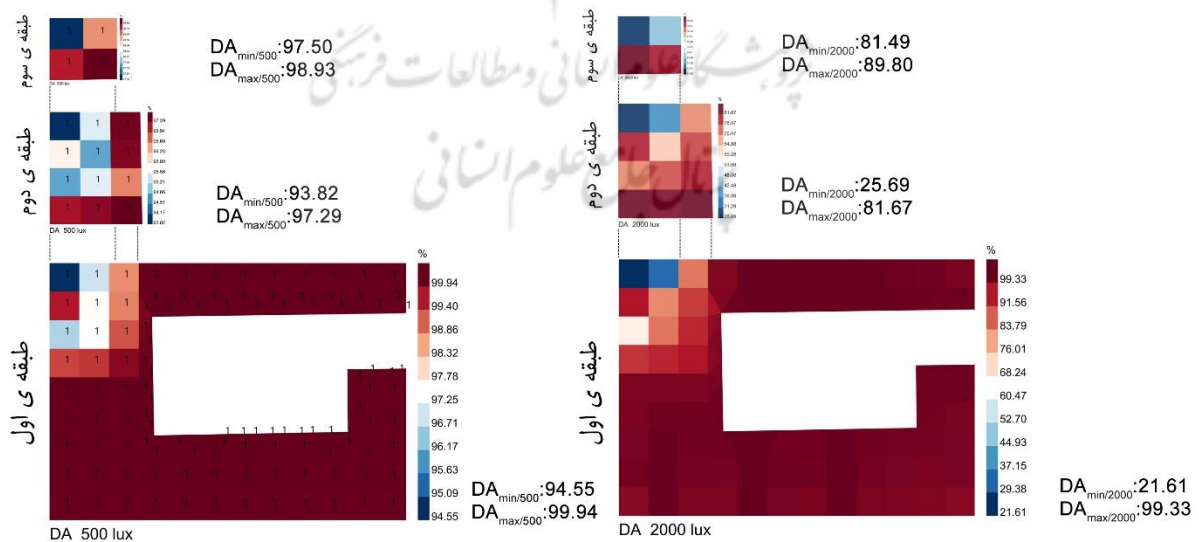
کف	Plain concrete	0.3	-	0	0
در	light wood color	0.5	-	0.3	0.2
پنجره	Simple glass	~0.96	0.88	-	-
سقف	Galvanized Steel - Medium	0.6	-	0.3	-

نتایج و بحث

در این مطالعه، هدف اصلی بررسی خیرگی بنا از طریق ده پنجره‌ی سرتاسری در طبقه‌ی اول می‌باشد. روش تحقیق ابتدا به بررسی وضعیت موجود می‌پردازد سپس با فرض داشتن سقف صلب به بررسی میزان خیرگی در نواحی نزدیک پنجره‌ها پرداخته می‌شود. در مرحله‌ی بعد سه نوع سایبان پنجره پیشنهاد داده و تأثیر هر پارامتر بر شاخص‌های نور روز بررسی می‌شود. در نهایت با مقایسه‌ی همه‌ی پارامترهای سایبان، سایبان با خیرگی کمتر پیشنهاد داده می‌شود. برای اعتبار سنجی نیز به کمک DGP به بررسی خیرگی در نواحی نزدیک پنجره‌ها پرداخته و نمونه‌ی پیشنهادی بررسی می‌شود.

۳.۱. مرحله اول: ارزیابی وضعیت فعلی

افزایش نور روز در فضا بدون خیرگی منجر به استفاده از شاخص‌های متناقض به‌عنوان اهداف DA 500/60% و DA 2000/5% برای تجزیه و تحلیل می‌شوند. می‌توان دریافت که مقدار متوسط (DA500%) برای هر سطح بیش از ۹۹٪ هست که بالای آستانه ۶۰٪ است. در ادامه، مقدار 100 DA500/55% درصد هست یعنی ۱۰۰٪ فضایی که در آن نور روز حداقل ۵۰٪ ساعات اشغال‌شده را به ۵۰۰ لوکس می‌رساند، درحالی‌که مقدار متوسط (DA'200 (% بالاتر از حداکثر ۵٪ است. همان‌طور که مشخص است مقادیر بالای DA می‌تواند راحتی بصری را مختل کند. (جدول ۷) و (شکل ۶)



شکل ۶. بررسی وضعیت موجود با شاخص‌های DA500 و DA2000

جدول ۷. میزان درصد DA

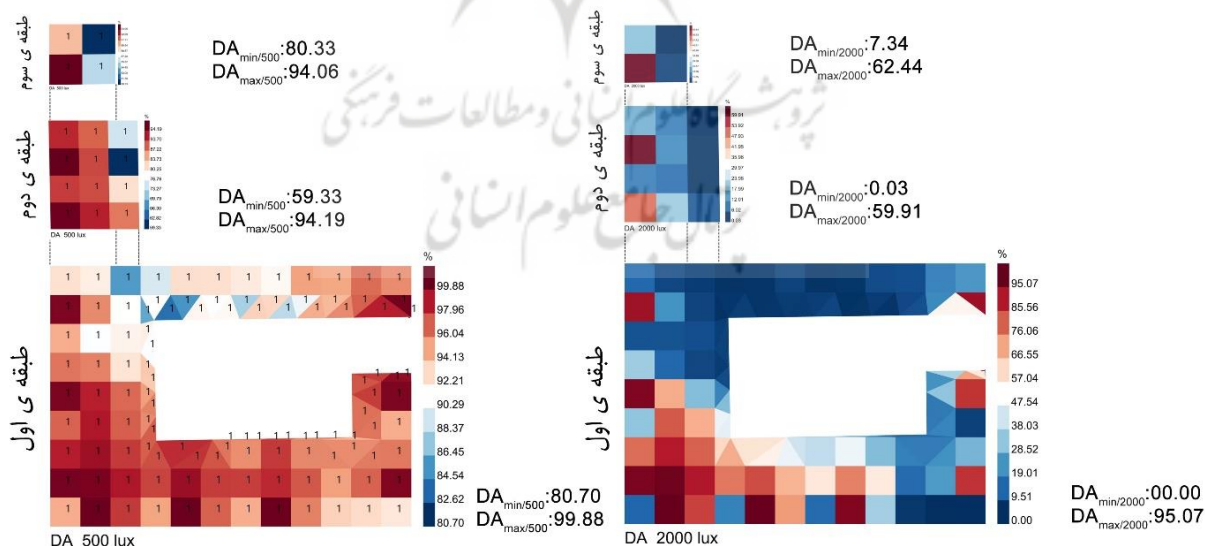
طبقات	Avg. DA ₅₀₀ (%)	Avg. DA ₂₀₀₀ (%)	sDA _{500/55%}
طبقه سوم	99.94	99.43	100
طبقه دوم	99.68	92.70	100
طبقه اول	99.00	91.85	100

۱۰۰ درصد و برای طبقه سوم ۵۰ درصد است درحالی که مقدار متوسط (DA'2000 (% بالاتر از حداکثر ۰.۵٪ است. (جدول ۸) و (شکل ۷)

۳.۲. مرحله دوم: ارزیابی وضعیت بنا با سقف صلب در این مرحله مقدار متوسط (DA'500(%) بین ۴۰ تا ۹۵ درصد است که طبقات دوم و اول بالای آستانه ۶۰٪ هستند. مقدار sDA500/55% برای طبقات دوم و اول

جدول ۸. میزان درصد DA

طبقات	Avg. DA ₅₀₀ (%)	Avg. DA ₂₀₀₀ (%)	sDA _{500/55%}
طبقه سوم	40.74	0	50
طبقه دوم	90.43	15.72	100
طبقه اول	94.74	31.90	100



شکل ۷. بررسی وضعیت بنا با سقف صلب با شاخص‌های DA500 و DA2000

ندارد. با در مورد فاصله‌ی بین دو تیغه ، DA500 سایبان افقی از چپ به راست با افزایش فاصله ، مقدار آن افزایش می‌یابد اما سایه‌بان عمودی در مقدار ۰.۶ متر کاهش و سپس افزایش می‌یابد. DA2000 با افزایش فاصله نیز یکنواخت و با شیب کم افزایش می‌یابد. زاویه‌ی تیغه‌ها از چپ به راست با افزایش مقدار زاویه (افزایش زاویه به معنای بسته شدن تیغه‌ها می‌باشد) ، مقدار DA500 کاهش می‌یابد و این مقدار برای سایه‌بان افقی با شیب زیاد به نسبت سایه‌بان عمودی دیده می‌شود که این شیب در زاویه‌ی بین ۵۰ تا ۶۰ درجه قابل مشاهده است. مقدار DA2000 در سایه‌بان افقی تا ۴۰ درجه افزایش یافته و بعد از آن با کاهش شیب مواجه هستیم در حالیکه در سایه‌بان عمودی با شیب یکنواخت و کاهشی با افزایش زاویه قابل مشاهده است.

با بررسی همه پارامترها بر روی شاخص‌های DA500 و DA2000 می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر زاویه در مقدار DA500 بیشتر از فاصله‌ی بین تیغه‌ها و بیشتر از پهنای آن‌ها می‌باشد. در مورد DA2000 نوسانات قابل مشاهده‌ای وجود ندارد. از مقدار پهنای ۰.۷ متر تا یک متر و از زاویه‌ی ۵۰ درصد، طبقه‌ی اول با کاهش DA مواجه هست. (شکل ۸)

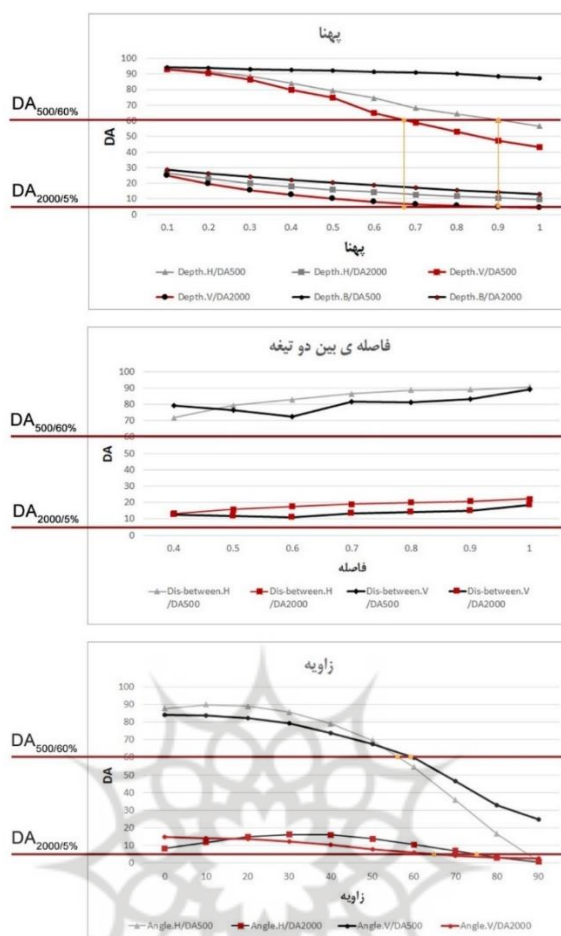
با دقت به نواحی نزدیک به پنجره‌ها، می‌توان خیرگی بسیار زیادی را فهمید. از این رو برای کاهش آن ، سه پیشنهاد داده می‌شود. با توجه به اینکه محدودیت در انتخاب نوع هندسه سایبان‌ها به دلیل زمینه تاریخی و کاربری وجود دارد از این رو لوور افقی، لوور عمودی و قاب بیرونی به عنوان برترین آلترناتیو بررسی می‌شوند.

۳.۳. مرحله سوم : مطالعه مقطعی برای بهینه یابی سیستم سایبان ثابت

در این مرحله به بررسی تأثیر هر پارامتر طراحی و رفتار آن بر اساس نوع سایه‌بان پرداخته می‌شود و سپس هر پارامتر طراحی روی شاخص‌های هدف تعیین شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳.۳.۱. بررسی تأثیر هر پارامتر طراحی

با توجه به شکل ۸ پهنای هر تیغه سایبان افقی ، عمودی و قاب مورد بررسی قرار گرفته است. DA50 هر سه تیغه از چپ به راست با افزایش پهنای کاهش می‌یابد. شدت کاهش مقدار آن در سایبان عمودی بیشتر از افقی و سایه‌بان افقی بیشتر از قاب است. DA2000 هر سه سایبان با افزایش پهنای ، مقدار آن کاهش می‌یابد و شیب کاهش آن تقریباً برای هر سه سایبان یک اندازه و یکنواخت است. افزایش پهنای قاب تماماً؛ با مقدار حدود ۹۰ درصد تأثیر چندانی در نتیجه



شکل ۸. بررسی تأثیر هر پارامتر بر شاخص‌های DA500 و DA2000 و موقعیت‌یابی آنان برای رسیدن به شاخص هدف

۳.۳.۲. بررسی پارامترهای طراحی بر شاخص‌های هدف

-فاصله‌ی بین دو تیغه: با فرض اینکه پهنای تیغه‌ها ۰.۵ متر ، تعداد آنان ۴ تا ۲ عدد برای لوور عمودی و ۱۰ تا ۱۳ عدد برای لوور افقی و زاویه ۴۰ درجه باشد، در هیچ حالتی مقدار هدف برای خیرگی و نور را رعایت نمی‌کنند.

-زاویه: مقدار DA500/60% برای لوور عمودی در حالتی که مقدار پهنای تیغه‌ها ۰.۵ متر ، تعداد آنها ۴ تا ۲ عدد و فاصله‌ی بین تیغه‌ها ۰.۵ متر باشد در زاویه ۶۰ درجه به مقدار موردنظر می‌رسد در حالیکه مقدار DA2000/5% در زاویه‌ی تقریباً ۶۵ درجه به ۵٪ می‌رسد. مقدار DA500/60% برای لوور افقی در حالتی که مقدار پهنای تیغه‌ها ۰.۵ متر ، تعداد آنها ۱۰ تا ۱۳ عدد و فاصله‌ی بین تیغه‌ها ۰.۵ متر باشد در زاویه‌ی نزدیک ۶۰ درجه به

همان‌طور که قبلاً در جدول ۴ اشاره شد ، مقدار DA500/60% برای سایه‌بان افقی با مقدار ۰.۹ متر پهنای ۴۰ درجه ، به هدف رسیده است اما مقدار DA2000/5% حدود ۱۰ درصد هست در حالیکه هم‌زمان در همین مقدار ۰.۹ متر، مقدار آن برای سایه‌بان عمودی به شرط موردنظر می‌رسد. مقدار DA500/60% برای سایه‌بان عمودی در پهنای بین ۰.۶ تا ۰.۷ متر به مقدار موردنظر می‌رسد اما DA2000/5% بین ۱۰ تا ۵ درصد است که شرط لازم را رعایت نمی‌کند.

از آنجایی که تغییر چشمگیری در مقادیر تصاویر نمودارهای بالا نداشت، از آن صرف‌نظر شد. نتیجه‌ی تغییرات زاویه به دلیل شدت شیب زیاد آن نیز از دیگر دلایل انتخاب پارامتر پهنای تیغه‌ها بود. با پهنای ۰.۴ متر برای لوور عمودی و افقی به ۶۵.۷۰ لوکس و ۶۷.۹۳ لوکس به ترتیب برای شاخص DA500/60% دست‌یافته شد درحالی‌که DA2000/5% به ترتیب ۷.۹۶ لوکس و ۱۳.۱۶ لوکس نتیجه شد. با توجه به اعداد لوور عمودی در مقایسه با لوور افقی، خط نمودار آن پایین‌تر از لوور افقی است و مقدار خیرگی کمتری را گزارش می‌دهد از این‌رو لوور عمودی پیشنهاد داده می‌شود. (جدول ۹)

مقدار هدف می‌رسد در حالیکه مقدار DA2000/5% در زاویه‌ی تقریباً ۷۵ درجه به ۵٪ می‌رسد. در کل با مقایسه‌ی نمودارها می‌توان حدس زد که با افزایش زاویه یا مقدار بسته شدن تیغه‌ها در زاویه‌ی ۶۰ درجه و پهنای بالای ۰.۷ متر و فاصله‌ی ۰.۵ متر به شرایط مناسب بصری برای کارکنان اداری می‌رسیم. همان‌طور که قبلاً ذکر شد قاب موردنظر به دلیل عدم تأثیر در نتیجه از انتخاب حذف می‌شود. (شکل ۸)

۳.۴ بررسی دقیق DA500 و DA2000 لوور عمودی و افقی

برای تحقق یافتن به فرضیه مذکور، تست در بازه‌ی پهنای تیغه از ۰.۷ تا ۰.۹ صورت گرفت اما جواب شاخص‌ها به هدف نمی‌رسیدند از این‌رو لازم شد که مقدار یکی از این سه پارامتر را تغییر داد. از بین آن‌ها، فاصله‌ی بین تیغه‌ها

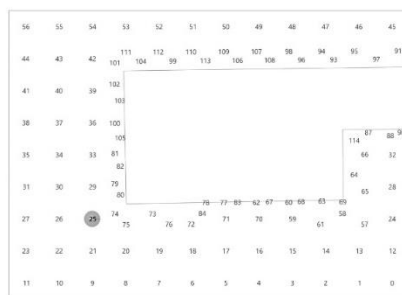
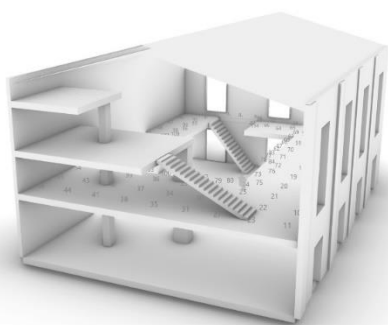
جدول ۹. بررسی دقیق DA500 و DA2000 لوور عمودی و افقی

DA2000	DA500	فاصله‌ی بین تیغه‌ها	زاویه	پهنای	
۷.۹۶	۶۵.۷۰	۰.۵	۶۰	۰.۴	V
۴.۹۰	۵۱.۳۳	۰.۵	۶۰	۰.۵	V
۶.۹۲	۳۳.۸۳	۰.۵	۶۰	۰.۷	V
۴.۸۶	۲۵.۳۰	۰.۵	۶۰	۰.۹	V
۱۳.۱۶	۶۷.۹۳	۰.۵	۶۰	۰.۴	H
۱۰.۷۲	۵۴.۳۶	۰.۵	۶۰	۰.۵	H
۲.۶۳	۲۷.۵۵	۰.۵	۶۰	۰.۷	H
۲.۰۳	۱۸.۰۲	۰.۵	۶۰	۰.۹	H

کاربر در تست پوینت ۲۵ قرار دارد و در جهت شمال شرق نشسته است. (شکل ۹)

۵.۳ اعتبار سنجی با DGP لحظه‌ای

برای سنجش اعتبار پیشنهاد تحقیق به کمک DGP سالیانه، خیرگی لحظه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. با فرض اینکه

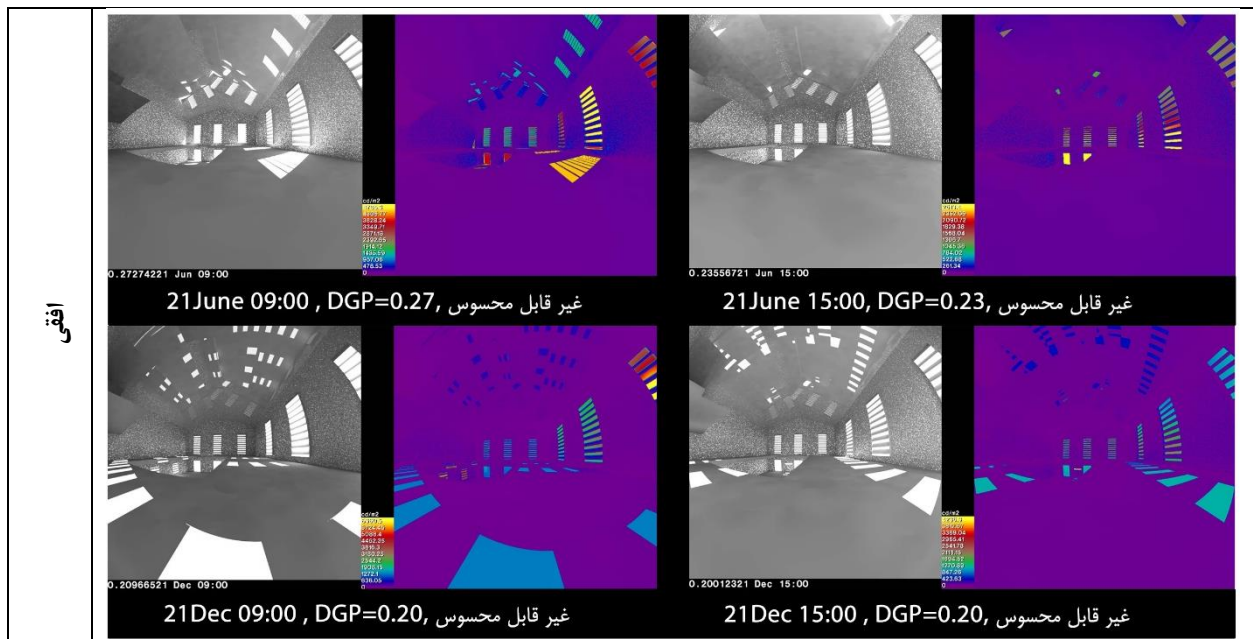


شکل ۹. موقعیت کاربر در تست پوینت ۲۵ که برای بررسی میزان شاخص خیرگی DGP مورد بررسی قرار گرفته است. علت انتخاب این مکان بخاطر نزدیکی به پنجره‌ها و اشراف به کل فضا در نظر گرفته شده است.

میزان را در ساعت ۹ صبح بیشتر از هر زمان دیگری مشاهده می‌شود. با رجوع به تصویر در مجموع در ۲۱ ژوئن کمترین میزان خیرگی و در ۲۱ دسامبر بیشترین میزان خیرگی دیده می‌شود. بر اساس ارقام شاخص DGP، این دو ماه انقلابیون تابستانی و زمستانی لوور عمودی بهتر از لوور افقی در برابر نفوذ نور آزاردهنده روز عمل می‌کند. (شکل ۱۰)

مقدار خیرگی در ساعت ۹ صبح و ۱۵ در انقلابیون تابستان و زمستان سنجیده می‌شود. همان‌طور که از تصاویر و اعداد مشخص است در ۲۱ ژوئن و در ساعت ۱۵ کمترین میزان خیرگی در هر دو لوور افقی و عمودی دیده می‌شود و در ساعت ۹ صبح میزان آن به نسبت ساعت ۱۵ بیشتر می‌شود. در ۲۱ دسامبر و در ساعت ۱۵ در هر دو لوور افقی و عمودی میزان خیرگی را در نواحی نزدیک پنجره‌ها قابل گزارش است. در حالیکه با توجه به تصویر افزایش این

نوع سایبان	DGP			
عمودی	<p>0.23933421 Jun 09:00</p>		<p>0.23566521 Jun 15:00</p>	
	21 June 09:00, DGP=0.23, غیر قابل محسوس		21 June 15:00, DGP=0.23, غیر قابل محسوس	
	<p>0.19872221 Dec 09:00</p>		<p>0.20606221 Dec 15:00</p>	
	21 Dec 09:00, DGP=0.19, غیر قابل محسوس		21 Dec 15:00, DGP=0.20, غیر قابل محسوس	



شکل ۱۰. بررسی میزان خیرگی در ماه‌های انقلابیون تابستانی و زمستانی با شاخص DGP

نتیجه‌گیری

خیرگی و فرایند تحلیل نور دارند چراکه طبقه همکف در این مطالعه در نظر گرفته نشده است.

- قاب به نسبت لوور افقی و عمودی تأثیر کمی در میزان کاهش نفوذ نور خیره‌کننده در فضا دارد.
- لوور عمودی بیشترین تأثیرگذاری را در کاهش خیرگی فضا دارند.

در نتیجه، استفاده از استراتژی مشابه به‌راحتی بصری برای فعالیت‌های داخلی کاربران موجب داشتن بهره‌وری و کارایی و دستیابی به توزیع یکنواخت نور روز می‌شود. علاوه بر آن، این استراتژی جامع بوده و در فرآیند استفاده دوباره از ساختمان میراثی به‌ویژه در اقلیم نوع Cfa با داشتن محدودیت در تغییر المان‌های ساختمانی، برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، زمان و مصرف انرژی و منابع تجدید ناپذیر برای طراح و ذینفعان، مفید است.

در کارهای آینده، با توجه به محدودیت تغییر در المان‌های ساختمان میراثی، ارائه عملکرد بهینه نور روز بدون تابش خیره‌کننده، چالش‌برانگیز است. پیشنهاد برای طراحی در

مطالعه‌ی حاضر، به ارائه‌ی راهنمای طراحی می‌پردازد به طوریکه طراحان، محققان، ذینفعان و معماران را قادر می‌سازد که از این روش برای مطالعه موردی خود به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و کالبدی و موقعیت مکانی دیگر برای دستیابی به بهترین راه‌حل‌های کارآمد برای واکاوی نور روز ساختمان میراثی به کاربری دیگری استفاده کنند. به کمک شبیه‌سازی پارامتریک، به بررسی پارامترهای مختلف لوور افقی و عمودی می‌پردازد و سپس به پیشنهاد راه‌حل رسیده و در نهایت اعتبار سنجی می‌شود. در مجموع، نتیجه نهایی این روش در بخش اولیه طراحی به ساختمانی پایدار برای تأمین آسایش بصری کاربران بدون نیاز به نور مصنوعی و مصرف انرژی اضافی می‌رسد.

نتایج این مطالعه را می‌توان به‌صورت زیر استنباط کرد:

- در بین پارامترهای طراحی، زاویه‌ی تیغه‌ها تأثیر بسیار چشمگیری بر شاخص‌های نور روز دارد در حالیکه فاصله‌ی بین تیغه‌ها کمترین تأثیر را بر نتیجه دارند. در این مطالعه موردی، پنجره‌های طبقه‌ی پایین تأثیر کمی در ایجاد

4. Mısırlısoy D, Günçe K. Adaptive reuse strategies for heritage buildings: A holistic approach. *Sustain cities Soc.* 2016;26:91–8. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.017>
5. Todorović MS, Ećim-Crossed D Signurić O, Nikolić S, Ristić S, Polić-Radovanović S. Historic building's holistic and sustainable deep energy refurbishment via BPS, energy efficiency and renewable energy - A case study. *Vol. 95, Energy and Buildings.* 2015. p. 130–7. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.011>
6. Galatioto A, Ciulla G, Ricciu R. An overview of energy retrofit actions feasibility on Italian historical buildings. *Energy.* 2017;137:991–1000. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.103>
7. Rani Prihatmanti a*and Azizi Bahauddin a. WHAT WILL HAPPEN AFTER THE ADAPTIVE REUSING THE BUILDING? AN ASSESSMENT OF INDOOR VISUAL COMFORT OF HERITAGE OFFICE BUILDINGS. *Int Trans J Eng Manag Appl Sci Technol [Internet].* 2019;10(No.19). Available from: <https://tuengr.com/V10A/10A19DM.pdf> <http://dx.doi.org/10.12962/j23546026.y2017i3.2443>
8. Alessandro Lo Faro & Francesco Nocera. Daylighting design for refurbishment of built heritage: a case study. In: *Sustainability in Energy and Buildings 2021* pp 341–351. Singapore: Springer; <https://doi.org/10.1007/978-981-16-6269-0>
9. Troi A, Bastian Z. *Energy Efficiency solutions for historic buildings: a handbook.* Birkhäuser; 2015. <https://doi.org/10.1515/9783038216506>
- آینده می‌تواند بررسی عملکرد نور روز در طبقه‌ی پایین بنا با توجه به نوع پیکربندی سایبان‌ها باشد.
- تشکر و قدردانی:** نویسندگان از دانشکده هنر دانشگاه تربیت مدرس جهت انتشار مقاله تشکر می‌کنند.
- تأییدیه‌های اخلاقی:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
- تعارض منافع:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
- سهم نویسندگان در مقاله :** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
- منابع مالی/حمایت‌ها:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1. Bottero M, D'Alpaos C, Oppio A. Ranking of adaptive reuse strategies for abandoned industrial heritage in vulnerable contexts: A multiple criteria decision aiding approach. *Sustainability.* 2019;11(3):785. <https://doi.org/10.3390/su11030785>
2. Yazdani Mehr S. Analysis of 19th and 20th century conservation key theories in relation to contemporary adaptive reuse of heritage buildings. *Heritage.* 2019;2(1). <https://doi.org/10.3390/heritage2010061>
3. Royal Australian Institute of Architects., Australia. Department of the Environment and Heritage. Adaptive reuse : preserving our past, building our future. 2004;16. available online at <https://www.dccew.gov.au/parks-heritage/heritage/publications/adaptive-reuse>

17. Talip MS, Shaari MF, Ahmad SS, Sanchez RB. Optimising Daylighting Performance in Tropical Courtyard and Atrium Buildings for Occupants' Wellbeing. *Environ Proc J.* 2021;6(16):93–102. <https://doi.org/10.21834/ebpj.v6i16.2710>
18. Zomorodian ZS, Tahsildoost M. Assessment of window performance in classrooms by long term spatial comfort metrics. *Energy Build.* 2017;134:80–93. DOI:10.1016/J.ENBUILD.2016.10.018
19. Fang Y, Cho S. Sensitivity Analysis of Skylight and Clerestory Design on Energy and Daylight Performance of a Retail Building (C023). In: 2018 Building Performance Analysis Conference and SimBuild. ASHRAE; 2018.
20. Kaya SM, Afacan Y. Effects of daylight design features on visitors' satisfaction of museums. *Indoor Built Environ.* 2018;27(10):1341–56. <https://doi.org/10.1177/1420326X17704028>
21. Baker J. The 1994 CIBSE Interior Lighting Code. *Heal Estate J J Inst Hosp Eng.* 1996;50(2):2–5.
22. Al-Sallal KA, AbouElhamd AR, Dalmouk M Bin. UAE heritage buildings converted into museums: Evaluation of daylighting effectiveness and potential risks on artifacts and visual comfort. *Energy Build.* 2018;176:333–59. DOI:10.1016/J.ENBUILD.2018.06.067
23. Wilson M. Lighting in museums: Lighting interventions during the European demonstration project 'Energy efficiency and sustainability in retrofitted and new museum buildings'(NNES-1999-20). *Int J*
10. Pellegrino A, Cammarano S, Savio V. Daylighting for Green schools: A resource for indoor quality and energy efficiency in educational environments. *Energy Procedia.* 2015;78:3162–7. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.774
11. Yu X, Su Y. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation—A literature review. *Renew Sustain Energy Rev.* 2015;52:494–503. DOI: 10.1016/j.rser.2015.07.142
12. ASHRAE 100-2018 Standard 100-2018 -- Energy Efficiency in Existing Buildings (ANSI Approved/IES Co-sponsored) [Internet]. 2017. Available from: <http://www.ashrae.org/technology>.
13. El-Abd W, Kamel B, Afify M, Dorra M. Assessment of skylight design configurations on daylighting performance in shopping malls: A case study. *Sol Energy.* 2018;170:358–68. 10.1016/j.solener.2018.05.052
14. Stojković M, Pucar M, Krstić-Furundžić A. Daylight performance of adapted industrial buildings. *Facta Univ Archit Civ Eng.* 2016;14(1):59–74. 10.2298/FUACE1601059S
15. Acosta I, Varela C, Molina JF, Navarro J, Sendra JJ. Energy efficiency and lighting design in courtyards and atriums: A predictive method for daylight factors. *Appl Energy.* 2018;211:1216–28. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.11.104
16. Bakmohammadi P, Noorzai E. Optimization of the design of the primary school classrooms in terms of energy and daylight performance considering occupants' thermal and visual comfort. *Energy Reports.* 2020;6:1590–607. doi:10.1016/j.egypro.2020.06.008

30. Pompei L, Spiridigliozzi G, de Santoli L, Cornaro C, Bisegna F. Testing the BIM-ladybug tools interoperability: A daylighting simulation workflow. *Build Simul Appl BSA*. 2020;2020:149–56. Available from <https://art.torvergata.it/handle/2108/256069>
31. Goharian A, Mahdavinejad M. A novel approach to multi-apertures and multi-aspects ratio light pipe. *J Daylighting*. 2020;7(2):186–200. available online at <https://solarlits.com/jd/7-186>
32. Goharian A, Daneshjoo K, Yeganeh M. Standardization of methodology for optimizing the well aperture as device (reflector) for light-wells; A novel approach using Honeybee & Ladybug plugins. *Energy Reports*. 2022;8:3096–114. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.176>
33. Ghasri M, Maghrebi M, Rashidi TH, Waller ST. Hazard-based model for concrete pouring duration using construction site and supply chain parameters. *Autom Constr*. 2016;71:283–93. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.012>
34. Rafati N, Hazbei M, Eicker U. Louver configuration comparison in three Canadian cities utilizing NSGA-II. *Build Environ*. 2022;109939. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109939>
35. Yi YK. Building facade multi-objective optimization for daylight and aesthetical perception. *Build Environ*. 2019;156:178–90. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.002>
36. Zhao J, Du Y. Multi-objective optimization design for windows and *Sustain Energy*. 2006;25(3–4):153–69. DOI: 10.1080/14786450600921546
24. Maria YS, Prihatmanti R. Daylight characterisation of classrooms in heritage school buildings. *Plan Malaysia*. 2017;15. DOI: <https://doi.org/10.21837/pm.v15i1.236>
25. Nocera F, Lo Faro A, Costanzo V, Raciti C. Daylight performance of classrooms in a mediterranean school heritage building. *Sustainability*. 2018;10(10):3705. <https://doi.org/10.3390/su10103705>
26. Eltaweel A, Su Y. Controlling venetian blinds based on parametric design; via implementing Grasshopper's plugins: A case study of an office building in Cairo. *Energy Build*. 2017;139:31–43. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.075
27. Motamedi S, Liedl P. Integrative algorithm to optimize skylights considering fully impacts of daylight on energy. *Energy Build*. 2017;138:655–65. DOI:10.1016/j.enbuild.2016.12.045
28. Roudsari MS, Pak M, Smith A. Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. In: *Proceedings of the 13th international IBPSA conference held in Lyon, France Aug. 2013*. p. 3128–35. Available from <https://www.aivc.org/resource/ladybug-parametric-environmental-plugin-grasshopper-help-designers-create-environmentally>
29. Kharvari F. An empirical validation of daylighting tools: Assessing radiance parameters and simulation settings in Ladybug and Honeybee against field measurements. *Sol Energy*. 2020;207:1021–36. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.054>

- [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00058-5)
43. America IES of N. IESNA Lighting Handbook: Reference & Application. Illuminating Engineering Society of North America; 2000. Available online at https://cdn.fedweb.org/fed-96/2/IES%2520Security%2520Lighting%2520G-1_web.pdf
44. Dangol R, Islam MS, Hyvärinen M, Bhushal P, Puolakka M, Halonen L. User acceptance studies for LED office lighting: Preference, naturalness and colourfulness. *Light Res Technol.* 2015;47(1):36–53. <https://doi.org/10.1177/1477153513514424>
45. Ratcliffe M, Day T. Improving office staff productivity while reducing carbon dioxide emissions. In: *Proceedings of CIBSE/ASHRAE Conference.* 2003. p. 24–6.
46. Olbina S, Beliveau Y. Developing a transparent shading device as a daylighting system. *Build Res Inf.* 2009;37(2):148–63. <https://doi.org/10.1080/09613210902723738>
47. Shirzadnia Z, Goharian A, Mahdavinejad M. Designerly approach to skylight configuration based on daylight performance; Toward a novel optimization process. *Energy Build.* 2023;112970. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112970>
48. Reinhart CF, Mardaljevic J, Rogers Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos.* 2006;3(1):7–31. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001>
49. Goharian A, Mahdavinejad M, Bemanian M, Daneshjoo K. Designerly shading configuration considering energy consumption and thermal comfort: A case study for office building in different climatic regions of China. *Sol Energy.* 2020;206:997–1017. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.090>
37. Kim H-J, Yang C-S, Moon HJ. A study on multi-objective parametric design tool for surround-type movable shading device. *Sustainability.* 2019;11(24):7096. <https://doi.org/10.3390/su11247096>
38. Manzan M, Clarich A. FAST energy and daylight optimization of an office with fixed and movable shading devices. *Build Environ.* 2017;113:175–84. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.035>
39. Xue Y, Liu W. A Study on Parametric Design Method for Optimization of Daylight in Commercial Building's Atrium in Cold Regions. *Sustainability.* 2022;14(13):7667. <https://doi.org/10.3390/su14137667>
40. De Luca F, Sepúlveda A, Varjas T. Static shading optimization for glare control and daylight. 2021; DOI: 10.52842/conf.ecaade.2021.2.419 DOI: 10.52842/conf.ecaade.2021.2.419
41. Carlucci S, Causone F, De Rosa F, Pagliano L. A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. *Renew Sustain energy Rev.* 2015;47:1016–33. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.062>
42. Reinhart CF, Walkenhorst O. Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy Build.* 2001;33(7):683–97.

55. Deroisy B, Deneyer A. A new standard for daylight: Towards a daylight revolution. *Light Mod Soc Proc Lux Eur*. 2017;2017:340–3. available online at https://www.researchgate.net/profile/Bertrand-Deroisy/publication/319980878_A_new_standard_for_daylight_Towards_a_daylight_revolution/links/59c4ee47aca272c71bb8a324/A-new-standard-for-daylight-Towards-a-daylight-revolution.pdf
56. CEN European Daylight Standard, BS/EN 17037:2018 Daylight in buildings, 2018. 2018.
57. Council USGB. LEED v4 for building design and construction. USGBC Inc. 2014;
58. Rogers Z, Goldman D. Daylighting metric development using daylight autonomy calculations in the sensor placement optimization tool. Boulder, Color USA Archit Energy Corp http://www.archenergy.com/SPOT/SPOT_Daylight%20Autonomy%20Report.pdf. 2006;
59. https://floyd.lbl.gov/radiance/refer/Notes/rpict_options.html
60. https://www.radiance-online.org/community/workshops/2011-berkeley-ca/presentations/day1/JM_AmbientCalculation.pdf
- optimization of devices (as reflectors) to improve daylight and scrutiny of the light-well's configuration. In: *Building Simulation*. Springer; 2022. p. 933–56. <https://doi.org/10.1007/s12273-021-0839-y>
50. Goia F. Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential. *Sol Energy*. 2016;132:467–92. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.03.031>
51. LM I. Approved method: IES spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE). *Illum Eng Soc* <https://www.ies.org/product/ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and-annual-sunlight-exposure-ase>. 2013; available online at https://webstore.ansi.org/preview-pages/IESNA/preview_IES+LM-83-12.pdf
52. Wienold J, Christoffersen J. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy Build*. 2006;38(7):743–57. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.017>
53. Hirning MB, Isoardi GL, Coyne S, Hansen VRG, Cowling I. Post occupancy evaluations relating to discomfort glare: A study of green buildings in Brisbane. *Build Environ*. 2013;59:349–57. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.032>
54. Costanzo V, Evola G, Marletta L, Pistone Nascone F. Application of climate based daylight modelling to the refurbishment of a school building in Sicily. *Sustainability*. 2018;10(8):2653. <https://doi.org/10.3390/su10082653>