ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2020;10(3):173-182

Evaluation of the Conditions of Variables Affecting Light Visual Comfort in the Educational Spaces of Polytechnic University of Shahrood

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Nikzad A.H. *[1] *MSc,*
Malek N.[1] *PhD,*
Ghaffari A.[2] *PhD*

How to cite this article
Nikzad A.H, Malek N, Ghaffari A. Evaluation of the Conditions of Variables Affecting Light Visual Comfort in the Educational Spaces of Polytechnic University of Shahrood. Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2020;10(3):173-182.

[1]Architecture and Urban Studies Faculty, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

[2]Architecture and Urban Studies Faculty, Islamic Art University of Tabriz, Tabriz, Iran

Correspondence
Address: Architecture Department, Arts and Architecture Faculty, Shahroud University of Technology, Shahroud, Iran
Phone: -
Fax: -
amirmohsennikzad@gmail.com

Article History
Received: May 1, 2020
Accepted: May 16, 2020
ePublished: October 21, 2020

ABSTRACT

Aims Daylight has a great impact on the quality of indoor spaces, especially educational spaces. In educational spaces, visual comfort along with the use of daylight is of great importance. Therefore, the purpose of the present study is to evaluate the visual comfort in the classrooms.
Methods Two indexes of illumination (lux) and Glare (DGP) were investigated to evaluate the visual comfort in 9 classrooms of 3 faculties from Polytechnic University of Shahrood. Attempts were made to examine at least one sample from each geographical direction. Cases were simulated in Grasshopper software via Honeybee plugin and then analyzed.
Findings The evaluation of the Illumination (lux) index showed that only the class 2 in Mechanical Faculty was in accordance with Standards and in terms of DGP index, class 1 in Engineering Faculty was annoying at 10 and 14 o'clock in February. In the rest of the classes, the glare was due to reflective light and inappropriate lighting angle.
Conclusion The results of the analysis showed that in the current situation, by making change in the spatial location of variables such as seats place and white board location relative to the position of windows, we can control the shading and better use of shades and light situations and can greatly improve the lighting quality of interior spaces. Also, the most important finding of the research is that the interior design of the space to create the connection between the light source and the layout and white board is not done by experts or is left to uninformed people.

Keywords Daylight; Visual Comfort; Glare; Educational room

CITATION LINKS

[1] Endogenous versus conventional approach to ... [2] Impacts of high-rise buildings form on climatic comfort with ... [3] High-performance architecture: search for future legacy in ... [4] Discourse of high-performance architecture: a method to ... [5] Dilemma of prosperity and technology in ... [6] Assessment of design parameter influence on energy ... [7] Porosity rendering in high-performance ... [8] Optimization of window proportions with an approach to ... [9] Multi-objective optimisation framework for designing office ... [10] Algorithmic design of Palekane in order to ... [11] Investigation of the relationship between depth of overhang ... [12] Nocturnal architecture of buildings: interaction of exterior lighting ... [13] The effect of luminance distribution patterns on occupant preference in a ... [14] Lighting and discomfort in the ... [15] Daylighting strategy for sustainable schools: case study of ... [16] Improving visual comfort and energy efficiency in existing ... [17] Daylighting analysis in a public school in Curitiba ... [18] Daylight availability assessment and its potential energy saving ... [19] Estimation of daylight availability and illuminance on vertical south ... [20] Daylightophil Approach towards ... [21] Thermal and energy performance of algae bioreactive ... [22] Appropriate activation threshold of the external blind for visual comfort ... [23] Integrated parametric design of adaptive facades for ... [24] dynamic envelope and control shading pattern to visual comfort of ... [25] Classroom lighting control systems and level of energy ... [26] Investigation of illuminance-based metrics in predicting occupants' visual comfort... [27] A simulation-aided approach in improving thermal-visual comfort and power ... [28] The impact of new technologies on quality of lighting ... [29] An analytical approach to the quality of natural light ... [30] Luminance Contrast Assessment for ... [31] Assessment of natural lighting performance ... [32] Investigation of visual comfort to beside light ... [33] Predicting visual comfort conditions in a large Daylit ... [34] Effects of architectural design on daylight fantasy in Iranian ... [35] Modeling the extent and manner of ... [36] Integrating thermal and lighting analysis to optimize ... [37] Investigating the effect of changing the transmitted light's color on thermal and visual ...

Copyright© 2020, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

ارزیابی شرایط متغیرهای موثر بر آسایش بصری نوری در فضاهای آموزشی دانشگاه صنعتی شاهرود

امیرمحسن نیکزاد* MSc
دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
نیلوفر ملک PhD
دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
عباس غفاری PhD
دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

چکیده

اهداف: نور روز تاثیر زیادی بر کیفیت فضاهای داخلی و خصوصاً فضاهای آموزشی دارد. در فضاهای آموزشی آسایش بصری در کنار استفاده از نور روز از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو هدف پژوهش حاضر ارزیابی آسایش بصری در کلاس‌های درس است.

روش‌ها: به‌منظور ارزیابی آسایش بصری دو شاخص روشنایی و خیرگی در ۹ کلاس درس از سه دانشکده در دانشگاه صنعتی شاهرود بررسی شد. سعی شد تا از هر جهت جغرافیایی حداقل یک نمونه مورد بررسی قرار گیرد. موارد در نرم‌افزار گرس‌هاپر و پلاگین هانی‌بی شبیه‌سازی و تحلیل شد.

یافته‌ها: ارزیابی شاخص روشنایی در واحد لوکس نشان داد که این شاخص فقط در کلاس ۲ از دانشکده مکانیک مطابق با استاندارد بوده و از نظر شاخص خیرگی نور روز نیز کلاس ۱ دانشکده فنی در ماه بهمن ساعات ۱۰ و ۱۴ در طیف آزاردهنده بوده است. در بقیه کلاس‌ها خیرگی ناشی از نور انعکاسی و زاویه تابش نامناسب بوده است.

نتیجه‌گیری: نتایج بررسی و تحلیل یافته‌ها نشان داد در وضع موجود با تغییر در شرایط مکانی متغیرهایی مثل چیدمان صندلی و تابلو نسبت به موقعیت قرارگیری پنجره‌ها می‌توان با کنترل سایه‌اندازی و بهره‌برداری بهتر برای تعدیل روشنایی تا حد زیادی کیفیت نورپردازی فضاهای داخلی را افزایش داد. همچنین مهم‌ترین یافته تحقیق این است که طراحی معماری داخلی فضا برای ایجاد ارتباط چیدمان و سرچشمه نور و تابلو توسط افراد متخصص انجام نمی‌گیرد یا به افراد غیرصاحب‌نظر سپرده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: نور روز، آسایش بصری، خیرگی، کلاس درس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷
*نویسنده مسئول: amirmohsennikzad@gmail.com

مقدمه

اهمیت و ضرورت موضوع پژوهش به این مفهوم باز می‌گردد که احترام به نور ریشه در فرهنگ اسلامی ایرانی دارد، جایگاهی بلند که معماران و طراحان ایرانی با آن به‌خوبی آشنا بوده‌اند. علاوه بر آن، نور روز بخش مهمی از تعریف یک معماری کارا به شمار می‌آید؛ مفهومی که به بخش مهمی از تعریف معماری ارزشمند تبدیل شده است[1, 2].

مطالعات صورت‌گرفته توسط *منصور ابافت یگانه* و *مجتبی انصاری* با عنوان "کنترل، تعدیل و به‌کارگیری انرژی‌های طبیعی باد و نور خورشید با طراحی اصولی سایت" نشان داد که در مطالعات جدید معماری، اهمیت نور روز افزایش یافته است[3]. به عبارت دیگر، تعامل میان مفاهیم فرهنگی و جایگاه ویژه در فناوری‌های روزآمد و پیشرفته معماری[4, 5]، جایگاه ویژه‌ای به طرح چنین مباحثی در معماری و شهرسازی جهان داده است.

استفاده از نور طبیعی در فضاهای آموزشی و ادارات اهمیت زیادی دارد و موجب آسایش فیزیکی و روحی شخص می‌شود و او می‌تواند در آرامش به فعالیت روزمره بپردازد. روشنایی باید پاسخگوی نیازهای ارگونومیک کاربران باشد. ارگونومی در نورپردازی به معنای تامین حس امنیت و آسایش بصری کاربران و تامین فضایی روشن و دلپذیر است که با نیازهای گوناگون افراد برای انجام وظایفشان مطابقت داشته باشد[6]. همان گونه که مقادیر پایین نور موجب به‌وجودآمدن تیرگی و خستگی است، روشنایی بیش از حد، کنتراست بالا یا انعکاس‌های شدید عملکرد ساکنان را کاهش می‌دهد[7]. برای تامین روشنایی فضا هم می‌توان از نور طبیعی و هم نور مصنوعی بهره برد. نور روز در فضاهای داخلی می‌تواند رضایت ساکنان را افزایش دهد، در حالی که یک‌سوم هزینه‌های کلی ساختمان را نیز کاهش می‌دهد[8].

هرچند روشنایی و نورپردازی یکی از مهم‌ترین عناصر در طراحی یک فضای داخلی موفق است، با این حال در طول سال‌ها، نور روز مهم‌ترین عامل در طراحی فضاهای آموزشی و مدارس نسبت به هر نوع ساختمان دیگری بوده است[9]. نبود سطوح کافی آسایش داخلی تا حد زیادی می‌تواند توانایی یادگیری دانش‌آموزان را تحت تاثیر قرار دهد[10].

کروگر و *زانین* نیز بیان کرده‌اند که کیفیت محیط داخلی کلاس‌ها تاثیر بسزایی در کیفیت آموزش دارد[11]. براساس نظر *نیر*، روشنایی در کلاس‌ها بایستی برای فعالیت‌هایی مانند نوشتن و خواندن روی میزها مناسب باشد[12]. کیفیت روشنایی با شاخصی تحت عنوان آسایش بصری مطرح می‌شود. آسایش بصری و شرایط نور روز یک فضا، ابعاد کلیدی از طرح با عملکرد بهینه هستند، در حالی که پیش‌بینی عملکرد ساکنان با سنجه‌های معتبر و آستانه‌های استاندارد به طراحان کمک می‌کند تا انتخاب‌های منسجم‌تری داشته باشند[13].

مطالعات مختلفی نشان داده‌اند که آسایش بصری بعد مهمی از کیفیت خوب محیط داخلی در کلاس‌ها است[14-16]. فضاهای آموزشی دانشگاهی از جمله فضاهایی هستند که علی‌رغم صرف زمان زیاد توسط دانشجویان در این فضاها، از بعد آسایش بصری مورد غفلت واقع می‌شوند. نتیجه فضایی است که سعی شده با نور مصنوعی کمبود نور در آن جبران شود یا در بدترین حالت به کیفیت و کمیت نورپردازی و آسایش بصری توجه نشده

است.

در این راستا نیاز است تا کیفیت آسایش بصری در فضاهای دانشگاهی بررسی شود. به این منظور ۹ کلاس درس از ۳ دانشکده دانشگاه صنعتی شاهرود برای پاسخ به پرسش‌های زیر مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند:

۱. کیفیت و کمیت نور روز در این کلاس‌های درس در فصول مختلف سال چگونه است؟

۲. شاخص خیرگی در این کلاس‌ها به چه میزان است؟

۳. چگونه می‌توان در این فضاها به آسایش بصری دست پیدا کرد؟

در حوزه مفاهیم و شاخص‌های آسایش بصری نوری، *کروگر* و *دوریگو* متوجه شدند که هر کشور کدهای روشنایی خود را برای کلاس‌ها دارند، اما تماماً در طیف ۵۰۰-۳۵۰ لوکس هستند. اغلب کدها برگرفته از مصوبات جامعه مهندسی نورپردازی آمریکای شمالی (IESNA) و استانداردهای اروپا (CEN) هستند[17]. طبق گفته *یو* و *سو*، هر دوی اینها یک روشنایی هدف ۳۰۰ لوکس برای کلاس‌ها پیشنهاد کرده‌اند[18]. استاندارد اروپا (EN12464-1) برای نورپردازی داخلی، ارزش‌های پیشنهادی برای روشنایی و یکدستی در کلاس‌ها را به شرح زیر گزارش کرده است[19-21]:

- تراز روشنایی روی میز کار ۳۰۰ لوکس و روی تخته ۵۰۰ لوکس
- طبق نظر *لکنر*، حداقل شاخص نور روز در کلاس‌ها ۲%
- شاخص خیرگی نور روز (DGI) براساس نظر *بیکر* و *استیمرز*، ۲۰ پیشنهاد می‌شود.

جامعه مهندسی نورپردازی آمریکای شمالی پیشنهاد می‌کند که ارزش روشنایی برای کلاس‌های درس حداکثر بین ۲۱۵۰-۱۶۱۴ لوکس و حداقل بین ۷۵۳-۳۲۲ لوکس باشد. ارزش‌های خیرگی نیز در شاخص خیرگی به این صورت است: کمتر از ۳۵% غیرمحسوس، ۴۰-۳۵% محسوس، ۴۵-۴۰% آزاردهنده و بالاتر از ۴۵% غیرقابل تحمل. در واقع درصد خیرگی در این شاخص نشان‌دهنده درصد افرادی است که در این شرایط احساس ناراحتی می‌کنند.

در چند دهه اخیر مطالعات بسیاری در راستای ارزیابی نورپردازی در فضاهای مختلف صورت گرفته است. این مطالعات یا به بررسی تجهیزات فیزیکی و شرایط فیزیکی برای افزایش کیفیت نورپردازی پرداخته‌اند[8, 22, 23] یا به بررسی وضعیت موجود و ارایه طرح‌های بهینه پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال *جاکوبیک* و *رینهارت* در پژوهش خود با عنوان پیش‌بینی شرایط آسایش بصری در فضاهای بزرگ بر مبنای ارزیابی‌های بلندمدت افراد به بررسی سه سنجه مرتبط با آسایش بصری یعنی آزردگی ناشی از خیرگی، نسبت کنتراست مانیتور و نور مستقیم خورشید پرداختند. آنها برای انجام شبیه‌سازی نور روز از یک مدل شبیه‌سازی نور روز کالیبره‌شده برای ساختمان گاندهال در موتور شبیه‌سازی ریدینس (Radiance) استفاده کردند[24].

از دیگر پژوهش‌هایی که به بررسی نور روز و آسایش بصری پرداخته است، می‌توان به پژوهش *گولن* در سال ۲۰۱۵ اشاره کرد. *گولن* در پژوهش خود تحت عنوان نور روز و تحلیل آسایش بصری یک سالن اجتماعات با استفاده از شبیه‌سازی‌های پیشرفته روشنایی به راه‌های دستیابی به آسایش بصری، سطوح بالایی از نور طبیعی و قادربودن به حس تغییر زمان در روز برای یک سالن اجتماعات و یک آتریوم پرداخته است. در این بررسی، نرم‌افزارهای تجاری برای ایجاد تحلیل‌های مختلف و نتایج قابل تعمیم به کار رفته‌اند. شاخص‌های عمده ارزیابی در این مطالعه شدت روشنایی در واحد لوکس و خیرگی بوده‌اند[25].

وینترباتم و *ویلکینز* در سال ۲۰۰۸ نیز نور و عدم آسایش را در کلاس‌های درسی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش جنبه‌های روشنایی کلاس درس و دکوراسیون که می‌تواند ناراحتی و اختلال در عملکرد از طریق تابش خیره‌کننده و سوسوزدن نامحسوس ۱۰۰ هرتز از نور فلورسنت ایجاد کند، در یک نمونه از مدارس انگلستان مورد بررسی قرار گرفته است. در ۹۰ کلاس درس ۱۱ مدرسه متوسطه در ۶ ناحیه آموزش و پرورش دولتی، متغیرهای پژوهش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که ۸۰% کلاس‌های درس که با نور فلورسنت ۱۰۰ هرتز روشن است، می‌تواند موجب سردرد و اختلال در عملکرد بصری شود. میانگین نور (نور روز و نور مصنوعی) در بیش از ۸۸% کلاس‌ها بیش از نور توصیه‌شده برای طراحی بود. در ۲۳% کلاس‌های درس، پرده پنجره‌ها فضای مناسبی برای تابش نور ایجاد می‌کردند[14].

بارا و همکاران نیز در مطالعه‌ای، آسایش بصری در کلاس درسی رو به شمال در دانشگاه را برای بهبود شرایط نوری و کارآیی- انرژی بررسی کردند. داده‌های مورد نیاز پژوهش آنها از طریق شبیه‌سازی کامپیوتری و نیز ارزیابی میدانی به دست آمد. در واقع مدل‌های مختلف پنجره و قرارگیری آن، خیرگی، روشنایی، آسایش حرارتی و مصرف انرژی شاخص‌های مورد بررسی در پژوهش مذکور بود[16]. در جدول ۱ خلاصه‌ای از مطالعات در زمینه آسایش بصری و شرایط نوری آورده شده است.

جدول ۱) خلاصه پژوهش‌های پیشین در زمینه آسایش بصری نوری و روشنایی

پژوهشگران	موضوع	متدها، ابزارها و شاخص‌ها
***سیدشفوی* و همکاران (۲۰۲۰)**[26]	آسایش بصری در آتلیه‌های طراحی معماری در سه فضای دانشگاهی ایران- تهران	روش: کمی کیفی، تحلیل نرم‌افزاری، اندازه‌گیری میدانی، ارزیابی ادراک ذهنی افراد ابزار: پرسش‌نامه، نرم‌افزار Radiance، Diva for Grasshopper، Rhino V.5 شاخص‌ها: ASE، DGP، UDI، SDA، EP، DF
***چئونگ* و همکاران (۲۰۲۰)**[27]	رویکرد مبتنی بر شبیه‌سازی برای بهبود آسایش بصری و حرارتی در ساختمان‌های اداری	روش: تحلیل نرم‌افزاری، اندازه‌گیری میدانی ابزار: نرم‌افزار Radiance IESVE شاخص‌ها: روشنایی در واحد لوکس، خیرگی، آسایش حرارتی
***آیت‌اللهی طباطبایی* و *صفوی* (۱۳۹۸)**[28]	ارزیابی تاثیر فناوری‌های جدید بر کیفیت نورپردازی محوطه‌های ارزشمند فرهنگی، تاریخی	روش: اولویت‌بندی معیارها توسط متخصصان، تحلیل نرم‌افزاری ابزار: پرسش‌نامه، نرم‌افزار Dialux شاخص‌ها: شدت روشنایی در واحد لوکس
***طبیبیان* و همکاران (۱۳۹۸)**[29]	ارزیابی و تحلیل کیفیت نور طبیعی در فضای گنبدخانه مسجد مدرسه سپهسالار	روش: اندازه‌گیری میدانی با نورسنج، تحلیل نرم‌افزاری ابزار: نورسنج، نرم‌افزار Dialux شاخص‌ها: شدت روشنایی در واحد لوکس
***گوری* و همکاران (۲۰۱۹)**[30]	ارزیابی آسایش بصری سالمندان از طریق کنتراست نوری	روش: تحلیل نرم‌افزاری و عکس‌برداری دیجیتال ابزار: دوربین Nikon D5300، نرم‌افزار Dialux شاخص‌ها: خیرگی، روشنایی در واحد لوکس
***مولایی* و همکاران (۱۳۹۸)**[8]	کاهش مصرف انرژی با استفاده از بهینه‌سازی تناسبات بازشوها و جبهه نورگیری	روش: شبیه‌سازی و تحلیل نرم‌افزاری ابزار : نرم‌افزار GrassHopper، honeybee plugin شاخص‌ها: شدت مصرف انرژی، شدت روشنایی در واحد لوکس
***الختاتبه* و همکاران (۲۰۱۷)**[16]	بهبود روش‌های دستیابی به آسایش بصری و کارایی- انرژی	روش: تحلیل نرم‌افزاری و اندازه‌گیری میدانی ابزار: نرم‌افزارهای Ecotect، افزونه‌های Evalglare و Radiance 2 شاخص‌ها: شدت روشنایی در واحد لوکس، خیرگی، آسایش حرارتی
***میشل* و *هراکلیوس* (۲۰۱۷)**[31]	ارزیابی آسایش بصری در معماری آموزشی	روش: تحلیل نرم‌افزاری، ارزیابی ادراک ذهنی افراد، تصویربرداری HDR ابزار: پرسش‌نامه، نرم‌افزار DaysimHrdscope، Radiance، Ecotect شاخص‌ها: DGP، UDI، DA، DF
***گولن* (۲۰۱۵)**[25]	نور روز و آسایش بصری	روش: تحلیل نرم‌افزاری ابزار: نرم‌افزارهای Radiance، Ecotect، Diva for Rhino، Rhinoceros 5 شاخص‌ها: شدت روشنایی در واحد لوکس و خیرگی
***بیدیکار* و *بیدیکار* (۲۰۱۳)**[32]	آسایش بصری در بخش بستری بیمارستان	روش: کمی- کیفی ابزار: پرسش‌نامه، شبیه‌ساز نور روز، دستگاه فتومتری شاخص‌های ذهنی: رضایت از نور روز، رضایت از نور مصنوعی شاخص‌های عینی: شدت نور در واحد لوکس
***جاکوبیک* و *رینهارت* (۲۰۱۳)**[33]	پیش‌بینی شرایط آسایش بصری در فضاهای بزرگ	روش: تحلیل‌های کمی و کیفی ابزار: پرسش‌نامه، شبیه‌ساز نور روزانه Radiance شاخص‌های ذهنی: آزردگی ناشی از خیرگی، نسبت کنتراست، نور مستقیم خورشید شاخص‌های عینی: شدت روشنایی در واحد لوکس
***طاهباز* و همکاران (۱۳۹٤)**[34]	تنوع نورگیرها و کیفیت روشنایی	ابزار: روشنایی‌سنج دیتالاگر، ارزیابی رنگ با دستگاه آنالیز رنگ شاخص‌ها: شدت روشنایی، رنگ
***مفیدی* و *پورناصری* (۱۳۹۰)**[35]	تاثیر متغیرهای کالبدی پنجره بر بهره‌گیری مناسب از نور روز	ابزار: پرسش‌نامه محقق‌ساخته شاخص‌ها: وجود منظر و اثرات آن، خیرگی، کیفیت روشنایی، اثرات غیربصری پنجره
***منتصر کوهساری* و *محمد کاری* (۲۰۱۶)**[36]	تحلیل شرایط نوری و گرمایی برای بهینه‌سازی سایز پنجره در ساختمان‌های آموزشی	روش: تحلیل نرم‌افزاری ابزار: نرم‌افزار EnergyPlus V8-1-0 و D aysim و Radiance شاخص‌ها: شاخص روشنایی UDI (شاخص نور مفید روز)
***حق‌شناس* و همکاران (۲۰۱۷)**[37]	ارزیابی اثر تغییر رنگ نور بر آسایش بصری و حرارتی	روش: تحلیل نرم‌افزاری و استفاده از پرسش‌نامه و برداشت میدانی ابزار: پرسش‌نامه، Hobo Oneset temp/RH/light datalogger و ASHRAE Thermal Comfort Tool شاخص‌ها: شدت نور، آسایش حرارتی

روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عینی، دو شاخص خیرگی و نیز شدت روشنایی در ۹ کلاس درس در سه دانشکده شامل دانشکده مکانیک و IT، دانشکده فنی و مهندسی و دانشکده علوم پایه از دانشگاه صنعتی شاهرود، بررسی شدند. با توجه به مطالعه ادبیات پژوهش بهترین شاخص برای ارزیابی خیرگی، شاخص احتمال خیرگی روز (DGP) است. شاخص روشنایی، شدت روشنایی بوده و براساس واحد لوکس است. با استفاده از نرم‌افزار گرس‌هاپر و پلاگین هانی‌بی، کلاس‌های مورد نظر شبیه‌سازی شده و داده‌های مرتبط با شرایط نوری تنظیم شد. در روز ۱۵ام هر ماه از سال و در ٤ بازه زمانی ۸، ۱۰، ۱٤ و ۱٦ شبیه‌سازی و محاسبات برای خیرگی و شدت روشنایی محاسبه شده و نتایج در قالب میانه هر فصل یعنی ماه وسط هر فصل گردآوری شد. نتایج در قالب جداول و نمودارها آورده شده و تحلیل شدند (شکل ۱ و جدول ۲).

شکل ۱) موقعیت کلاس‌ها در دانشکده فنی و مهندسی (الف)، دانشکده مکانیک و IT (ب) و علوم پایه (ج)

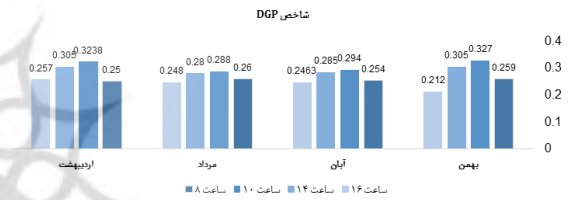
جدول ۲) مشخصات اتاق‌ها در سه دانشکده مکانیک و IT، فنی و مهندسی و علوم پایه

کلاس	موقعیت اتاق در ساختمان	تعداد و موقعیت پنجره‌ها	موقعیت تابلو در اتاق	نوع نورگیری
دانشکده فنی و مهندسی				
۱	ضلع شمال و شمال غربی	یک پنجره در جهت شمال شرقی، دو پنجره شمال غربی	دید به تابلو	نور شمالی نور از طرفین کلاس
۲	ضلع شرقی ساختمان	یک پنجره در جهت شرقی اتاق	دید به تابلو	نور شرقی نور از یک طرف کلاس
۳	ضلع جنوب و جنوب غربی	دو پنجره در جهت جنوبی اتاق	پشت به تابلو	نور جنوبی نور از انتهای کلاس
۴	ضلع غربی ساختمان	یک پنجره غربی	دید به تابلو	نور غربی نور از سمت غرب کلاس
دانشکده علوم پایه				
۱	ضلع شمال و شمال غربی ساختمان	یک پنجره در جهت شرقی و دو پنجره در جهت شمال غربی	دید به تابلو	نور شمال شرقی و شمال غربی نور از انتها و سمت چپ کلاس
۲	ضلع جنوب غربی و غربی ساختمان	یک پنجره در جهت جنوب غربی	دید به تابلو	نور جنوبی و غربی نور از انتهای کلاس
۳	ضلع غربی ساختمان	یک پنجره در جهت شمالی	پشت به تابلو	نور شمالی نور از سمت چپ کلاس
دانشکده مکانیک و IT				
۱	ضلع شرقی ساختمان	یک پنجره در جهت جنوب شرقی	دید به تابلو	نور جنوب شرقی نور از سمت راست کلاس
۲	ضلع غربی ساختمان	یک پنجره در جهت شمال غربی	دید به تابلو	نور شمال غربی نور از سمت غرب کلاس

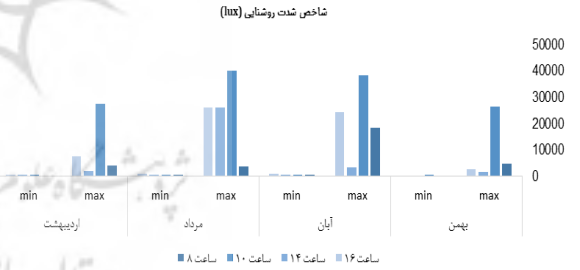
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته‌ها

دانشکده فنی و مهندسی - کلاس ۱: موقعیت کلاس ۱ در جبهه شمالی ساختمان است. نوع نور از جنس انعکاسی و بی‌سایه است. با توجه به حداقل‌ها و حداکثرهای استاندارد روشنایی، مشخص می‌شود که در کلاس ۱، تعادل روشنایی برقرار نیست. برخی نقاط اتاق بسیار روشن‌تر از سایر نقاط بوده و این امر در کل ماه‌ها برقرار است. هرچند که روشنایی حداقل ۳۲۲ لوکس تقریباً در تمامی ساعات و تمامی ماه‌ها برقرار است (البته برخی ساعات این میزان به ۱۲۳ لوکس نیز می‌رسد)، اما حداکثرها نشان‌دهنده عدم وجود تعادل روشنایی است که نیاز به کنترل و تنظیم دارد. اعداد مربوط به شاخص خیرگی نیز نشان می‌دهد در این اتاق، در ماه اردیبهشت ساعات ۸ و ۱۰ خیرگی محسوس است. در مرداد و آبان خیرگی غیرمحسوس بوده و در بهمن به‌خاطر زاویه مایل آفتاب از سمت شرق ساعات ۸ و ۱۰ خیرگی محسوس است. به نظر می‌رسد با ابزار کنترل سایه‌اندازی بتوان این میزان خیرگی را کنترل کرد (نمودارهای ۱ و ۲).



نمودار ۱) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۱ دانشکده فنی و مهندسی



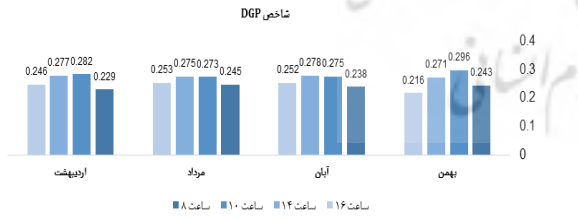
نمودار ۲) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۱ دانشکده فنی و مهندسی

دانشکده فنی و مهندسی- کلاس ۲: کلاس ۲ در جبهه شرقی ساختمان قرار دارد. در کلاس ۲، پنجره در ضلع جنوبی بوده و نصف اتاق را روشن می‌کند و نصف دیگر اتاق همیشه از نور انعکاسی استفاده می‌کند و در حالت نیم‌سایه است. بدون استثنا در تمامی ماه‌ها حداقل روشنایی از حداقل استاندارد پایین‌تر بوده و نشان‌دهنده تیرگی است. حداکثر روشنایی نیز در اغلب ماه‌های سال در ساعات ۸ و ۱۰ از میزان حداکثر استاندارد بالاتر است. اما در ساعات ۱۴ و ۱۶ حداکثر روشنایی تقریباً کمتر از میزان ۲۱۵۰ لوکس استاندارد است. به نظر می‌رسد در ساعات اولیه سایه‌اندازی نیاز بوده و در ساعات بعد از ظهر می‌توان با روشنایی مصنوعی حداقل نیاز را جبران کرد تا تعادل روشنایی در اتاق برقرار شود. می‌توان نتیجه گرفت توزیع مناسب پنجره در یک جبهه فضا نیاز است (نمودارهای ۳ و ٤).

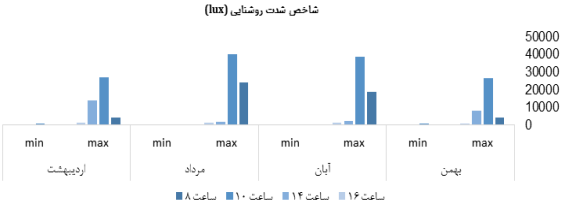
نمودار ۳) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۲ دانشکده فنی و مهندسی

نمودار ۴) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۲ دانشکده فنی و مهندسی

دانشکده فنی و مهندسی- کلاس ۳: کلاس ۳ در جبهه جنوبی قرار گرفته و تا حدی متمایل به جنوب غربی نیز است. روشنایی در این کلاس متناسب بوده ولی جهت تابش آن از پشت است؛ بهتر است جای تابلو به ضلع شرقی تغییر کند. حداقل روشنایی تقریباً تنها در ساعات ۱۶ دچار مشکل بوده و بقیه ساعات منطبق با حداقل روشنایی مورد نیاز است. حداکثر روشنایی در هیچ یک از ماه‌ها و ساعات مگر در ساعت ۱۶ مطابق با حد استاندارد نبوده و بسیار بالاتر است. این امر نشان‌دهنده عدم تعادل روشنایی در این اتاق است که ممکن است منجر به خیرگی یا تیرگی شود. می‌توان نتیجه گرفت که توجه ویژه به استقرار پنجره و چیدمان و نصب تابلو با توجه به نور مهم است (نمودارهای ۵ و ۶).

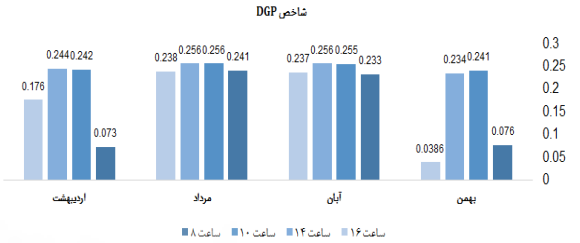


نمودار ۵) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۳ دانشکده فنی و مهندسی

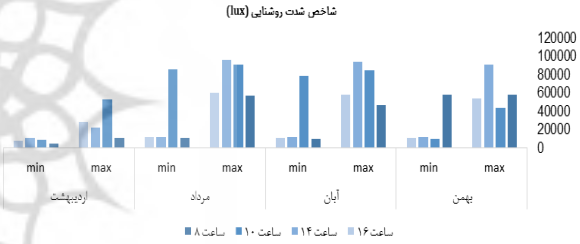


نمودار ۶) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۳ دانشکده فنی و مهندسی

دانشکده فنی و مهندسی- کلاس ۴: کلاس ۴ در جبهه شمالی ساختمان قرار دارد. نور این کلاس از نوع انعکاسی بوده و از بعد طراحی متغیرهای تابلو و پنجره و چیدمان، علمی و مناسب است. توجه به اعداد روشنایی کلاس، نشان‌دهنده این است که در این اتاق نور خورشید ساعات زیاد و نفوذ زیادتری داشته به‌طوری که ارزش‌های حداقل و حداکثر بسیار بیشتر از حد استاندارد است. اعداد خیرگی نیز نشان‌دهنده این مطلب است که خیرگی در این اتاق نامحسوس است. می‌توان نتیجه گرفت که در اتاق‌ها پنجره‌ها در ضلع طول باید باشند و عمق زیاد بیش از ۷ متر روشنایی را تضعیف می‌کند (نمودارهای ۷ و ۸).

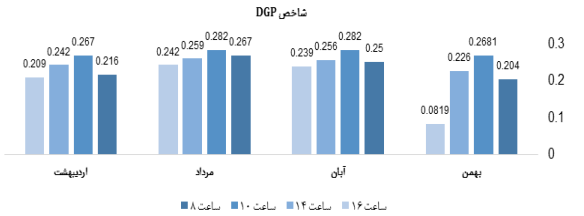


نمودار ۷) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۴ دانشکده فنی و مهندسی

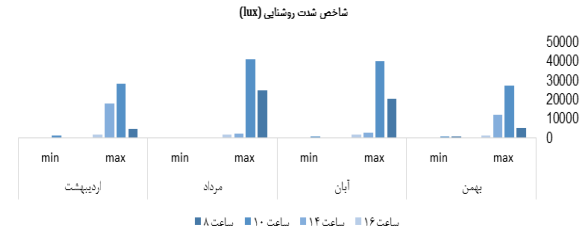


نمودار ۸) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۴ دانشکده فنی و مهندسی

دانشکده مکانیک و IT- کلاس ۱: کلاس ۱ در جبهه جنوب شرقی ساختمان قرار دارد. در ساعات ۱۰ و ۱۴ حداقل روشنایی در بازه استاندارد قرار داشته و در ساعات ۱۰ و ۱۶ تقریباً بالاتر از حد استاندارد است. ارزش‌های حداکثر نیز نشان می‌دهند در تمامی ماه‌ها و ساعات این میزان از حداکثر استاندارد بسیار بالاتر است. میزان حداقل و حداکثر کلی نشان‌دهنده وجود تیرگی و خیرگی نقطه‌ای در برخی ماه‌ها و ساعات است. اعداد میانگین متناظر با خیرگی نشان‌دهنده این مطلب است که در این اتاق خیرگی صفحه‌ای نامحسوس بوده و به احتمال زیاد خیرگی نقطه‌ای در آن رخ می‌دهد. مشکل اصلی در این اتاق چیدمان غلط است که برای افراد راست‌دست مشکل دارد، ولی چپ‌دست‌ها راحت‌تر خواهند بود. در این فضا نور روز به حد کافی وجود دارد. احتمالاً تنها مشکل، چیدمان تابلو و چیدمان صندلی است. در ماه دی نور خیرگی بیشتری به‌دلیل زاویه مایل افتاب دارد (نمودارهای ۹ و ۱۰).

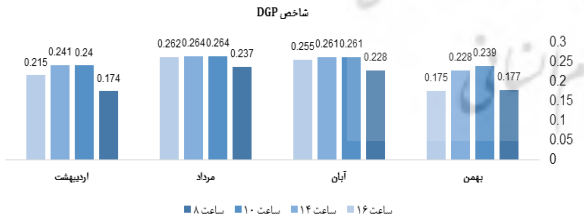


نمودار ۹) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۱ دانشکده مکانیک و IT

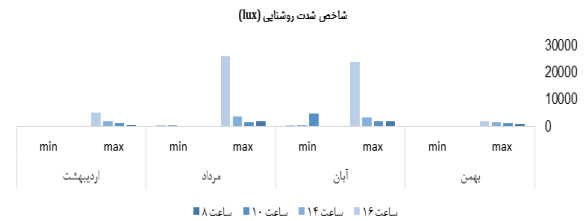


نمودار ۱۰) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۱ دانشکده مکانیک و IT

دانشکده مکانیک و IT- کلاس ۲: کلاس ۲ در جبهه شمال غربی ساختمان دانشکده مکانیک واقع شده است. حداقل روشنایی تقریباً مطابق با استانداردها است، مگر در اردیبهشت و بهمن ساعات ۸ و ۱۶. در ساعات ۱۴ و ۱۶ تقریباً حداکثر روشنایی تا حدودی از روشنایی استاندارد بالاتر است. همین امر سبب می‌شود که تعادل روشنایی در مواردی رعایت نشود. در بقیه ساعات و ماه‌ها نسبت‌های استاندارد برقرار است. توجه به حداقل و حداکثر کلی نشان‌دهنده احتمال وجود خیرگی و تیرگی نقطه‌ای در اتاق است. اعداد متناظر با شاخص خیرگی در اتاق نشان‌دهنده این است که خیرگی صفحه‌ای در این اتاق رخ نمی‌دهد و موارد مربوط به خیرگی ناشی از عدم تعادل روشنایی بوده که محتملاً به‌صورت نقطه‌ای رخ می‌دهد. این فضا بهترین روشنایی و چیدمان را دارد (نمودارهای ۱۱ و ۱۲).

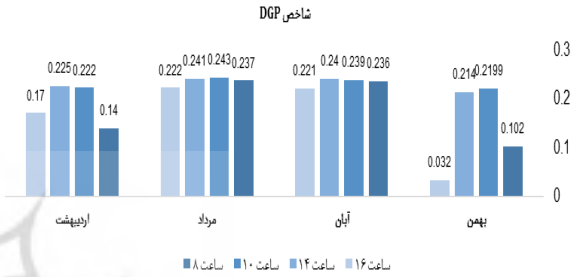


نمودار ۱۱) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۲ دانشکده مکانیک و IT

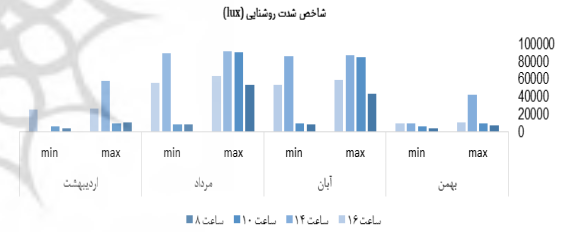


نمودار ۱۲) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۲ دانشکده مکانیک و IT

دانشکده علوم پایه- کلاس ۱: کلاس ۱ در جبهه شمالی ساختمان واقع شده است. اعداد مربوط به حداقل‌ها و حداکثرهای روشنایی در تمام طول سال از میزان استاندارد بسیار بالاتر بوده است. از طرفی علی‌رغم این که اعداد خیرگی نشان‌دهنده خیرگی نامحسوس در کلاس است، با این حال خیرگی نقطه‌ای در کلاس وجود داشته و نیاز به ابزار کنترل روشنایی و سایه‌اندازی وجود دارد. در این کلاس نور از پشت به دانشجویان می‌تابد و در نوشتن سایه به روی کاغذ می‌افتد و همچنین معلم رو به پنجره دید دارد و ضدنور است. بنابراین دانشجویان را خوب نخواهد دید، ولی دانشجویان دید کافی به تابلو دارند. نور در ساعات قبل ظهر شدید بوده و در ساعات بعد از ظهر از نور انعکاسی بهره می‌برد. این نور بی‌سایه بوده و سایه‌اندازی کمتر خواهد بود (نمودارهای ۱۳ و ۱۴).



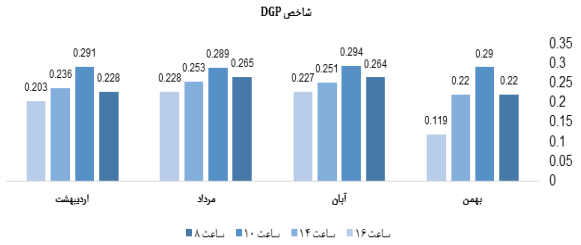
نمودار ۱۳) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۱ دانشکده علوم پایه



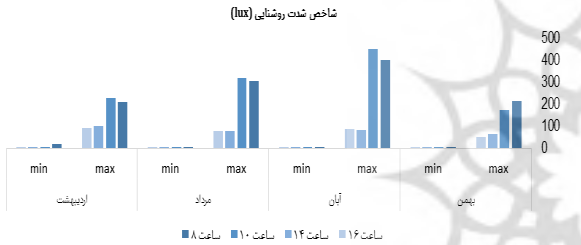
نمودار ۱۴) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۱ دانشکده علوم پایه

دانشکده علوم پایه- کلاس ۲: کلاس ۲ در جبهه غربی ساختمان قرار گرفته است. اعداد متناظر با ارزش‌های روشنایی در کلاس ۲ دانشکده علوم نشان‌دهنده این است که میزان روشنایی این اتاق بسیار پایین است به حدی که حتی اعداد حداکثری نیز به میزان حداقل نمی‌رسند. این امر نشان‌دهنده وجود خیرگی در این اتاق است. نیاز است تا روشنایی مطلوب از طریق روشنایی مصنوعی تامین شود. اعداد متناظر با ارزش‌های خیرگی، نشان‌دهنده خیرگی نامحسوس در این اتاق است. در این اتاق از صبح تا عصر نور از نوع انعکاسی بوده و میزان نور کمتر است و از پشت به دانشجویان می‌تابد و معلم ضدنور است. در ساعات عصر نور غرب با شدت زیادی به پشت دانشجویان می‌تابد و سایه دانشجویان روی سطح کار می‌افتد و معلم از شدت نور آزار می‌بینند (نمودارهای ۱۵ و ۱۶).

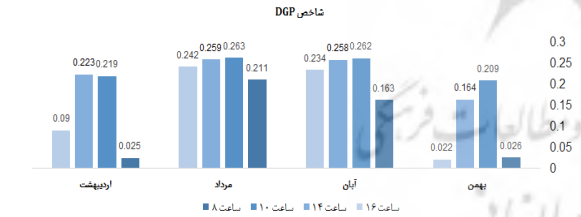
دانشکده علوم پایه- کلاس ۳: کلاس ۳ در سمت جنوب غربی ساختمان واقع شده است. اعداد متناظر با حداقل‌های روشنایی نشان می‌دهد که این مقادیر از حداقل استاندارد بسیار پایین‌تر بوده و این امر موجب عدم تعادل روشنایی شده و تیرگی در این اتاق رخ می‌دهد. به نظر می‌رسد نیاز است تا با سیستم روشنایی مصنوعی این کمبود جبران شود. ارزش‌های خیرگی در این اتاق نشان‌دهنده خیرگی نامحسوس بوده و تیرگی رخ می‌دهد. این فضا از نور مناسب شمالی از نوع انعکاسی بهره می‌برد و برای کلاس درس مناسب است چون بی‌سایه است. جهت چیدمان درست بوده و تابلو درست طراحی شده است. اندازه پنجره و محل قرارگیری آن مناسب است اما تناسبات و چیدمان پنجره مناسب نیست، از این رو نصف کلاس همیشه در سایه خواهد بود (نمودارهای ۱۷ و ۱۸).



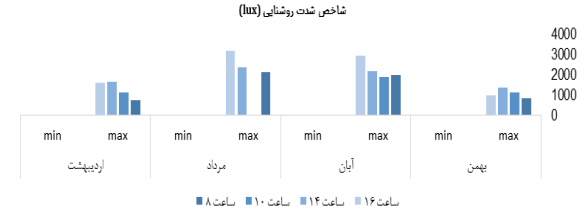
نمودار ۱۵) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۲ دانشکده علوم پایه



نمودار ۱۶) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۲ دانشکده علوم پایه



نمودار ۱۷) شاخص DGP روز پانزدهم در کلاس ۳ دانشکده علوم پایه



نمودار ۱۸) شاخص شدت روشنایی روز پانزدهم در کلاس ۳ دانشکده علوم پایه

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آسایش بصری نوری در کلاس‌های درسی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. سه دانشکده و از هر دانشکده تعدادی کلاس در جهت‌های مختلف برای بررسی انتخاب

شدند. در پاسخ به سئوال اول پژوهش مبنی بر این که کمیت و کیفیت نور روز در کلاس‌های مورد ارزیابی چگونه است، نتایج نشان داد که در کلاس‌های ۱ و ۲ دانشکده فنی مقادیر حداقل و حداکثر روشنایی از بازه استاندارد بیشتر است. در کلاس ۳ مقادیر حداکثر و در کلاس ٤ مقادیر حداقلی بیشتر از حد استاندارد بوده است. در دانشکده مکانیک کلاس ۲ تنها کلاسی است که به لحاظ شرایط نوری نسبتاً مناسب است. در کلاس ۱ نیز مقادیر حداکثر بیشتر از حد استاندارد بوده است. در دانشکده علوم پایه کلاس ۱، مقادیر حداکثری و در کلاس ۲ مقادیر کلی و در کلاس ۳ مقادیر حداقلی پایین‌تر از حد استاندارد بوده‌اند.

این نتایج نشان می‌دهد در اکثر کلاس‌ها نیاز به تعدیل نور در فضا است. برای تحقق این امر می‌توان با تغییردادن محل تابلو و تغییر در شرایط چیدمان شرایط نامناسب نوری را در طول سال بهینه‌سازی کرد. همچنین مهم‌ترین بخش تحقیق نشان می‌دهد که با تغییر در شرایط مکانی متغیرهایی مثل چیدمان صندلی و تابلو نسبت به موقعیت قرارگیری پنجره‌ها با کنترل سایه‌اندازی و بهره‌برداری بهتر برای تعدیل روشنایی می‌توان تا حد زیادی کیفیت نورپردازی فضاهای داخلی را افزایش داد. و همچنین مهم‌ترین یافته تحقیق این است که طراحی معماری داخلی فضا برای ایجاد ارتباط چیدمان و سرچشمه نور و تابلو توسط افراد متخصص انجام نمی‌گیرد یا به افراد غیرصاحب‌نظر سپرده می‌شود. احتمالاً در طراحی معماری توجه به نیاز نور روز فدای نمای مناسب ظاهری بنا می‌شود.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: این مقاله برگرفته از رساله دکتری آقای *امیرمحسن نیکزاد* تحت عنوان "بهبود آسایش بصری نوری در فضاهای آموزشی دانشگاهی ایران جهت افزایش و ایجاد تعلق به مکان (مطالعه موردی: دانشگاه صنعتی شاهرود)" است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان در مقاله: امیرمحسن نیکزاد (نویسنده اول)، نگارنده مقاله/پژوهشگر اصلی (۵۰%)؛ نیلوفر ملک (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی (۱۰%)؛ عباس غفاری (نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (٤۰%)

منابع مالی و حمایت‌ها: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1- Mazaherian H, Keynoosh AM, Keynoosh A. Endogenous versus conventional approach to residential development in revitalize urban identity of Iranian Islamic architecture. Naghsh-e Jahan. 2017;7(1):1-12. [Persian]

2- Yousefian S, Pourjafar M, Ahmadpour Kalahroodi N. Impacts of high-rise buildings form on climatic comfort with emphasis on airflow through ENVI-met software. Naghsh-e Jahan. 2017;7(2):1-10. [Persian]

3- Mahdavinejad M. High-performance architecture: search for future legacy in contemporary Iranian architecture. Armanshahr Architect Urban Dev. 2017;9(17):129-38. [Persian]

4- Mahdavinejad M. Discourse of high-performance architecture: a method to understand contemporary architecture. Hoviatshahr. 2017;11(2):53-67. [Persian]

5- Mahdavinejad M. Dilemma of prosperity and technology in contemporary architecture of developing countries. Naghsh-e Jahan. 2014;4(2):36-46. [Persian]

6- Ghanbaran A, Hosseinpour MA. Assessment of design parameter influence on energy efficiency in educational buildings in Tehran's climate. Naghsh-e Jahan. 2016;6(3):51-62. [Persian]

7- Saadatjoo P, Mahdavinejad M, Zarkesh A. Porosity rendering in high-performance architecture: wind-driven natural ventilation and porosity distribution patterns. Armanshahr Architect Urban Dev. 2019;12(26):73-87.

8- Molaei MM, Pilechiha P, Shadanfar A. Optimization of window proportions with an approach to reducing energy consumption in office buildings. Naghsh-e Jahan. 2019;9(2):117-23. [Persian]

9- Pilechiha P, Mahdavinejad M, Rahimian FP, Carnemolla P, Seyedzadeh S. Multi-objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. Appl Energy. 2020;261:114356.

10- Ganji Kheybari A, Diba D, Mahdavinejad M, Shahcheraghi A. Algorithmic design of Palekane in order to increase efficiency of daylighting in buildings. Armanshahr Architect Urban Dev. 2015;8(1):35-52. [Persian]

11- Yazhari Kermani A, Nasrollahi F, Mahdavinejad M. Investigation of the relationship between depth of overhang and amount of daylight indicators in office buildings of Kerman city. Environ Health Eng Manag J. 2018;5(3):129-36.

12- Nikoudel F, Mahdavinejad M, Vazifehdan J. Nocturnal architecture of buildings: interaction of exterior lighting and visual beauty. Light Eng. 2018;26(1):81-90.

13- Van Den Wymelenberg K, Inanici M, Johnson P. The effect of luminance distribution patterns on occupant preference in a Daylit office environment. LEUKOS. 2010;7(2):103-22.

14- Winterbottom M, Wilkins A. Lighting and discomfort in the classroom. J Environ Psychol. 2009;29(1):63-75.

15- Abdelatia B, Marenne C, Semidor C. Daylighting strategy for sustainable schools: case study of prototype classrooms in Libya. J Sustain Dev. 2010;3(3):60-7.

16- Al-Khatatbeh BJ, Ma'bdeh SN. Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques. Energy Procedia. 2017;136:102-8.

17- Krüger EL, Dorigo AL. Daylighting analysis in a public school in Curitiba, Brazil. Renew Energy. 2008;33(7):1695-702.

18- Yu X, Su Y. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation –A literature review. Renew Sustain Energy Rev. 2015;52:494-503.

19- Mahdavinejad M, Matoor S, Fayaz R, Bemanian M. Estimation of daylight availability and illuminance on vertical south facing surfaces in Tehran. Adv Mater Res. 2012;518:1525-9.

20- Mahdavinejad M, Yazdi H. Daylightophil Approach towards High-Performance Architecture for Hybrid-

Optimization of Visual Comfort and Daylight Factor in BSk. Int J Architect Environ Eng. 2017;11(9):1324-7.
21- Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R. Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: a review. J Build Eng. 2020;28:101011.
22- Yun G, Park DY, Kim KS. Appropriate activation threshold of the external blind for visual comfort and lighting energy saving in different climate conditions. Build Environ. 2017;113:247-66.
23- Tabadkani A, Valinejad Shoubi M, Soflaei F, Banihashemi S. Integrated parametric design of adaptive facades for user's visual comfort. Autom Constr. 2019;106:102857.
24- Fazeli N, Mahdavinejad M, Bemanian M. dynamic envelope and control shading pattern to visual comfort of office building in Tehran. Space Ontol Int J. 2019;8(3):31-40.
25- Motazedian F, Mahdavinejad M, Habib F, Diba D. Classroom lighting control systems and level of energy consumption, Tehran, Iran. Int J Architect Urban Dev. 2016;6(2):35-42.
26- Seyed Shafavi N, Tahsildoost M, Zomorodian ZS. Investigation of illuminance-based metrics in predicting occupants' visual comfort, case study: Architecture design studios. Sol Energy. 2020;197:111-25.
27- Cheong KH, Teo YH, Koh JM, Acharya UR, Man Yu SC. A simulation-aided approach in improving thermal-visual comfort and power efficiency in buildings. J Build Eng. 2020;27:100936.
28- Ayatollahi Tabatabaei ZS, Safavi S. The impact of new technologies on quality of lighting in the historical and cultural areas (example: Tehran, Siye_Tir Street). Naghsh-e Jahan. 2020;9(4):323-34. [Persian]
29- Tabibian S, Habib F, Garakani SA. An analytical approach to the quality of natural light within the vault of Madreseh Sepahsalar Mosque (Shahid Motahari). Naghsh-e Jahan. 2020;9(4):245-56. [Persian]
30- Guerry E, Gălăţanu CD, Canale L, Zissis G. Luminance Contrast Assessment for Elderly Visual Comfort Using Imaging Measurements. Procedia Manufact. 2019;32:474-9.
31- Michael A, Heracleous C. Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. Energy Build. 2017;140:443-57.
32- Bidikar M, Bidikar MP. Investigation of visual comfort to beside light in hospital ward. Int J Sci Res Public. 2013;3(6):1-4.
33- Jakubiec JA, Reinhart CF. Predicting visual comfort conditions in a large Daylit space based on long-term occupant evaluations: a field study. In: Proceedings of 13th Conference of International Building Performance Simulation Association; 2013 Agu 26-28; Chambéry, France.
34- Tahbaz M, Jalilian S, Mousavi F, Kazemzadeh M. Effects of architectural design on daylight fantasy in Iranian traditional houses. Armanshahr Architect Urban Dev. 2016;8(15):71-81. [Persian]
35- Mofidi Shemirani SM, Pournaseri S. Modeling the extent and manner of the effect of window physical variables on the proper use of daylight in middle school classrooms in Tehran. Technol Educ J. 2011;6(1):29-44. [Persian]
36- Montaser Koohsari A, Fayaz R, Mohammad Kari B. Integrating thermal and lighting analysis to optimize window size of educational buildings. Naghsh-e Jahan. 2016;5(4):45-60.
37- Haghshenas M, Bemanian M, Ghiabaklou Z. Investigating the effect of changing the transmitted light's color on thermal and visual comfort. Naghsh-e Jahan. 2017;6(4):13-25.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی