Housing and Rural Environment
Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215
Homepage: https://jhre.ir

Investigating the Brightness and Glare evaluation criteria to improve daylight performance; Case study: Sultan Heydari rural primary school located in a warm and semi-humid climate

Anis Fatholah Gandami[1], Mohsen Taban[2]✉

1. Master's student, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. E-mail:anisgandomi2021@gmail.com
2. Corresponding author, Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. E-mail:mntaban@jsu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research paper

Article history:
Received: 18 - 11 - 2023
Accepted:11 - 6 – 2024

Keywords:
Daylight Indices,
Dazzle Indices ,
Rural Schools,
Warm and Semi Humid Climate

ABSTRACT

Objective: Among the most important factors affecting the efficiency of users of educational spaces, especially students, is the quality of light because the intensity and excessive amount of light in the space leads to impaired visual comfort in students and this leads to problems such as lack of concentration, distraction, headache and other physiological disorders. In the present study, the visual comfort and light performance of a sample of three rural classes in hot and semi - humid climate were evaluated.
The purpose of this research is evaluation of daylight indices (DLA) and (UDI) and dazzled state (DGP) indexes in school sample classes and comparing the performance of daylight and glare criteria proposed with orientation and window-to-wall ratio (WWR) in order to provide the required light, while providing solutions to improve daylight performance in this space.
Method: If the evaluation is given according to the schedule of the students ' attendance at the classroom and the minimum of the luxury required by the standards, it is considered as the standard 300 luxury. Visual comfort conditions are evaluated for four different locations of students with respect to window in sitting position in all three classes. Now, after defining the daylight and glare indicators, these indicators have been analyzed using Rhino7 software and Grasshopper, Ladybug (Ver 0.0.68) and Honeybee (Ver 0.0.65) plugins.
Conclusions: According to the evaluations done, the north - east class, which the window - to - wall ratio is %20.49, has a better visual comfort and daylight performance than the other methods for improving the performance of daylight received in this class. according to the proposed solutions, the values related to the DLA and UDIuseful indices are %65.48 and %6.22 respectively compared to the current situation studied for the north - east class, despite the visual comfort conditions. therefore, if the required light is not provided in the space, by changing the reflection of the inner surfaces up to about %6.30, by changing the light transmission coefficient from glass up to 56/56 percent and by increasing the ratio of openings to the wall surface up to about %11.56 , it can add up to about %47.62 improvement in daylight performance in the interior .

The present article is taken from the master's thesis at the Faculty of Architecture and Urban Planning, Jundishapor University of Technology, Dezful, Iran, under the title "Designing an energy-efficient classroom in a hot and semi-humid climate (evaluation of the effect of opening proportions on the received light and visual comfort of users)", in It is prepared by hand.

CC BY NC

DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45 Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

مسکن و محیط روستا
شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸
Homepage: https://jhre.ir

بررسی معیارهای ارزیابی روشنایی و خیرگی جهت بهبود عملکرد نور روز؛ مطالعه موردی: دبستان روستایی سلطان حیدری واقع در اقلیم گرم و نیمه مرطوب

انیس فتح اله گندمی [۱] | محسن تابان [۲]✉

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران. رایانامه: anisgandomi2021@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران. رایانامه: mntaban@jsu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

کلیدواژه‌ها:
شاخص‌های نوروز،
شاخص‌های خیرگی،
مدارس روستایی،
اقلیم گرم و مرطوب.

چکیده

هدف: ازجمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کارایی استفاده‌کنندگان از فضاهای آموزشی، به‌خصوص دانش‌آموزان، کیفیت نور است. چراکه شدت و میزان بیش‌ازحد نور در فضا منجر به ایجاد اختلال در آسایش بصری دانش‌آموزان شده و این امر باعث خیرگی و ایجاد مشکلاتی مانند عدم تمرکز، حواس‌پرتی، سردرد و سایر اختلالات فیزیولوژیکی می‌شود. در پژوهش حاضر، به ارزیابی آسایش بصری و عملکرد نور روز در کلاس‌های یک نمونه مدرسه سه کلاس روستایی واقع در اقلیم گرم و نیمه مرطوب، پرداخته شده است. هدف از این پژوهش، ارزیابی شاخص‌های نور روز (DLA) و (UDI) و نیز شاخص‌های خیرگی (DGP) و (DGI) در کلاس‌های نمونه مدرسه موردنظر و مقایسه عملکرد معیارهای نور روز و خیرگی مطرح‌شده با جهت‌گیری و نسبت پنجره به دیوار (WWR) به‌منظور تأمین نور موردنیاز، ضمن ارائه راهکارهایی جهت بهبود عملکرد نور روز در این فضا است.

روش پژوهش: چنانچه ارزیابی روشنایی باتوجه‌به برنامه زمان‌بندی حضور دانش‌آموزان در کلاس درس و حداقل میزان لوکس موردنیاز آن باتوجه‌به استاندارد اشری ۳۰۰ لوکس در نظر گرفته شده است. شرایط آسایش بصری نیز برای چهار موقعیت مختلف دانش‌آموز نسبت به پنجره در حالت نشسته در هر سه کلاس مورد ارزیابی قرار گرفته است. حال‌آنکه پس از تعریف شاخص‌های نور روز و خیرگی، با استفاده از نرم‌افزار Rhino7 و پلاگین‌های Grasshopper، $Ladybug_{(Ver\ 0.0.68)}$ و $Honeybee_{(Ver\ 0.0.65)}$ به بررسی این شاخص‌ها پرداخته شده است.

نتیجه‌گیری: بر اساس ارزیابی‌های انجام‌شده، کلاس شمال شرقی که نسبت پنجره به سطح دیوار در آن برابر ۲۰/۴۹ درصد است، از آسایش بصری و عملکرد نور روز به نسبت مناسب‌تری برخوردار است که جهت بهبود عملکرد نور روز دریافتی در این کلاس راهکارهایی ارائه شد. باتوجه‌به ارزیابی راهکارهای پیشنهادی، مقادیر مربوط به شاخص DLA و UDI_{useful} به ترتیب ۶۵/۴۸ درصد و ۶/۲۲ درصد نسبت به وضعیت موجود بررسی‌شده برای کلاس شمال شرقی، باوجود شرایط آسایش بصری، ارتقا یافته است. لذا درصورتی‌که نور موردنیاز در فضا تأمین نشده باشد، می‌توان با تغییر میزان انعکاس سطوح داخلی تا حدوداً ۶/۳۰ درصد، با تغییر ضریب عبور نور از شیشه تا ۱۱/۵۶ درصد و نیز با افزایش تناسبات بازشو نسبت به سطح دیوار تا حدوداً ۴۷/۶۲ درصد بر بهبود عملکرد نور روز در فضای داخلی افزود.

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران، تحت عنوان «طراحی کلاس درس کارآمد انرژی در اقلیم گرم و نیمه مرطوب (ارزیابی تأثیر تناسبات بازشو بر نور دریافتی و آسایش بصری کاربران)»، در دست تهیه است.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

مقدمه

انرژی در کشورهای توسعه‌یافته به یک دغدغه جهانی تبدیل شده است و درواقع مبحث انرژی یکی از مهم‌ترین و چالش‌برانگیزترین موضوعات در تمامی جوامع امروزی محسوب می‌شود که باتوجه‌به سهم عمده مصرف انرژی بخش ساختمان در دهه‌های اخیر تحولات چشمگیری در کشورهای پیشرفته و درحال‌توسعه، برای بهبود وضعیت مصرف انرژی، صورت گرفته است (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۹). بر اساس گزارش‌های تهیه‌شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)[1] ، ۸۱ درصد از انرژی جهان از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که به‌عنوان منابع ضعیف انرژی شناخته می‌شوند (Nikoukar & Taban, 2023) و بنابر این گزارش‌ها و به دلیل اهمیت علوم آسایش انسانی، روشنایی با بیش از ۲۵ درصد سرانه مصرف انرژی، پس از سیستم‌های سرمایش- گرمایش با ۴۵ درصد سرانه مصرف انرژی برای یک ساختمان، در جایگاه دوم قرار گرفته است (تورانی و همکاران، ۱۳۹۶) که این مسائل نشان‌دهنده ضرورت توجه به مباحث بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در حوزه روشنایی است. همچنین گزارش شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی نشان می‌دهد، کشور ایران در میان ۱۳۲ کشور جهان در سال ۲۰۱۲، رده ۱۱۴ را ازنظر شاخص زیست‌محیطی به خود اختصاص داده، این در حالی است که سال ۲۰۰۸، رده ۶۷ و سال ۲۰۱۰ در رده ۷۸ قرار گرفته است؛ درواقع روندی نزولی را نسبت به گذشته در عملکرد زیست‌محیطی طی نموده. بنابراین توجه به مباحث انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آن در کشور ایران نیز، که این موضوع در کشورهای پیشرفته به‌عنوان اصلی مهم در مبحث ساختمان‌سازی موردتوجه است، امری لازم است (شیخی نشلجی و مهدی‌زاده سراج، ۱۴۰۱). با بهره‌گیری مناسب از نور طبیعی، که از ابتدای تمدن بشری مورداستفاده قرار گرفته است، می‌توان به صرفه‌جویی در مصرف انرژی جهت تأمین روشنایی دست یافت (Kwong, 2020). در زمینه طراحی معماری نیز راحتی بصری و کیفیت نور ازجمله مؤلفه‌های مهم و کلیدی محسوب می‌شوند (Lotfabadi & Hancer, 2023). همچنین ازنظر محیط بصری، اگرچه نور طبیعی به‌طور مؤثر مصرف انرژی را کاهش می‌دهد و رضایت استفاده‌کنندگان از فضا را افزایش می‌دهد (Baghoolizadeh et al., 2023)، ورود بیش‌ازحد و کنترل‌نشده نور در فضا باعث تابش خیره‌کننده و ناراحتی بصری کاربران می‌شود (Lee & Song, 2023). به‌طورکلی می‌توان اذعان نمود آسایش بصری بر وضعیت روانی و احساسات افراد تأثیر می‌گذارد و توجه به این موضوع در کاربری‌هایی همچون فضاهای اداری و آموزشی که فعالیت بصری در آن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است، امری ضروری است؛ چنانچه این امر باعث افزایش تمرکز و کارایی افراد در فضا می‌شود (Kwong, 2020) و از آثار تابش خیره‌کننده مانند خستگی چشم، کاهش وضوح دید، مسدود کردن دید و یا حواس‌پرتی جلوگیری می‌نماید (Xue et al., 2022) در ساختمان، پنجره‌ها نقش مهمی در ارزیابی عملکرد انرژی کاربران ایفا می‌کنند. آن‌ها ازجمله عناصری در ساختمان هستند که انرژی و نور روز ازطریق آن‌ها به فضای داخلی وارد شده (Baghoolizadeh et al., 2023) و تأثیر قابل‌توجهی بر تعادل انرژی ساختمان دارند؛ بنابراین ایجاد یک محیط داخلی راحت و بهبود بهره‌وری از انرژی و کنترل تابش نور، که ازطریق پنجره‌ها وارد فضا می‌شود، موردتوجه است.

پرسش‌های پژوهش

۱- عملکرد کلاس‌های درس نمونه مدرسه روستایی در دریافت نور طبیعی و تأمین شرایط آسایش بصری چگونه است؟

۲- افزایش تناسبات بازشو و تغییر انعکاس سطوح داخلی به چه میزان سبب بهبود عملکرد نورگیری فضا می‌شود؟

پیشینه پژوهش

در زمینه بررسی عملکرد شاخص‌های نور روز و خیرگی جهت دستیابی به آسایش بصری و تأمین نور موردنیاز در فضای داخلی که منجر به بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز می‌شود، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. حال‌آنکه در جدول ۱، به پیشینه‌ای از این مطالعات انجام‌شده، اشاره می‌شود.

جدول ۱. پیشینه مطالعات انجام‌شده در حوزه انرژی

ردیف	نوع پژوهش	موقعیت	کاربری	هدف	شاخص	نرم‌افزار	منبع و سال
۱	مقاله	ایران	اداری	بهره‌وری روشنایی یک پوسته	UDI	Rhino	رستم‌زاده و

1. International Energy Agency

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

		(تهران)		متحرک با طرح اسلیمی و تأمین آسایش بصری کاربران	ASE sDA	Grasshopper Honeybee Ladybug DesignBuilder	همکاران (۱۴۰۰)
۲	مقاله	ایران (تهران)	آموزشی	بررسی تأثیر مؤلفه‌های کاربردی پنجره در بهره‌گیری مناسب از نور روز و کیفیت روشنایی فضا	نور روز	DIALuxEvo	کارگر و همکاران (۱۴۰۰)
۳	مقاله	ایران (بندرعباس و تبریز)	اداری	طراحی لوورها و تأثیر آن‌ها بر آسایش بصری و مصرف سالانه انرژی ساختمان	UDI EUI	Rhino Grasshopper Ladybug Honeybee Radiance	رفعتی و همکاران (۱۴۰۰)
۴	مقاله	ایران (تهران)	سالن مطالعه	ارزیابی و بهبود شرایط بصری و ارائه راهکارهای پیشنهادی در این زمینه	UDI DGP	Radiance Diva	فروزنده شهرکی و همکاران (۱۴۰۰)
۵	رساله	ایران (تهران)	اداری	تعیین سیستم‌های روشنایی روز برای دستیابی به آسایش بصری موردنیاز در دفاتر	sDA و ASE	Rhino Grasshopper Ladybug Honeybee Honeybee+	روح اللهی نیار (۱۴۰۰)
۶	مقاله	ایران (همدان)	اداری	بهینه‌سازی همزمان عملکرد نور روز و مصرف انرژی	UDI EUI	Rhino Grasshopper Window	قاسمی نسب و همکاران (۱۴۰۰)
۷	مقاله	چین (تایوان)	آموزشی	استفاده از یک سیستم کنترل HSLDCS) پرده و لامپ (جهت بهینه‌سازی روشنایی فضای داخلی کلاس درس	DGP HDRi UGR	–	Budhiyanto & Chiou (2024)
۸	مقاله	چین	آموزشی	توسعه روش شبیه‌سازی به‌منظور دریافت نور کافی و تأمین آسایش بصری دانش‌آموزان با استفاده از یک پنجره جدید که دارای پرده‌هایی با قابلیت تعویض است	sDA DA	Radiance Honeybee Ladybug Honeybee+	Bian & et al. (2023)
۹	مقاله	کره‌جنوبی	مسکونی	تحلیل و ارزیابی عملکرد پنجره‌های هوشمند جهت تأمین آسایش بصری و حرارتی باتوجه‌به عملکرد انرژی ساختمان	UDI DGI	–	Lee & Song (2023)
۱۰	مقاله	آمریکا (میشیگان)	اداری	استفاده از پوشش‌های فتوکرومیک با رنگ‌های مختلف شیشه‌های پنجره جهت بهبود آسایش بصری	UDI DGP	Rhino Grasshopper Honeybee	Heidari Matin et al (2022)
۱۱	مقاله	ایران (تهران)	اداری	ارزیابی نور روز ازطریق تغییر ساختار آتریوم	DA UDI DLA	Rhino Grasshopper Honeybee	Rastegari et al (2021)
۱۲	مقاله	ایران (اصفهان)	مسکونی	بهینه‌سازی مصرف انرژی و عملکرد نور روز ازطریق یافتن بهترین زاویه شیشه پنجره	UDI DF	Daysim Radiance EnergyPlus	Maleki & Dehghan (2020)
۱۳	مقاله	استرالیا	مسکونی	حداکثر استفاده از نور روز، توجه به انتقال حرارت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی	نور طبیعی، گرمایش و سرمایش	Revit BIM Insight	Chen et al (2020)

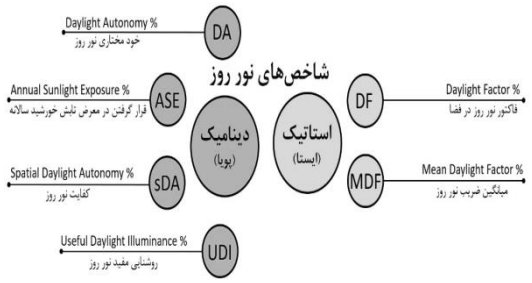
آسایش بصری و شاخص‌های نور روز

آسایش بصری در استاندارد اروپا "EN 12665" به این صورت تعریف می‌شود: «شرایط ذهنی بصری لذت‌بخش ناشی از محیط بصری» (EN 12665, 2011).

در زمینه‌ی سنجش نور روز، شاخص‌های متعددی برای تخمین میزان آسایش کاربران و یا درک این موضوع که آیا آن‌ها در فضایی که نور موردنیاز آن ازطریق نور طبیعی تأمین می‌شود، احساس رضایت دارند یا خیر، پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

به‌طورکلی به دو دسته کلی شاخص‌های استاتیک (ایستا) و شاخص‌های دینامیک (پویا) تقسیم می‌شوند. شاخص‌های استاتیک؛ تحت شرایط بیرونی مشخص و ثابت (آسمان ابری یا بدون ابر) و شاخص‌های دینامیک؛ با در نظر گرفتن تغییرات آسمان به تعریف روشنایی طبیعی می‌پردازند. شکل ۱، دسته‌بندی کلی شاخص‌های نور روز را نشان می‌دهد.



شکل ۱. دسته‌بندی شاخص‌های نور روز

خیرگی و شاخص‌های تابش خیره‌کننده

بر اساس کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE)، تابش خیره‌کننده وضعیت بینایی است که در آن عدم آسایش بصری، کاهش توانایی دیدن اشیا و یا هر دو وضعیت ذکرشده به دلیل توزیع نامناسب و یا وجود محدوده تضادهای شدید در فضا، اتفاق می‌افتد (CIE, 1983). در کتاب راهنمای نورپردازی انجمن مهندسی روشنایی شمال آمریکا (IESNA) خیرگی «احساس ایجادشده توسط روشنایی در میدان دید که بیشتر از روشنایی است که چشم انسان با آن سازگار است و موجب آزار، ناراحتی و یا از دست دادن عملکرد بصری و دید می‌شود» تعریف شده است (IESNA, 2000). حال‌آنکه دو شاخص (DGP) و (DGI) به‌طور خاص برای تابش خیره‌کننده نور روز در فضای داخلی در نظر گرفته می‌شوند (Yong Suk et al., 2016).

تأثیر نور روز بر دانش‌آموزان

طراحی مکان بر فعالیت‌های فیزیکی و سلامت انسان اثر دارد. چراکه زندگی افراد تحت تأثیر ارتباط با محیط ازطریق حواس ازجمله حواس بینایی است و دراین‌ارتباط، نور نقش مهمی را ایفا می‌کند (Rahimi-Mehr, 2021). نتایج مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که منابع نوری با طیف غنی‌تر، نور قابل‌استفاده بیشتری برای چشم تأمین می‌کند. نور روز غنی‌ترین طیف را داشته و بهره‌گیری مناسب از آن تنش‌های وارده به چشمان دانش‌آموزان را کاهش می‌دهد. همچنین نور روز می‌تواند سبب بهبود عملکرد روانی، کاهش افسردگی و کاهش بروز رفتارهای خشونت‌آمیز شود (Collet da Graca et al,. 2005).

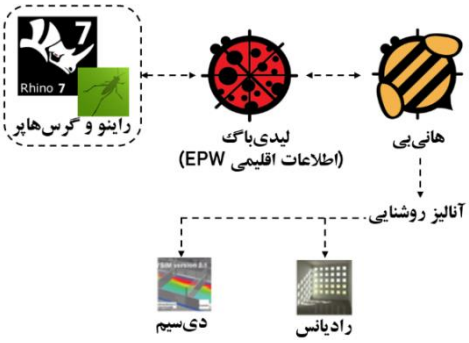
روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر باتوجه‌به اهمیت فضاهای آموزشی، به‌خصوص در کلاس‌های درس که دانش‌آموزان زمان قابل‌توجهی را در این فضاها برای انجام فعالیت‌های بصری و ذهنی سپری می‌کنند، به مطالعه و بررسی شاخص‌های نور روز و خیرگی در کلاس‌های درس یک نمونه مدرسه سه کلاس روستایی واقع در اقلیم گرم و نیمه مرطوب، پرداخته شده است. هدف از این پژوهش، ارزیابی شاخص‌های نور روز و خیرگی در کلاس‌های مدرسه موردنظر و مقایسه عملکرد معیارهای نور روز و خیرگی با جهت‌گیری و نسبت پنجره به دیوار (WWR)[۲] به‌منظور تأمین نور موردنیاز، ضمن ارائه راهکارهایی جهت بهبود عملکرد نور در این فضا است. ابتدا پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای به مطالعه فیزیکی کلاس‌های مدرسه سلطان حیدری که شامل ابعاد پلان، جهت، ابعاد و موقعیت پنجره و نسبت پنجره به دیوار است، پرداخته می‌شود؛ سپس شاخص‌های نور روز (DLA)[۳] و (UDI)[۴] و نیز شاخص‌های خیرگی (DGP)[۵] و (DGI)[۶] کلاس‌های درس برای رسیدن به اهداف پژوهش، ارزیابی می‌شود. پارامترهای ثابت در نظر گرفته‌شده برای آنالیز شاخص‌های DLA و UDI شامل ارتفاع میز دانش‌آموز (۷۰ سانتی‌متر)، هم‌جواری‌ها همچون

2. Window-to-wall ratio
3. Daylight Autonomy%
4. Useful daylight illuminance%
5. Daylight Glare Probability%
6. Daylight Glare Index%

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

عناصر طبیعی و دیوار حیاط مدرسه به ارتفاع ۳ متر هستند. لازم به ذکر است آنالیز شاخص‌های نور روز باتوجه‌به برنامه زمان‌بندی سالانه مدرسه (ماه‌هایی از سال که دانش‌آموزان در مدرسه حضور دارند با حذف تعطیلات تابستان، تعطیلات نوروزی و روزهای پنج‌شنبه و جمعه از برنامه زمان‌بندی) و همچنین آستانه روشنایی برای محاسبه شاخص DLA بر اساس میزان لوکس موردنیاز برای کلاس درس، ۳۰۰ لوکس، باتوجه‌به استاندارد اشری (ASHRAE, 2018)، در نظر گرفته شده است. آستانه روشنایی برای شاخص UDI نیز به ترتیب در سه محدوده UDI-Less-100، UDI-100-2000 و UDI-More-2000 مورد ارزیابی قرار گرفته است. پارامترهای ثابت برای دو شاخص DGP و DGI که ازجمله شاخص‌های استاتیک بوده، شامل ارتفاع قد دانش‌آموز در حالت نشسته (۱ متر)، قرارگیری دانش‌آموز در ۴ موقعیت مختلف در کلاس درس، هم‌جواری‌ها همچون عناصر طبیعی و ارتفاع دیوار حیاط مدرسه (۳ متر) هستند و شبیه‌سازی انجام‌شده تحت آسمان متناسب با اقلیم شهر دزفول (مستخرج از داده‌های آب‌وهوایی شهر دزفول) برای بازه‌های زمانی ۳۰ مهرماه، ۱ آذرماه، ۲ بهمن‌ماه، ۱ دی‌ماه، ۳ اسفندماه، ۱۶ فروردین‌ماه، ۲ اردیبهشت‌ماه و ۱ خردادماه بین ساعات ۸ صبح تا ۱۷ بعدازظهر، ارائه شده است. در این پژوهش از نرم‌افزار Rhino7 و پلاگین Grasshopper جهت مدل‌سازی ساختمان نمونه مدرسه روستایی از پلاگین‌های Ladybug (Ver0.0.68) و Honeybee (Ver0.0.65) جهت تحلیل نور استفاده شده است. حال‌آنکه با استفاده از پلاگین Ladybug داده‌های آب‌وهوایی منطقه موردمطالعه (EPW)[۷] را وارد نموده و از پلاگین Honeybee که از موتور شبیه‌سازی رادیانس[۸] و نرم‌افزارتکمیلی آن دی‌سیم[۹] جهت شبیه‌سازی روشنایی بهره می‌گیرد، به‌منظور آنالیز شاخص‌های نور روز و خیرگی استفاده شده است.



شکل ۲. روند شبیه‌سازی با نرم‌افزار

اعتبارسنجی پژوهش

همان‌گونه که مطرح شد در پژوهش حاضر جهت شبیه‌سازی روشنایی از موتور شبیه‌سازی رادیانس استفاده شده است. اعتبارسنجی این موتور شبیه‌سازی در پژوهش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. راینهارت و واکن هورست[۱۰] (۲۰۰۱) مطالعه‌ای به‌منظور اعتبارسنجی شبیه‌سازی دینامیک نور روز مبتنی بر رادیانس برای یک دفتر آزمایشی با پرده خارجی به انجام رسانده‌اند که سه حالت شبیه‌سازی مختلف برای نور مستقیم خورشید بررسی شده است. چنانچه نتایج شبیه‌سازی ثابت می‌کند که روشنایی داخلی را می‌توان بادقت قابل‌توجهی، با توجه به شرایط آسمان تعریف‌شده، برای فضای داخلی که دارای پرده با موقعیت‌های مختلف می‌باشد، مدل‌سازی کرد. همچنین خودمختاری نور روز با ضریب خطای کمتر از ۲ درصد پیش‌بینی می‌شود (Reinhart & Walkenhorst, 2001). مردالجویک[۱۱] نیز به اعتبارسنجی شبیه‌سازی روشنایی داخلی مبتنی بر رادیانس پرداخته است که بر اساس نتایج این مطالعات، الگوریتم ردیابی پرتوی رادیانس، نورهای داخلی را تحت شرایط کاملاً کنترل‌شده و مطابق با شرایط واقعی آسمان برای شیشه‌های شفاف و قفسه‌نوری تعریف‌شده، مدل‌سازی می‌کند. لازم به ذکر است که پیش‌بینی‌ها تحت شرایط آسمانی مختلف و باتوجه‌به شیشه‌های شفاف و مکان فتوسل‌ها، میانگین خطای ۵/۶ درصد و انحراف معیار ۳/۴

7. Energy Plus Weather
8. Radiance
9. Daysim
10. Reinhart & Walkenhorst
11. Mardaljevic

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

درصد را نشان می‌دهد (Mardaljevic, 1995; 1997). در این راستا می‌توان عنوان نمود که نتایج حاصل از شبیه‌سازی نور روز با استفاده از موتور شبیه‌سازی رادیانس تحت شرایط آسمان تعریف شده است و در پژوهش حاضر آنالیزهای روشنایی و خیرگی برای نمونه مدرسه روستایی و همچنین راهکارهای ارزیابی‌شده، به‌منظور بهبود عملکرد نورگیری فضای داخلی کلاس درس، باتوجه‌به وضعیت آسمان در شهر دزفول است.

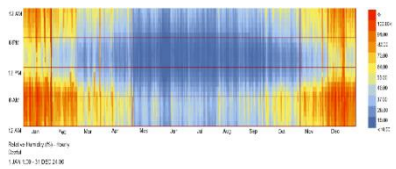
مطالعات منطقه‌ای و اقلیمی

موقعیت و اقلیم (شهر دزفول)

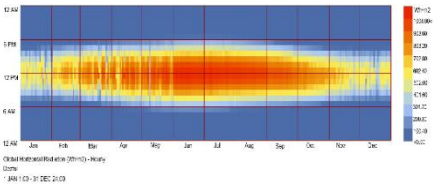
دزفول شهری در جنوب غربی کشور ایران است که دارای مساحت ۴۷۶۲ کیلومترمربع است. این شهر در شمال و بخش جلگه‌ای استان خوزستان واقع شده است و ازلحاظ وسعت و جمعیت، دومین شهر بزرگ و پرجمعیت این استان است (شکل ۳). همچنین این شهر در موقعیتی بین ۴۸/۳۳ درجه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۳/۲۴ درجه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. بر اساس نمودار تقسیم‌بندی اقلیمی صورت‌گرفته توسط اولگی، شهر دزفول دارای آب‌وهوای گرم و نیمه مرطوب است (تابستان گرم و مرطوب و زمستان معتدل و خشک) (کسمایی، ۱۳۸۴). در این شهر اختلاف میزان رطوبت نسبی در فصل‌های تابستان و زمستان زیاد است؛ چنانچه در فصل زمستان رطوبت نسبی تا ۹۰ درصد می‌رسد و در تابستان رطوبت نسبی پایین است (شکل ۴). میزان تابش در شهر دزفول نیز در اکثر ماه‌های سال زیاد است (شکل ۵) و بر اساس نمودار تابش (شکل ۶) در این شهر بیشترین میزان تابش دریافتی از مجموع تابش‌های مستقیم و غیرمستقیم از جهت جنوب شرق تا جنوب غرب است.



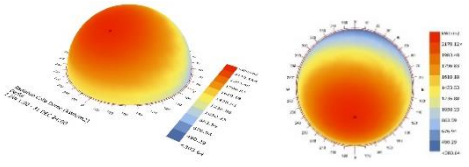
شکل ۳. موقعیت شهر دزفول بر روی نقشه ایران



شکل ٤. رطوبت نسبی شهر دزفول برای ماه‌های سال (ساعتی) (منبع: Grasshopper_ Ladybug)



شکل ۵. تابش کلی منتشرشده در شهر دزفول برای ماه‌های سال (ساعتی) (منبع: Grasshopper_ Ladybug)



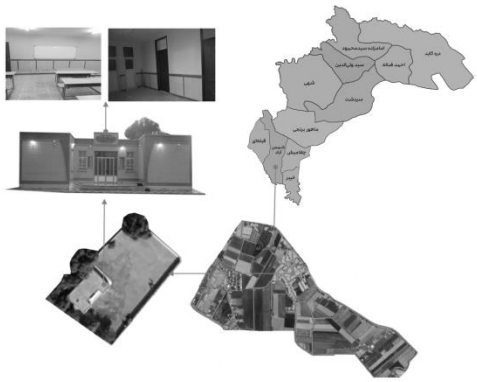
شکل ٦. تابش در شهر دزفول (منبع: Grasshopper_ Ladybug)

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

معرفی نمونه موردی

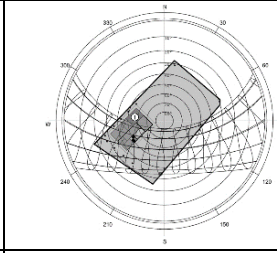
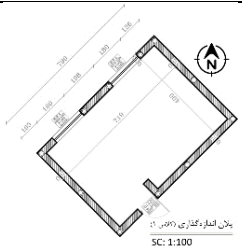
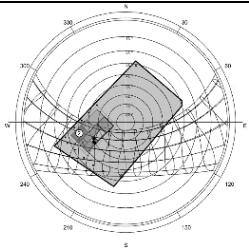
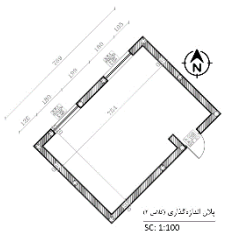
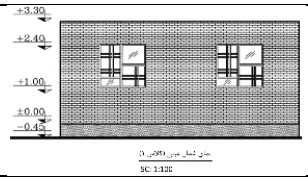
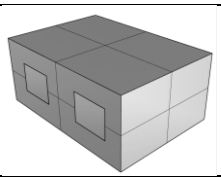
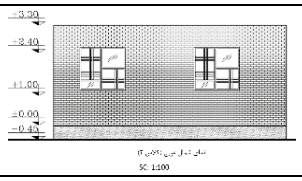
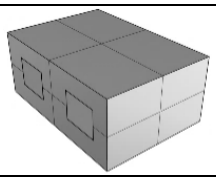
دبستان سلطان حیدری واقع در استان خوزستان، شهرستان دزفول، روستای قلعه‌نو شمس‌آباد، خیابان بنوار شامی است و در سال ۱۳۹۸ تأسیس شده است. ازجمله مشخصات دبستان سلطان حیدری به این شرح است؛ مساحت زیربنا ۲۳۰ مترمربع، تعداد طبقات: یک طبقه، تعداد ۸ ریز فضا: شامل ورودی، سرسرا، اداری، اتاق استراحت، کلاس درس، آبدارخانه و سرویس بهداشتی و تعداد کلاس درس: ۳ کلاس درس در جهت‌های شمال غربی و شمال شرقی.



شکل ۷. موقعیت دبستان سلطان حیدری واقع در روستای قلعه‌نو شمس‌آباد از توابع بخش مرکزی شهر دزفول

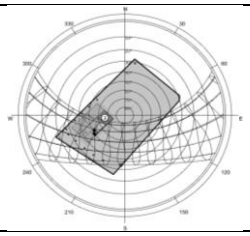
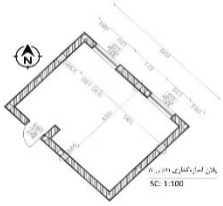
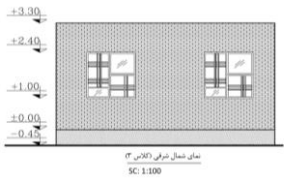
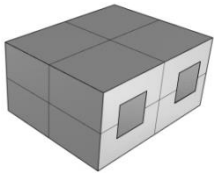
در جدول ۲، مشخصات کلاس‌های درس دبستان سلطان حیدری مطرح شده است.

جدول ۲. مشخصات کلاس‌های درس نمونه موردی

کلاس درس ۱		کلاس درس ۲	
موقعیت کلاس	مساحت کلاس (m^2)	موقعیت کلاس	مساحت کلاس (m^2)
شمال غربی	۳۵/۲۳	شمال غربی	۳۶/۹۴
ابعاد کلاس (m)	تعداد پنجره	ابعاد کلاس (m)	تعداد پنجره
۷/۱۹×۴/۹۰	۲	۷/۵۴×۴/۹۰	۲
ارتفاع پنجره (m)	عرض پنجره (m)	ارتفاع پنجره (m)	عرض پنجره (m)
۱/۴۰	۱/۸۰	۱/۴۰	۱/۸۰
اکابه پنجره (m)	ارتفاع کلاس (m)	اکابه پنجره (m)	ارتفاع کلاس (m)
۱/۰۰	۳/۳۰	۱/۰۰	۳/۳۰
نوع نورگیری	WWR	نوع نورگیری	WWR
نور از یک‌طرف (شمال غربی)	٪۲۱/۲۴	نور از یک‌طرف (شمال غربی)	٪۲۰/۲۵
موقعیت کلاس درس	پلان اندازه‌گذاری	موقعیت کلاس درس	پلان اندازه‌گذاری
			
نمای کلاس درس	حجم کلاس درس	نمای کلاس درس	حجم کلاس درس
			

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

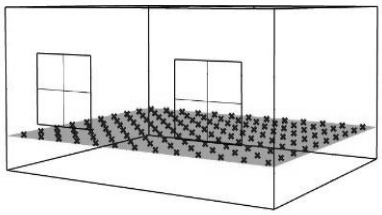
کلاس درس ۳	
موقعیت کلاس	مساحت کلاس (m^2)
شمال شرقی	۲۴/۸۴
ابعاد کلاس (m)	تعداد پنجره
۶/۲۱×۴/۰۰	۲
ارتفاع پنجره (m)	عرض پنجره (m)
۱/۴۰	۱/۵۰
اکابه پنجره (m)	ارتفاع کلاس (m)
۱/۰۰	۳/۳۰
نوع نورگیری	WWR
از یک‌طرف (شمال شرقی)	٪۲۰/۴۹
موقعیت کلاس درس	پلان اندازه‌گذاری
	
نمای کلاس درس	حجم کلاس درس
	

یافته‌های پژوهش

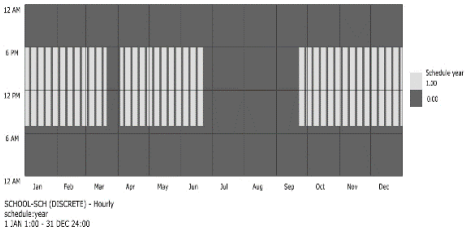
فاکتورهای سنجش نور روز در کلاس‌های درس

باتوجه‌به مطالعات انجام‌شده مشخص شد که جهت ارزیابی و سنجش نور روز دریافتی در فضای داخلی، شاخص‌هایی که وابسته به شرایط آب‌وهوایی متناسب با اقلیم و نیز ساعت اشغال فضای کار هستند، مناسب‌تر هستند. لذا دو شاخص DLA و UDI به همراه هم برای سنجش میزان و کیفیت روشنایی حاصل از نور روز در فضا مورداستفاده قرار می‌گیرند. در پژوهش حاضر از شاخص‌های DLA و UDI جهت بررسی میزان نور دریافتی در کلاس‌های درس مدرسه سلطان حیدری بهره‌گیری شده است. شاخص DLA که باتوجه‌به برنامه زمان‌بندی حضور دانش‌آموزان در کلاس درس و حداقل میزان لوکس موردنیاز آن باتوجه‌به استاندارد اشری ۳۰۰ لوکس، حداقل باید ۵۰ درصد باشد، به این معنا که میزان درصد از سال که تمامی تست‌پوینت‌ها بیشتر از آن میزان لوکس تعریف‌شده و باتوجه‌به برنامه زمان‌بندی حضور افراد در فضا، نور دریافت می‌نماید حداقل ۵۰ درصد باشد. شاخص UDI نیز که در سه آستانه پایین‌تر، محدوده قابل‌قبول و بالاتر که به ترتیب $UDI_{underlit}$، UDI_{useful} و $UDI_{overlit}$ تعریف شده و هرچه مقدار UDI_{useful} در مقایسه با $UDI_{underlit}$ و $UDI_{overlit}$ بیشتر باشد، شرایط نوری مناسب‌تر است. در پژوهش حاضر برای تمامی تحلیل‌های شاخص‌های DLA و UDI صفحه آنالیز به ارتفاع سطح میز کار دانش‌آموزان در کلاس درس، که باتوجه‌به اهمیت میزان نور دریافتی در این سطح جهت فعالیت‌های چشمی دانش‌آموزان همچون خواندن و نوشتن است، برابر با ۰/۷ متر از کف فضا تعیین شده است (شکل ۸) میزان اشغال فضا باتوجه‌به برنامه زمان‌بندی در کلاس درس نیز بر اساس عددی بین ۰ تا ۱ است که عدد صفر به معنی عدم حضور و عدد ۱ حضور تمامی دانش‌آموزان در کلاس است (شکل ۹).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]



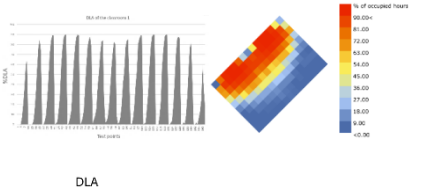
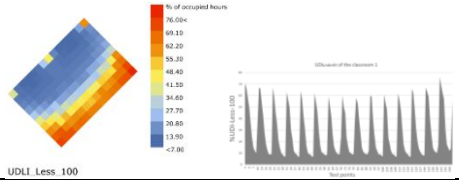
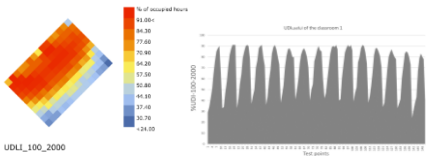
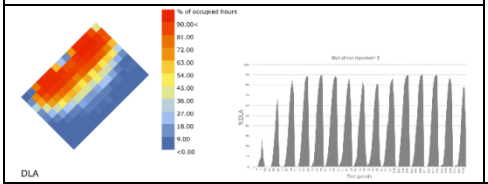
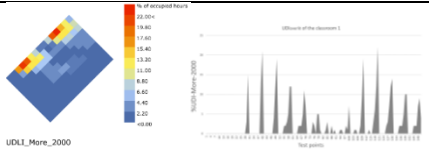
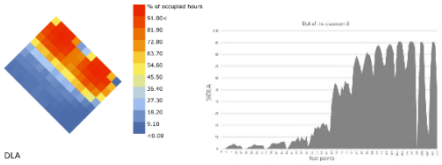
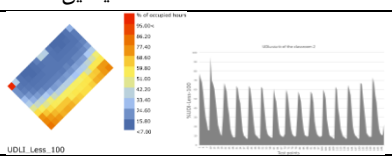
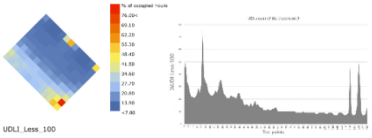
شکل ۸. تست‌پوینت‌ها و شبکه‌بندی صفحه آنالیز (منبع: Grasshopper, Honeybee & Ladybug)



شکل ۹. برنامه زمان‌بندی فضای آموزشی (سالانه) (منبع: Grasshopper, Honeybee & Ladybug)

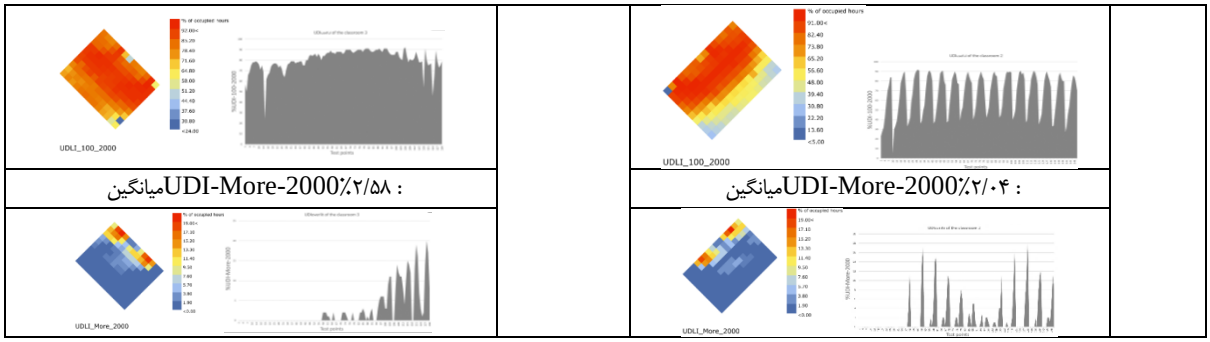
در جدول ۳، به ارزیابی روشنایی کلاس‌های درس نمونه مدرسه انتخاب‌شده، پرداخته می‌شود.

جدول ۳. شاخص‌های نور روز DLA و UDI در کلاس‌های درس نمونه موردی

<table>
<tr><th colspan="2">DLAشاخص</th><th colspan="2">UDIشاخص</th></tr>
<tr><td rowspan="3">کلاس ۱</td><td>DLAمیانگین٪۳۷/۸۴ :</td><td rowspan="3">کلاس ۱</td><td>UDI-less-100میانگین٪۲۸/۵۰ :</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>UDI-100-2000میانگین٪۶۹/۰۸ :</td></tr>
<tr><td rowspan="3">کلاس ۲</td><td>DLAمیانگین٪۳۵/۸۲ :</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>UDI-More-2000میانگین٪۲/۳۸ :</td></tr>
<tr><td rowspan="3">کلاس ۳</td><td>DLAمیانگین٪۳۷/۴۸ :</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>UDIشاخص</td></tr>
<tr><td rowspan="3">کلاس ۲</td><td>UDI-less-100میانگین٪۳۰/۳۸ :</td><td rowspan="3">کلاس ۳</td><td>UDI-less-100میانگین٪۱۶/۷۱ :</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>UDI-100-2000میانگین٪۶۷/۵۷ :</td><td>UDI-100-2000میانگین٪۸۰/۶۳ :</td></tr>
</table>

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]



میانگین UDI-More-2000٪۲/۰۴ :

میانگین UDI-More-2000٪۲/۵۸ :

بر اساس جدول ۳، آنالیز شاخص DLA برای سه کلاس درس دبستان سلطان حیدری به این شرح است؛ تست‌پوینت‌هایی که در نزدیکی پنجره قرار دارند، میزان درصد بیشتری از ساعات اشغالی حداقل مقدار ۳۰۰ لوکس و بیشتر از این مقدار را دریافت می‌نمایند، چنانچه با فاصله گرفتن از پنجره‌ها به‌مرور مقدار DLA کاهش یافته تا اینکه در گوشه‌های کلاس این مقدار به عددی نزدیک به صفر و یا صفر می‌رسد. میانگین DLA دریافتی توسط تست‌پوینت‌ها برای کلاس درس ۱: ۳۷/۸۴ درصد، کلاس درس ۲: ۳۵/۸۲ درصد و کلاس درس ۳: ۳۷/۴۸ درصد است؛ علاوه بر این میزان نور دریافتی توسط هر تست‌پوینت بر روی نمودار نمایش داده شده است. باتوجه‌به آنالیز شاخص UDI برای سه بازه UDI- Less-100، UDI-100-2000 و UDI-More-2000 در سه کلاس درس نمونه مدرسه انتخاب‌شده می‌توان عنوان نمود مقدار نور روز دریافتی توسط کلاس درس ۱؛ ۲۸/۵۰ درصد از ساعات اشغالی این کلاس کمتر ۱۰۰ لوکس، ۶۹/۰۸ درصد بین ۱۰۰–۲۰۰۰ لوکس و ۲/۳۸ درصد بیشتر از ۲۰۰۰ لوکس، توسط کلاس درس ۲؛ ۳۰/۳۸ درصد از ساعات اشغالی این کلاس کمتر از ۱۰۰ لوکس، ۶۷/۵۷ درصد بین ۱۰۰–۲۰۰۰ لوکس و ۲/۰۴ درصد بیشتر از ۲۰۰۰ لوکس و توسط کلاس درس ۳؛ ۱۶/۷۱ درصد از ساعات اشغالی این کلاس کمتر از ۱۰۰ لوکس، درصد ۸۰/۶۳ بین ۱۰۰–۲۰۰۰ و ۲/۵۸ درصد بیشتر از ۲۰۰۰ لوکس است. همچنین میزان نور دریافتی توسط هر تست‌پوینت برای سه بازه مطرح‌شده به‌صورت نمودار در جدول شماره ۳ قرار گرفته است.

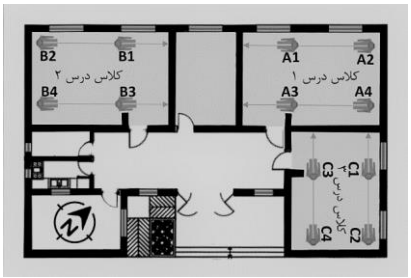
فاکتورهای سنجش خیرگی در کلاس‌های درس

همان‌گونه که مطرح شد، خیرگی وضعیت بینایی است که در آن عدم آسایش بصری و یا کاهش توانایی دید در فضا اتفاق می‌افتد. با استفاده از دو شاخص DGP و DGI می‌توان میزان تابش خیره‌کننده در فضا را کمی نمود. شاخص‌های DGP و DGI به فاصله ناظر تا منبع تابش (خورشید) و ابعاد پنجره بستگی دارند. در ارزیابی شاخص خیرگی DGP نور عمود بر سطح چشم (Ev)[۱۲] محاسبه می‌شود و در ارزیابی شاخص خیرگی DGI درخشندگی پس‌زمینه (Lb)[۱۳] موردنظر است که این شاخص زمانی مناسب‌ترین کارایی را در آنالیز خیرگی فضا دارد که منبع بزرگ درخشندگی همچون پنجره در فضا وجود داشته باشد. طبق تحقیقات انجام‌شده، شاخص DGP در مقایسه با سایر معیارهای خیرگی، بیشترین همبستگی را با کاربر در مورد ناراحتی بصری دارد. حال‌آنکه دامنه‌های مختلف شاخص خیرگی DGP به‌صورت کمتر از ۳۵ درصد غیرمحسوس[۱۴]، بین ۳۵–۴۰ درصد محسوس[۱۵]، بین ۴۰–۴۵ درصد آزاردهنده[۱۶] و بیشتر از ۴۵ درصد غیرقابل‌تحمل[۱۷] است. محدوده‌های مختلف شاخص خیرگی DGI نیز به‌صورت کمتر از ۱۸ درصد غیرمحسوس، بین ۱۸–۲۴ درصد محسوس، بین ۳۱–۲۴ درصد آزاردهنده و بیشتر از ۳۱ درصد غیرقابل‌تحمل است. در پژوهش حاضر، شبیه‌سازی و محاسبات شاخص‌های خیرگی که به‌صورت ایستا هستند، برای تاریخ ۲۲ام از هرماه میلادی و نیز روز پنجم از ماه آوریل (۱۶ فروردین‌ماه)، که این ماه‌ها باتوجه‌به تقویم تحصیلی و فعال بودن مدارس در این ماه‌ها از سال در نظر گرفته شده است. بازه زمانی مشخص‌شده از ۸ صبح تا ۱۷ بعدازظهر بوده که دانش‌آموزان در دو شیفت صبح و عصر در کلاس حضور دارند و همچنین آنالیز شاخص‌های خیرگی مطرح‌شده برای چهار موقعیت مختلف

12. Vertical illuminance at the eye
13. Average background illuminance in the field of view
14. Imperceptible
15. Perceptible
16. Disturbing
17. Intolerable

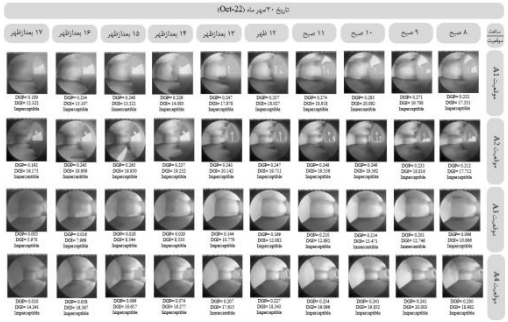
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

دانش‌آموز نسبت به پنجره در حالت نشسته برای هر سه کلاس درس معین شد. لازم به ذکر است که این چهار موقعیت و ارتفاع قد دانش‌آموز در حالت نشسته (۱متر) در طول تمامی آنالیز شاخص‌های خیرگی ثابت هستند.



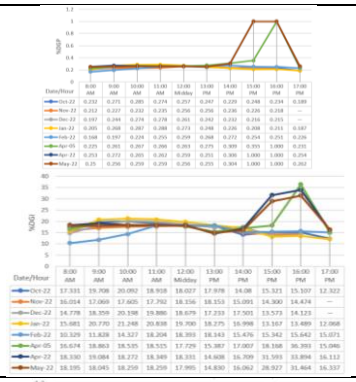
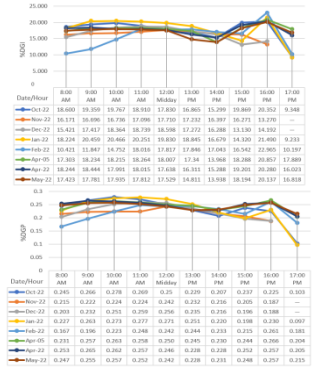
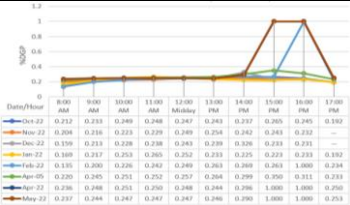
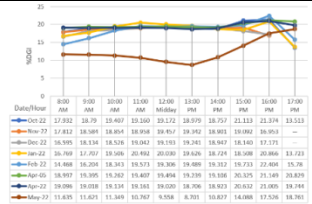
شکل ۱۰. موقعیت قرارگیری دانش‌آموزان در کلاس‌های درس مدرسه سلطان حیدری

در جدول ۴، به ارزیابی شاخص‌های خیرگی DGI و DGP برای موقعیت‌های مختلف تعریف‌شده در کلاس درس مدرسه سلطان حیدری پرداخته می‌شود. (شکل ۱۱).



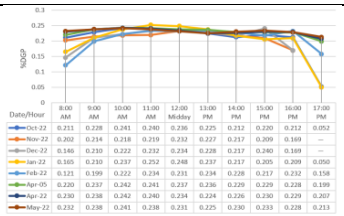
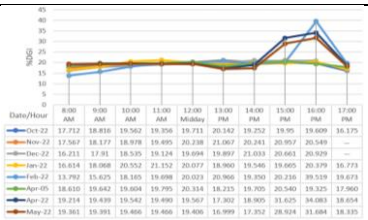
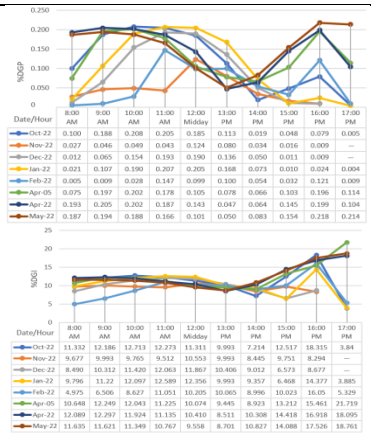
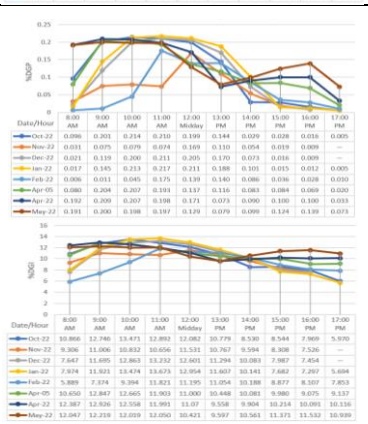
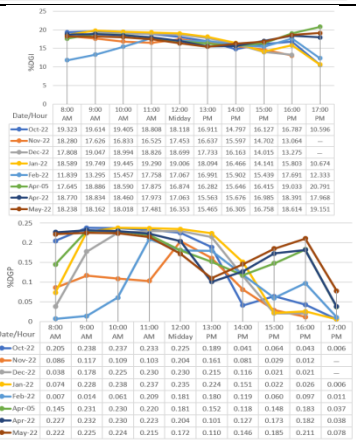
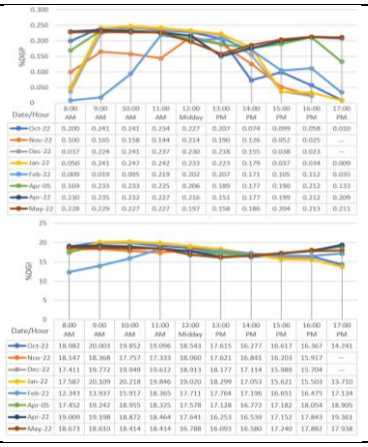
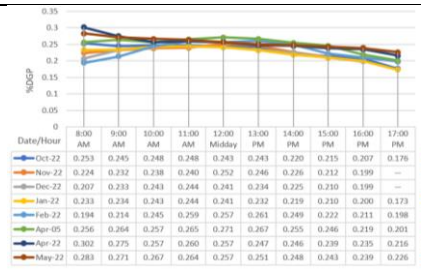
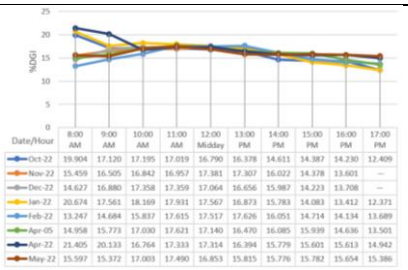
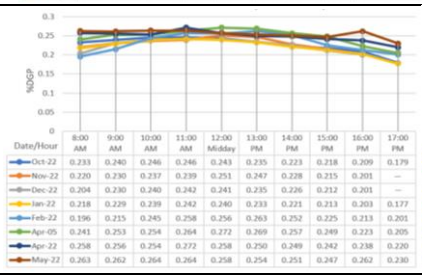
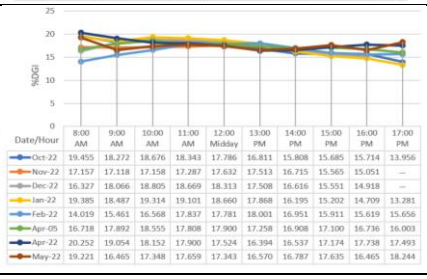
شکل ۱۱. نمونه خروجی‌های شاخص خیرگی از نرم‌افزار (منبع: Grasshopper, Honeybee & Ladybug)

جدول ٤. نمودارهای شاخص‌های خیرگی DGP و DGI برای کلاس‌های درس مدرسه موردمطالعه

شاخص‌های DGP و DGI			
کلاس درس ۱		کلاس درس ۲	
موقعیت A1		موقعیت B1	
موقعیت A2		موقعیت B2	

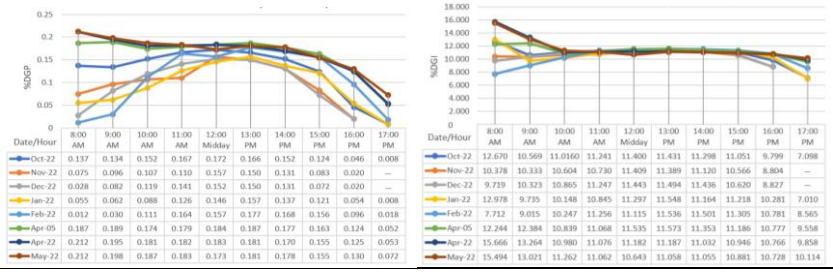
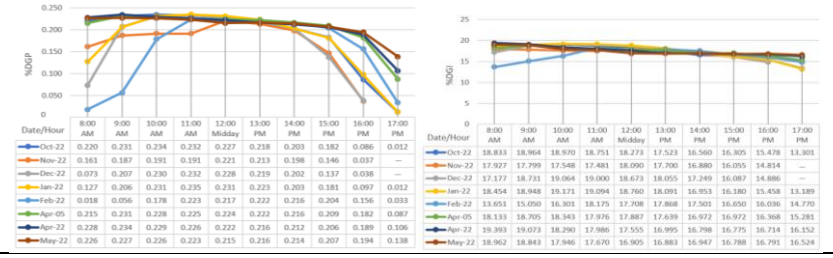
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

			
موقعیت A3			موقعیت B3
موقعیت A4			موقعیت B4
کلاس درس ۳			
موقعیت C1			
موقعیت C2			

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

موقعیت C3	
موقعیت C4	

باتوجه‌به جدول ۴، آنالیز شاخص‌های DGP و DGI برای هرکدام از کلاس‌های درس مدرسه سلطان حیدری به شرح زیر است:

شاخص DGP برای کلاس درس ۱: خیرگی محسوس؛ در تاریخ ۱۶ فروردین‌ماه، موقعیت‌های A1 و A2، ساعت ۱۵ بعدازظهر. خیرگی غیرقابل‌تحمل؛ در تاریخ‌های ۳ اسفندماه، موقعیت A2، ساعت ۱۶ بعدازظهر؛ ۱۶ فروردین‌ماه، موقعیت A1، ساعت ۱۶ بعدازظهر؛ ۲ اردیبهشت‌ماه، موقعیت‌های A1 و A2، ساعت‌های ۱۵ و ۱۶، ۱ خردادماه، موقعیت‌های A1 و A2، ساعت‌های ۱۵ و ۱۶. شاخص DGI برای کلاس درس ۱: خیرگی آزاردهنده؛ در تاریخ ۱ خردادماه برای موقعیت‌های A1 و A2 در ساعت ۱۵ بعدازظهر وجود دارد. خیرگی غیرقابل‌تحمل؛ در تاریخ ۳ اسفندماه، موقعیت A2، ساعت ۱۶ بعدازظهر؛ ۱۶ فروردین‌ماه، موقعیت A1، ساعت ۱۶ بعدازظهر؛ ۲ اردیبهشت‌ماه، موقعیت‌های A1 و A2، ساعت‌های ۱۵ و ۱۶ بعدازظهر و ۱ خردادماه، موقعیت‌های A1 و A2، ساعت ۱۶ بعدازظهر.

شاخص DGP و DGI برای کلاس‌های ۲ و ۳: خیرگی آزاردهنده و غیرقابل‌تحمل در بازه‌های زمانی و موقعیت‌های تعریف‌شده برای این کلاس‌های درس وجود ندارد. لازم به ذکر است که در تاریخ‌های ۱ آذرماه و ۱ دی‌ماه به دلیل عدم حضور خورشید در ساعت ۱۷ بعدازظهر آنالیز خیرگی اعمال نشده است.

راهکارهای پیشنهادی جهت بهبود عملکرد نور روز

پس از ارزیابی عملکرد شاخص‌های نور روز و خیرگی در کلاس‌های درس مدرسه سلطان حیدری، مشخص شد که هر سه کلاس درس وضعیت نامناسبی جهت دریافت نور طبیعی در ساعات اشغالی دارند؛ لذا در ادامه راهکارهایی به‌منظور بهبود عملکرد نور روز در کلاس درس شمال شرقی ارائه می‌شود. این راهکارهای پیشنهادی شامل تغییر میزان انعکاس سطوح دیوارها، سقف و کف، تغییر ضریب عبور نور از شیشه و تغییر تناسبات پنجره نسبت به سطح دیوار کلاس (WWR) هستند. در جدول ۵، میزان اثرگذاری این راهکارها بر شاخص‌های DLA و UDI_{useful} ارائه شده است.

جدول ۵. بررسی راهکارهای تغییر میزان انعکاس سطوح، ضریب عبور شیشه و تغییر تناسبات پنجره نسبت به سطح دیوار در کلاس درس شمال شرقی

میزان انعکاس سطوح کلاس						تغییر ضریب عبور نور از شیشه		
کف		سقف		دیوارها		میزان انعکاس٪	UDI_{useful}	DLA	ضریب عبور نور شیشه٪
UDI_{useful}	DLA	UDI_{useful}	DLA	UDI_{useful}	DLA				
٪۸۰/۵۹	٪۳۷/۴۱	٪۸۰/۵۵	٪۳۶/۸۶	٪۶۹/۴۱	٪۳۴/۲۱	٪۱۰	٪۱/۰۷	٪۰/۷۶	٪۱۰
٪۸۰/۵۶	٪۳۷/۶۰	٪۸۰/۵۷	٪۳۷/۰۸	٪۷۲/۵۶	٪۳۵/۱۰	٪۲۰	٪۲۶/۳۶	٪۵/۳۰	٪۲۰
٪۸۰/۶۶	٪۳۷/۸۴	٪۸۰/۶۱	٪۳۷/۲۶	٪۷۵/۸۰	٪۳۵/۸۵	٪۳۰	٪۴۷/۴۵	٪۱۳/۷۳	٪۳۰

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

٪۸۰/۵۰	٪۳۷/۹۶	٪۸۰/۷۰	٪۳۷/۲۶	٪۷۸/۷۳	٪۳۶/۶۶	٪۴۰	٪۶۰/۷۱	٪۲۲/۴۳	٪۴۰
٪۸۰/۵۶	٪۳۸/۱۴	٪۸۰/۶۵	٪۳۷/۲۶	٪۸۰/۶۲	٪۳۷/۴۹	٪۵۰	٪۷۴/۴۲	٪۳۰/۴۳	٪۵۰
٪۸۰/۵۶	٪۳۸/۲۷	٪۸۰/۶۳	٪۳۷/۵۷	٪۸۱/۴۵	٪۳۸/۳۹	٪۶۰	٪۸۰/۶۳	٪۳۷/۴۸	٪۶۰
٪۸۰/۵۳	٪۳۸/۳۷	٪۸۰/۷۰	٪۳۷/۵۰	٪۸۲/۴۶	٪۳۹/۲۶	٪۷۰	٪۸۲/۶۷	٪۴۳/۴۹	٪۷۰
٪۸۰/۵۲	٪۳۸/۵۶	٪۸۰/۶۳	٪۳۷/۴۸	٪۸۲/۹۶	٪۴۰/۴۵	٪۸۰	٪۸۳/۴۵	٪۴۹/۰۴	٪۸۰
٪۸۰/۵۳	٪۳۸/۶۸	٪۸۰/۸۴	٪۳۷/۸۳	٪۸۳/۵۵	٪۴۱/۲۲	٪۹۰			
٪۸۰/۵۰	۳۸/۷۷٪	٪۸۰/۵۳	٪۳۷/۷۴	٪۸۴/۰۰	٪۴۲/۲۳	٪۱۰۰			

تغییر تناسبات پنجره نسبت به سطح دیوار

تصویر	%WWR	DLA	UDI_{useful}
	٪۲۷/۳۲	٪۴۹/۱۹	٪۸۳/۸۶
	٪۲۷/۸۱	٪۴۹/۹۶	٪۸۵/۳۲
	٪۳۷/۰۸	٪۶۷/۱۷	٪۸۴/۹۳
	٪۴۶/۳۵	٪۸۲/۷۷	٪۸۰/۲۳
	٪۵۵/۶۲	٪۸۵/۱۰	٪۸۰/۸۹

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، برخی از راهکارها منجر به بهبود عملکرد نور روز در فضای کلاس شمال شرقی و برخی موارد منجر به افت کیفیت نور طبیعی در فضا شده است. میزان تغییرات شاخص‌های نور روز نشان می‌دهد که درمجموع بیشترین تغییرات به ترتیب در پی افزایش تناسبات بازشو نسبت به سطح دیوار، میزان عبور نور از شیشه و نیز میزان انعکاس سطوح، که تغییر میزان انعکاس سطوح دیوارها بیشتر از کف و سقف است، بوده است. چنانچه از بررسی این راهکارها مشخص شد، میزان DLA برای کلاس درس شمال شرقی که ۳۷/۴۸ درصد در وضعیت موجود است، درنهایت با افزایش انعکاس سطوح دیوارها، کف و سقف، افزایش ضریب عبور نور از شیشه و تناسبات پنجره نسبت به سطح دیوار به ترتیب ۶/۳۰ درصد، ۱۱/۵۶ درصد و ۴۷/۶۲ درصد بهبود یافته است. همچنین میزان شاخص UDIuseful که در وضعیت موجود بررسی‌شده برای این کلاس درس ۸۰/۶۳ درصد بوده به ترتیب مطرح شده ۳/۱۴ درصد، ۲/۸۲ درصد و ۰/۲۶ درصد افزایش یافته است. همچنین نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های خیرگی DGP و DGI نشان داد که خیرگی برای راهکارهایی که بیشترین تأثیر را در افزایش شاخص‌های نور روز داشته، وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

ازجمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کارایی استفاده‌کنندگان از فضاهای آموزشی، به‌خصوص دانش‌آموزان، کیفیت نور است. ازنظر محیط بصری نیز، اگرچه نور طبیعی به‌طور مؤثر مصرف انرژی را کاهش می‌دهد و رضایت استفاده‌کنندگان از فضا را افزایش می‌دهد، ورود بیش‌ازحد و کنترل‌نشده نور در فضا باعث ناراحتی بصری کاربران می‌شود. هدف از پژوهش حاضر مقایسه‌ی عملکرد معیارهای نور روز و خیرگی در کلاس‌های درس نمونه مدرسه‌ی سه کلاسه‌ی روستایی واقع در اقلیم گرم و نیمه مرطوب است که ضمن آن به ارائه‌ی راهکارهایی جهت بهبود وضعیت نورگیری فضای داخلی کلاس درس پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های نور روز و خیرگی نشان داد که بر اساس برنامه زمان‌بندی تعریف‌شده و میانگین شاخص DLA، میزان نور دریافتی توسط تست‌پوینت‌ها در کلاس درس ۱، واقع در جبهه شمال غربی با نسبت پنجره به سطح دیوار ۲۱/۲۴ درصد، بیشتر است؛ میانگین DLA در این کلاس برابر با ۳۷/۸۴ درصد است. این درصد در مقایسه با کلاس درس ۲، واقع در جبهه شمال غربی با نسبت پنجره به سطح دیوار ۲۰/۲۵ درصد و کلاس درس ۳، واقع در ضلع شمال شرقی با نسبت پنجره به سطح دیوار درصد ۲۰/۴۹ که به ترتیب میانگین شاخص DLA در این کلاس‌های درس ۳۵/۸۲ درصد و ۳۷/۴۸ درصد است، بیشتر است، ولی باتوجه‌به حداقل میانگین درصد DLA که ۵۰ درصد بوده، میزان نور دریافتی توسط هر سه کلاس درس

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

نامناسب است. حال‌آنکه مقدار $UDI_{useful\ (100\text{-}2000\ Lux)}$ در کلاس‌های درس ۱، ۲ و ۳ به ترتیب درصد ۶۹/۰۸، درصد ۶۷/۵۷ و ۸۰/۶۳ درصد است که این امر نشان می‌دهد که کلاس درس ۳ شرایط نوری مناسب‌تری نسبت به کلاس‌های درس ۱ و ۲ دارد. باتوجه‌به آنالیز و ارزیابی شاخص‌های خیرگی DGP و DGI نیز می‌توان عنوان نمود که آسایش بصری در کلاس‌های درس ۲ و ۳ برای بازه‌های زمانی تعریف‌شده و چهار موقعیت مختلف قرارگیری دانش‌آموزان در کلاس‌های درس با ارتفاع قد ثابت دانش‌آموز در حالت نشسته (۱ متر) وجود دارد اما کلاس درس ۱ در موقعیت‌هایی که واقع در نزدیکی پنجره‌ها بوده خیرگی غیرقابل‌تحمل در تاریخ ۳ اسفندماه (موقعیت A2، ساعت ۱۶ بعدازظهر)، ۱۶ فروردین‌ماه (موقعیت A1، ساعت ۱۶ بعدازظهر)، ۲/اردیبهشت‌ماه و ۱ خردادماه (موقعیت‌های A1 و A2، ساعت‌های ۱۵ و ۱۶ بعدازظهر) وجود دارد. درمجموع کلاس درس ۳ بر اساس ارزیابی‌های انجام‌شده آسایش بصری و عملکرد نور روز به نسبت مناسب‌تری داشته است که جهت بهبود عملکرد نور روز دریافتی در این کلاس راهکارهایی همچون تغییر میزان انعکاس سطوح دیوارها، سقف و کف، تغییر ضریب عبور نور از شیشه و تغییر تناسبات پنجره نسبت به سطح دیوار کلاس (WWR) مورد ارزیابی قرار گرفت. درنهایت، بر اساس ارزیابی راهکارهای پیشنهادی، مقادیر مربوط به شاخص DLA و UDI_{useful} به ترتیب ۶۵/۴۸ درصد و ۶/۲۲ درصد نسبت به وضعیت موجود بررسی‌شده برای کلاس درس شمال شرقی، ارتقا یافته است؛ ضمن آنکه خیرگی برای راهکارهایی که بیشترین تأثیر را در افزایش نور روز در فضا داشته، وجود ندارد. لذا درصورتی‌که نور موردنیاز در فضا تأمین نشده باشد، می‌توان با تغییر میزان انعکاس سطوح داخلی تا حدوداً ۶/۳۰ درصد، با تغییر ضریب عبور نور از شیشه تا ۱۱/۵۶ درصد و نیز با افزایش تناسبات بازشو نسبت به سطح دیوار تا حدوداً ۴۷/۶۲ درصد بر بهبود عملکرد نور روز در فضای داخلی افزود.

فهرست منابع

تورانی، احمدرضا؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید؛ طاهباز، منصوره. (۱۳۹۶). سنجش میزان تأثیر زاویه تمایل آتریوم بر آسایش بصری دانش‌آموزان توسط کارایی نور روز در ساختمان‌های آموزشی شهر تهران (یک مطالعه میدانی و شبیه‌سازی). *نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، سال هشتم، شماره ۳۱، ۲۶۶-۲۴۹.

دفتر مقررات ملی ساختمان. (۱۳۹۹). *مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (صرفه‌جویی در مصرف انرژی)*. تهران: نشر مقررات ملی ساختمان.

رستم‌زاده، سحر؛ فیضی، محسن؛ صنایعیان، هانیه؛ خاکزند، مهدی. (۱۴۰۰). طراحی پارامتریک نمای متحرک با هدف ارتقاء بهره‌وری روشنایی و آسایش بصری. بررسی موردی: ساختمان‌های اداری تهران. *نامه معماری و شهرسازی*، ۸۵-۱۰۰.

رفعتی، نریمان؛ صنایعیان، هانیه؛ فیضی، محسن. (۱۴۰۰). مقایسه پیکربندی‌های لوور به‌منظور بهینه‌سازی نور روز و مصرف انرژی در شهرهای بندرعباس و تبریز. *نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*، دوره ۲۶، شماره ۲، ۷۱-۸۴.

روح اللهی نیار، نسیم. (۱۴۰۰). *ارزیابی اثر سایه‌بان بر نور روز (نمونه موردی: فضای اداری پلان باز*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر محمدرضا حافظی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

شیخی نشلجی، مهدی؛ مهدی‌زاده سراج، فاطمه. (۱۴۰۱). طراحی سایه‌بان هوشمند برای ساختمان اداری جهت کنترل ورود نور مستقیم خورشید مبتنی بر کاهش بار سرمایش با الگوبرداری از گره‌های ایرانی. *مجله علمی پژوهش‌های معماری نوین*، دوره دوم، شماره ۱، ۷-۲۶.

فروزنده شهرکی، نیما؛ احمدی جوشقانی، هانیه؛ نورکجوری، هانیه؛ سادات زمردیان، زهرا. (۱۴۰۰). ارزیابی کمیت و کیفیت نور در سالن‌های مطالعه و عرضه راهکارهای اصلاحی (نمونه موردی: کتابخانه‌های دانشگاه شهید بهشتی). فصلنامه علمی معماری و شهرسازی، سال سی و یکم، شماره ۹۵.

قاسمی‌نسب، مریم؛ مولای، محمدمهدی؛ پیله‌چی‌ها، پیمان. (۱۴۰۰). شبیه‌سازی دقیق نماهای شیشه‌ای نوین با تأکید بر بهینه‌سازی نور روز و انرژی (مورد پژوهی: ساختمان اداری همدان). *نشریه معماری و شهرسازی پایدار*، سال نهم، شماره دوم، ۱۶۳-۱۷۵.

کارگر، سارا سادات؛ محمودی زرندی، مهناز؛ خاک زند، مهدی. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر مؤلفه‌های کاربردی مؤثر در طراحی پنجره کلاس‌های دروس عملی با تأکید بر استفاده بهینه از بازتابش نور روز در تهران. *هویت شهر*، شماره ۴۷، سال پانزدهم، ۷۳-۸۸.

کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۴). *اقلیم و معماری*. تهران: انتشارات خاک.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]

References

ASHRAE. (2018). Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings Achieving Zero Energy. The American Institute of Architects Illuminating Engineering Society.

Baghoolizadeh, M., Rostamzadeh-Renani, M., Rstamzadeh-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, Volume 278, 112639.

Bian, Y., Chen, Y., Sun, Y., Ma, Y., Yu, D., & Leng, T. (2023). Simulation of daylight availability, visual comfort and view clarity for a novel window system with switchable blinds in classroom. Building and Environment, Volume 235, 110243.

Budhiyanto, A., & Chiou, Y.Sh. (2024). Visual comfort and energy savings in classrooms using surveillance camera derived HDR images for lighting and daylighting control system. Journal of Building Engineering, Volume 86, 108841.

Chen, Z., Hammad, A. W.A, Kamardeen, I., & Haddad, A. (2020). Optimizing window design on residential building facades by considering hear transfer and natural lighting in non tropical regions of Australia. Buildings, 10, 0206.

CIE. (1983). Discomfort Glare in the Interior Working Environment; Commission International de I'Eclairage: Vienna, P 52.

Collet da Graca, V., Cornelia Knatz Kowaltowskia, D., & Diego Petreche, J. (2005). An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimization of aspects of environmental comfort for the school system of the State Sao Paulo in Brazil. Building and Environment, 42, 948-999.

EN. (2011). Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements. Belgium: European Committee for Standardization. DOI: https://doi.org/2004R0726 - v.7 of 05 06.2013.

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

Heidari matin, N., Eydgahi, A., & Matin, P. (2022). The Effect of Smart Colored Windows on Visual Performance of Building. Building, 12, 861.DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12060861.

Kwong, Q. J. (2020). Light level, visual comfort and lighting energy savings potential a green-certified high-rise building. Journal of Building Engineering, Volume 29, 101198. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101198.

Lee, S.J., & Sonf, S.Y. (2023). Energy efficiency, visual comfort, and thermal comfort of suspended particle device smart windows in a residential building: A full-scale experimental study. Energy and Building, 113514. DOI:https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113514.

Lotfabadi, P., & Hancer, P. (2023). "Optimization of visual comfort: Building openings". Journal of Building Engineering, Volume 72, 106598. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106598.

Maleki, A., & Dehghan, N. (2020). "Optimization of energy consumption and daylight performance in residential building regarding windows design hot and dry climate of Isfahan". Science and Technology for the Built Environment.

Mardaljevic, J. (1995). Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. Lighting Reserch and Technology, 27 (4), 181-188.

Mardaljevic, J. (1997). "Validation of a lighting simulation program: a study using measured sky brightness distributions". In proceeding of the 8th European lighting conference Amsterdam, 11-14 May, 555-569.

Nikoukar, M., & Taban, M. (2023). Improve Attached Residential Building Daylight Access Through Atrium Optimization in Hot Climate. Journal of solar Energy Research (JSER). Volume 8, Number 2, 1526-1546.

Rahimi-Mehr, V. (2021). Light and color therapy: the role of light and color in architecture from the perspective of traditional Persian medicine. Traditional Medicine Research, 6(5): 47. DOI:10.53388/TMR20210606234.

Rastegari, M., Pournaseri, Sh., & Sanaieian, H. (2021). Daylight optimization through architectural aspects in an office building atrium in Tehran. Journal of Building Engineering, Volume 33, 101718. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101718.

The Illuminating Engineering Society of North America (2000). The IESNA LIGHTING HAND BOOK.

Xue, J., Fan, Y., Dong, Zh., Hu, X., & Yue, J. (2022). Improving visual Comfort and Health through the Design of a Local Shading Device. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19, 4406. DOI: https://doi.org/10.3390/ ijerph19074406.

Yong Suk, J., Schiler, M., & Kensek, K. (2016). Investigation of existing discomfort glare indices using human subject study data. Building and Environment, 1-10.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.45]