نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED)
دوره ۹، شماره ۲، تابستان۱۴۰۱، ص: ۵۵- ۸۲

J. Energy Conversion
Volume: 9, Issue: 2, 2022: 55-82

DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7

ارزیابی عملکرد نوروز و آسایش بصری در بنای پیش‌دبستانی شهید مهدوی تهران با رویکرد تحقق افق ۱۴۰۴

رومینا خلیل زاده اقدمی[۱]، سید مجید مفیدی شمیرانی [۲و*] و منصوره طاهباز [۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، Khalilzadeh.romina@gmail.com
*۲- استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، گروه معماری و شهرسازی، تهران، ایران، S_m_mofidi@iust.ac.ir
۳- دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، m-tahbaz@sbu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۳، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸

چکیده

در مقاله حاضر به بررسی تاثیر روشنایی طبیعی و نورگذرهای مناسب، بر بهبود عملکرد نوروز و بهینه‌سازی مصرف انرژی در کلاس درس پرداخته شده‌است. در راستای عمل به سیاست‌های کلی محیط زیست کشور و کاهش هزینه‌های جاری مدارس با استفاده بهینه از انرژی، بهره‌گیری از نوروز عاملی برای مشارکت در تقلیل مصرف انرژی و گامی در جهت تحقق افق ۱۴۰۴ است. هدف این مقاله ارزیابی عملکرد نوروز و ارائه راهکارهایی جهت بهبود آسایش بصری است که به منظور دستیابی به این مهم بنای پیش دبستانی شهید مهدوی در شمال غرب تهران به سبب ویژگی‌های کالبدی خاص همچون رف نوری، دیوار ترومب به همراه دریچه های نور، شمسه در سقف و آترویم مورب به عنوان نمونه مورد پژوهی انتخاب شد. بر اساس روش تحقیق کمی، نمونه موردی انتخاب شد و نورسنجی با استفاده از ابزار سنجش روشنایی در دو کلاس جنوبی مدرسه مهدوی به صورت با رف نور و بدون آن در ۲۳ دی ماه ۱۳۹۹ با شرایط آسمان آفتابی و در زمان‌های مشخص انجام گرفت. به منظور شبیه‌سازی و همچنین تحلیل نتایج، از نرم‌افزار کلایمت استودیو استفاده شد. آنالیزهای محیطی به صورت شبیه‌سازی سالانه روشنایی براساس ضوابط لید ۴.۱ صورت پذیرفت. روش کیفی نیز براساس استدلال استقرایی و با استفاده از مطالعات گسترده کتابخانه‌ای انجام گرفته‌است. در نهایت نتایج برداشت میدانی و تحلیل‌های نرم‌افزاری بررسی و شاخص روشنایی مفید نوروز در هر ۴ مدل بررسی شد و در محدوده قابل قبول قرار داشت. بنابراین ترکیبی از پنجره‌های خورشیدی و رف نوری در جنوب کلاس، به همراه پرده‌های متحرک نیمه شفاف سبب توزیع یکنواخت نوروز می‌شود. در صورت بهره‌گیری از آتریوم در شمال کلاس، میزان یکنواختی و بهره‌برداری از نوروز افزایش یافته و سبب بهبود عملکرد آن می‌شود. پیشنهادهایی به منظور بهبود آسایش بصری در این پژوهش ارائه شده است.

* **عهده‌دار مکاتبات:** S_m_mofidi@iust.ac.ir

کلمات کلیدی: نوروز، نورگذر، فضای آموزشی، بهره‌وری انرژی، آسایش بصری.

۱- مقدمه

نوروز همواره به عنوان یک عامل مهم در طراحی ساختمان‌ها آموزشی در نظر گرفته می‌شود. نوروز علاوه بر تاثیر مثبتی که در عملکرد کاربران فضا ایجاد می‌کند، سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز می‌شود. سطح روشنایی روز بر شرایط سلامت

نحوه استناد به این مقاله: رومینا خلیل زاده اقدمی، سید مجید مفیدی شمیرانی و منصوره طاهباز. ارزیابی عملکرد نوروز و آسایش بصری در بنای پیش‌دبستانی شهید مهدوی تهران با رویکرد تحقق افق ۱۴۰۴. مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۱؛ ۹ (۲) : ۵۵-۸۲ DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

جسم و ذهن افراد نیز موثر است و حضور در فضای فاقد نوروز برای مدت طولانی سبب بروز مشکلات روانشناختی خواهد شد[۱]. براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)[1]، ۱۴ درصد از برق مصرفی اتحادیه اروپا برای تامین روشنایی مصرف می‌شود[۲]، [۳]. این مقدار در ایران برابر ۳۰ درصد است[۴]. بنابراین بهره‌برداری از نوروز یک عامل مهم در کاهش انرژی است. در نهایت کاهش مصرف روشنایی الکتریکی سبب کاهش تقاضای انرژی و افزایش آگاهی و توجه نسبت به بحث انرژی و محیط زیست می‌شود و به همین دلیل استفاده از نوروز در طراحی مدارس بسیار مهم است.

یادگیری و آموزش بخش بسیار مهمی از زندگی هر فرد است. محیط‌های یادگیری با توجه به تربیت نسل بعدی بیشترین نقش را در جوامع بر عهده دارند. فضاهای آموزشی علاوه بر تمرکز بر فرآیند آموزشی و ارائه دانش و مهارت و توانایی خاص دانش‌آموزان، برای تاثیرگذاری بر وضعیت جسمی و روحی آن‌ها نیز طراحی شده است. مطالعات انجام شده نشان دهنده آن است که شرایط فیزیکی کلاس درس نیز در عملکرد دانش‌آموزان از اهمیت زیادی برخوردار است. آسایش بصری یکی از عواملی است که در فرآیند یادگیری اثربخش شناخته شده‌است. کنترل شاخص‌های نوروز همچون اتونومی نوروز، روشنایی لازم نوروز، احتمال خیرگی نوروز، تابش سالانه در دستیابی به آسایش بصری کمک می‌کنند.

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی عملکرد شاخص‌های نوروز در کلاس‌های جنوبی مدرسه مهدوی، به منظور بررسی شرایط در محیطی که با هدف طراحی مدرسه و نکات مرتبط با روشنایی روز طراحی شده‌است انجام می‌گیرد و پیشنهادهایی جهت فراهم آوردن شرایط بصری بهتر هم از نظر سطح روشنایی و هم به حداقل رساندن مصرف انرژی با کاهش استفاده از روشنایی الکتریکی، برای طراحی‌های آینده ارائه می‌شود. بنابراین نتایج مطالعه حاضر می‌تواند در محدوده اقلیم مشابه تهران تعمیم داده شده و مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۱- ضرورت و اهمیت موضوع

نور به دلیل نقش عملکردی و مهم آن عامل مهمی در طراحی ساختمان است. مطالعات در خصوص شرایط روشنایی در محیط کار سبب بهبود عملکرد در فضا می‌شود، این موضوع در مدارس از اهمیت بالاتری برخوردار است. تفاوت‌های کوچک در عملکرد تحصیلی می‌تواند منجر به موفقیت‌های اقتصادی در آینده شود[۵]. استفاده از نور روز باعث کاهش مصرف انرژی، بهبود عملکرد و بهره‌وری انسان و ایجاد محیطی پویا و تعاملی می‌شود[۶]. سال‌های زیادی است که انرژی مصرفی در تمام جهان از منابع فسیلی تامین می‌شود. اما با توجه به پایان پذیر بودن این منابع و همچنین اثرات مخرب زیست محیطی آن‌ها که به واسطه‌ی سوختن این منابع ایجاد می‌شود، ضرورت صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جایگزینی انرژی‌های تجدید پذیر جهت همراهی با محیط زیست و کاهش آلودگی وجود دارد [۷]. بنابراین استفاده از نوروز در مدارس یک گزینه بسیار مهم و بین‌المللی است [۸].

منابع نفت در دنیا با توجه به میزان بالای مصرف، به زودی به پایان رسیده و قیمت نفت افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند، در نتیجه لازم است استفاده از منابع انرژی‌های طبیعی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرند. طبق گزارش سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، میزان انرژی الکتریکی مصرفی برای روشنایی ۲۰ درصد و در ساعات اوج مصرف ۳۰ درصد برق مصرفی را به خود اختصاص داده است[۹]. این مقدار طبق گزارش صادر شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی۲ ۱۴ درصد از مصرف برق در اتحادیه اروپا را شامل می‌شود [۲]، [۳]. ایران به صورت میانگین از ۳۶۵ روز سال، ۲۰۰ روز آفتابی دارد. میزان تابش دریافتی به طور متوسط ۴/۵- ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در طول یک روز است. باتوجه به پتانسیل موجود در ایران، بهره‌برداری از نور طبیعی عامل مهمی در کاهش انرژی است. براساس مطالعات انجام شده تا سال ۲۰۵۰

[1] International Energy Agency (IEA)
[2] International Energy Agency (IEA)

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

مصرف برق برای روشنایی ساختمان‌ها می‌تواند بین ۵۰ تا ۸۲ درصد کاهش یابد[۱۰]. سطح روشنایی علاوه بر تاثیر بر کاهش مصرف انرژی سبب افزایش کارایی کاربران فضا شده و بر بعد روانی و فیزیکی بدن نیز تاثیرگذار است. بعلاوه آسایش بصری در فضای کلاس یکی از عوامل تاثیرگذار بر بهبود روند آموزش است. بنابراین استفاده از نورروز در طراحی مدارس از عوامل بسیار مهم در روند فعالیت دانش‌آموزان و معلمان و همچنین کاهش مصرف انرژی است.

۲- ادبیات موضوع و پیشینه

۲-۱- ادبیات نظری

۲-۱-۱: تعاریف فاکتورهای نورروز

سطح روشنایی میزان کیفیت بینایی را تعریف می‌کند. در استاندارد اروپا [۱۱] آسایش بصری به عنوان شرایط ذهنی و درونی که توسط محیط بصری برای شخص ایجاد شده است تعریف می‌شود. آسایش بصری به عواملی همچون: الف. فیزیولوژی چشم انسان، ب. کمیت‌های فیزیکی توصیف کننده میزان نور و توزیع آن در فضا، پ. انتشار طیف منبع نور بستگی دارد. با ارزیابی مجموعه‌ای از عوامل که ارتباط میان نیازهای کاربران و نور محیط را تنظیم می‌کنند، این موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد. این عوامل شامل: الف. میزان نور دریافتی، ب. یکنواختی نور دریافتی، پ. کیفیت نور در دریافت رنگ‌های مختلف، ت. پیش بینی خطر خیرگی برای کاربران فضا. [۱]

معیارهای بسیاری برای ارزیابی نورروز وجود دارد که به صورت کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند: معیارهای ایستا[۲] و معیارهای پویا[۳]. معیارهای ایستا که وابسته به زمان هستند، شامل فاکتور نورروز(DF)[۴]، دید به بیرون، جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید [۱۲]، یکنواختی[۵] و روشنایی[۶][۱۳]، و معیارهای پویای نورروز شامل اتونومی نورروز (DA)[۷]، اتونومی ماندگار نورروز (cAD)[۸]، شاخص روشنایی مفید نورروز (UDI)[۹]، اتونومی نورروز در حالت فضایی (sDA)[۱۰] و شاخص سالانه مربوط به قرارگیری در معرض تابش خورشید (ASE)[۱۱] می‌شود. طبق مطالعات مردالجویک[۱۲]، رینهارت[۱۳] و راجرز[۱۴] [۱۲]، تفاوت اصلی میان معیارهای ایستا و پویای نورروز در این است که معیارهای پویا داده‌های هواشناسی، مقدار نورروز و میزان تفاوت روزانه و فصلی آن را برای یک ساختمان خاص در طول یک سال در نظر می‌گیرند [۱۴]. با توجه به اینکه مقاله حاضر، به شبیه‌سازی و اندازه‌گیری با معیارهای پویا متکی است، فقط UDI، sDA، ASE، DF، Ave Lux بررسی می‌شوند. از میان فاکتورهای ایستای نورروز DGP و sDG نیز در زمان‌های خاص بررسی خواهد شد.

سطح روشنایی مورد نیاز در یک فضا به عواملی همچون نوع کار، مدت زمان انجام آن، زمان کار (روز یا شب) و سن کاربران بستگی دارد. طی سال‌های گذشته مقررات و استانداردهای روشنایی در ساختمان‌های آموزشی، متفاوت بوده است. براساس استانداردهای روز دنیا و به طور خاص CIBSE [۱۵]، [۱۶] و IESNA [۱۷] حداقل میزان روشنایی مورد نیاز در سطح میز کار برای کلاس‌های درس باید ۳۰۰ لوکس باشد.

[1] Ibid.
[2] Static Metrics
[3] Dynamic Metrics
[4] Daylight Factor
[5] Uniformity
[6] Illuminance
[7] Daylight Autonomy
[8] Continuous Daylight Autonomy
[9] Useful Daylight Illuminance
[10] Spatial Daylight Autonomy
[11] Annual Sunlight Exposure
[12] Merdaljevic
[13] Reinhardt
[14] Rogers

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

معیارهای عملکرد پویای نوروز عبارتند از: الف. روشنایی مفید نوروز (UDI)[۱]، که نشان دهنده درصد زمانی است که سطح روشنایی روز برای کاربران فضا مفید است [۱۸]. در مقاله حاضر روشنایی مفید نوروز براساس نیاز به نور در انجام فعالیت‌ها طبقه بندی شده که در آن روشنایی کمتر از ۱۰۰ لوکس به عنوان روشنایی کم، روشنایی ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس به عنوان روشنایی مکمل، ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس به عنوان روشنایی کافی و روشنایی بیش از ۳۰۰۰ لوکس به عنوان روشنایی زیاد و با احتمال خیرگی در نظر گرفته شد. [۱۹] به نظر می‌رسد برای کلاس درس آستانه پایین ۳۰۰ لوکس مناسب‌تر از ۱۰۰ لوکس بوده و با شرایط و مقررات واقعی تنظیم شده توسط استاندارد بریتانیا [۲۰] مطابقت دارد.

ب. اتونومی نوروز (DA)[۲] که بیانگر درصد ساعات اشغال فضا در طول یک سال به نحوی است که حداقل سطح روشنایی تنها توسط نوروز تامین شود [۱۳]. پژوهش‌ها نشان داده است که این عامل یکی از قابل اتکاترین معیارهای ارزیابی روشنایی روز فضاهای معماری است [۲۱]. پ. حداکثر اتونومی نوروز (DAmax)[۳]، بیان کننده درصد ساعات اشغال فضا در هنگام وجود نور مستقیم خورشید و یا شرایط بسیار شدید نوروز است. براساس شبیه‌سازی‌های مبتنی بر شرایط آب و هوایی و اتونومی نوروز (DA)، فضایی که حداقل نیمی از ساعات اشغال در طول سال را روشنایی کافی دریافت کند (بیش از ۳۰۰ لوکس)، یک فضای با نوروز مطلوب محسوب می‌شود [۲۲]. ت. اتونومی نوروز در حالت فضایی (sDA)[۴]، بیانگر درصدی از فضای داخلی است که حداقل سطح روشنایی روز در آن برای حداقل ۵۰٪ از زمان اشغال فضا در طول یک سال تامین شود [۲۳]. حداقل آستانه پایین sDA، ۳۰۰ لوکس در نظر گرفته شده است. ث. خیرگی[۵]، علت بروز خیرگی، نور و یا کنتراست بسیار زیاد است که به توزیع درخشندگی در میدان دید ناظر بستگی دارد[۲۴]. خیرگی به دو نوع خیرگی مخل توانایی[۶] (مستقیم) و خیرگی مخل آسایش[۷] [۲۵] (غیرمستقیم) تقسیم می‌شود «شکل ۱».



شکل ۱ خیرگی مستقیم (چپ)، خیرگی غیرمستقیم (راست) [۲۶]

ج. احتمال خیرگی نوروز (DGP)[۸]، این معیار متفاوت از سایر معیارهای خیرگی و کنتراست بین درخشندگی زمینه و منبع تابش نور است و شامل مقدار درخشندگی است که توسط ناظر درک می‌شود. براساس گفته کارلوچی و همکاران [۲۳] به دلیل همبستگی بیشتری با پاسخ کاربران از نظر درک خیرگی، DGP مناسب‌ترین معیار تجزیه و تحلیل خیرگی مطلق است[۲۷] و با تصور کاربران از خیرگی ارتباط نزدیکی دارد[۲۳]. این شاخص توسط وینولد و همکاران[۹] ایجاد شده‌است[۲۷]. مطالعات اخیر ون دن ویملنبرگ و همکاران[۱۰] محدوده‌های جدیدی را برای DGP ارائه کرده‌اند که در «جدول ۱» تفاوت دو محدوده قابل بررسی است.

[1] Useful Daylight Illuminance
[2] Daylight Autonomy
[3] Maximum Daylight Autonomy
[4] Spatial Daylight Autonomy
[5] Glare
[6] Disability Glare
[7] Discomfort Glare
[8] Daylight Glare Probability
[9] Wienold etal.
[10] Van Den Wymelenberg et al.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

جدول ۱ مقایسه تطبیقی محدوده درجه خیرگی براساس DGP از دیدگاه وینولد و ون دن ویملنبرگ

	DGP		درجه خیرگی
دیدگاه وینولد (۲۰۰۹) [۲۸]	DGP <۰/۳۵	Imperceptible Glare	نامحسوس
	۰/۰-۳۵/۴۰	Perceptible Glare	قابل درک
	۰/۴۰ -۰/۴۵	Disturbing Glare	مزاحم
	DGP> ۰/۴۵	Intolerable Glare	غیرقابل تحمل
دیدگاه ون دن ویملنبرگ (۲۰۱۴) [۲۹]	DGP < ۰/۲۳ یا ٪۲۳	Likely to be comfortable	تاحدودی در آسایش
	۰/۲۳> DGP< ۰/۲۵ یا ٪۲۵	Bounded between Comfort and Discomfort	محدود شده میان آسایش و عدم آسایش
	DGP > ۰/۲۵ یا ٪۲۵	Likely to be uncomfortable	ناخوشایند، مزاحم

چ. شاخص تابش سالانه (ASE)[1]، نور مستقیم خورشید را به عنوان منبع بالقوه عدم آسایش بصری در نظر می‌گیرد و درصدی از مساحت کف، که برای مدت زمان مشخصی، بیش از حد نور مستقیم خورشید را دریافت کند، اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص توسط انجمن مهندسی روشنایی[2] [۳۰] معرفی شده است. معیارهای ارزیابی روشنایی روز و محدوده‌های قابل قبول در «جدول ۲» ارائه شده‌است.

جدول ۲ شاخص‌های ارزیابی نورروز

	شاخص‌های ارزیابی نور				شاخص‌های ارزیابی خیرگی		
عنوان شاخص	اتونومی نورروز		اتونومی نورروز در حالت فضایی	روشنایی مفید نورروز	احتمال خیرگی نورروز		شاخص تابش سالانه
نام لاتین	Daylight Autonomy		Spatial Daylight Autonomy	Useful Daylight Illuminance	Daylight Glare Probability		Annual Sunlight Exposure
مخفف	**DA**		**sDA**	**UDI**	**DGP**		**ASE**
محدوده‌های ارزیابی	٪۶۰-٪۴۰	٪۸۰-٪۶۰	٪۱۰۰-٪۸۰	٪۵۵>	<۳۰۰ Lux	Lux۳۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰ Lux	<۰/۳۵	۰/۳۵ -۰/۴۰	۰/۴۰ -۰/۴۵	<۰/۴۵	٪۱۰>	٪۱۰≤
وضعیت روشنایی	روشنایی روز کافی	روشنایی روز خوب	روشنایی روز عالی	نورروز نامناسب	نورروز مناسب	بسیار تاریک	نورروز مفید	خیلی روشن با احتمال خیرگی	نامحسوس	قابل درک	مزاحم	غیرقابل تحمل	عدم آسایش	قابل قبول
نوع شاخص	پویا		پویا	پویا	ایستا			پویا					پویا	

۲-۲- پیشینه پژوهش

در پژوهش حاضر تعداد زیادی منابع خرد و کلان بررسی شدند. استنتاج و بررسی منابع موجود و منتخب نشان دهنده آن است که ارزیابی عملکرد نورروز براساس نوع نورگذرها و در جهت بهبود آسایش بصری و تقلیل مصرف انرژی در مدارس شهر تهران نیازمند مطالعات گسترده‌تری است. با توجه به اینکه جمعیت تهران و به دنبال آن میزان مصرف انرژی رو به افزایش است،

[1] Annual Sunlight Exposure
[2] IES LM-83-12.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

توجه به بحث نوروز و تاثیر آن بر بحث انرژی حائز اهمیت است. هراندازه میزان نوروز مطلوب در فضا افزایش یابد، مصرف روشنایی الکتریکی کاهش یافته و گامی در جهت اصلاح الگوی مصرف و اقتصاد مقاومتی برداشته شده است. در برنامه ششم توسعه تنها یک بند در خصوص انرژی وجود دارد و آن هم افزایش سهم انرژی‌های پاک است. بعلاوه چشم انداز سند راهبرد ملی، دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری انرژی‌ها در افق ۱۴۰۴ و با قابلیت رقابتی و رویکرد صادراتی در حوزه‌های مختلف اقتصادی است. بنابراین انجام پژوهش در این زمینه نیاز حال حاضر کشور است تا بتوان اهداف مرتبط با فناوری انرژی را به لحاظ پایه علمی تقویت کرده و توجه به نوروز به عنوان یکی از عوامل تاثیر گذار بر اصلاح الگوی مصرف را، در طراحی و ساخت فضاهای آموزشی بیش از پیش مورد توجه قرار داد.

۳- روش تحقیق

روش انجام پژوهش حاضر شامل سه مرحله است: بررسی ادبیات نظری، اعتبار سنجی نرم‌افزار و تحلیل نمونه موردپژوهی. در ابتدا مشخصات پنجره و همچنین متغیرهای ایستا و پویای نوروز برای ارزیابی عملکرد نوروز بررسی شدند. در مرحله دوم نرم‌افزار متناسب با نیازهای پژوهش انتخاب شده و با استفاده از داده‌های میدانی به دست آمده، اعتبار سنجی شده‌است. در نهایت شبیه‌سازی‌ها انجام شد تا تاثیر مشخصات پنجره بر عملکرد و کیفیت نوروز و همچنین خیرگی مشخص شود. درواقع برای مقایسه و ارزیابی عملکرد نوروز از طریق معیارهای LEED، تنظیمات مختلف پنجره شبیه‌سازی شده‌است.

پژوهش حاضر در پی دستیابی به هدف بهره‌وری انرژی در مدارس تهران، با بررسی مشخصات نورگذرها در این فضاها برنامه-ریزی شده است، بنابراین پژوهشی پنیادین و کاربردی است. نتایج این پژوهش در جهت ارائه راهکاری است که بتوان با طراحی صحیح نورگذرها در کلاس‌های درس مدارس، کارایی انرژی را بالا برده و گامی در جهت برنامه ششم توسعه و چشم انداز سند راهبرد ملی برداشته شود و علاوه بر آن، نور مطلوب وارد فضا شود. ماهیت داده در این مقاله از نوع کیفی و کمی است. مطالعات مربوط به این مقاله در بخشی از کار به صورت کتابخانه‌ای و در بخش دیگر مطالعات میدانی در مدرسه مورد نظر است. داده‌ها و اطلاعات مربوط به آن از طریق برداشت میدانی، مشاهده، مصاحبه و پس از آن تحلیل‌های نرم‌افزاری جمع آوری شده است. با توجه به ماهیت تحقیق که نیاز به اطلاعات نگر وجود دارد، یک مدرسه در تهران که به صورت همزمان دارای طاقچه نوری، دیوار ترومب، آتریوم مورب وشمسه در سقف است به عنوان نمونه مطالعاتی انتخاب و در دو کلاس جنوبی آن برداشت نور در طول یک روز و شرایط مختلف انجام شده‌است. سپس در نرم افزار رویت مدلسازی و پس از انتقال به راینو و انجام مدلسازی‌های تکمیلی، سنجش نوروز در کلایمیت استودیو انجام گرفت و استنتاج و تحلیل داده‌ها براساس مقایسه و استقرا صورت پذیرفت. تحقیق شبیه‌سازی به ارائه مدل‌هایی متناسب با یک محیط به صورت بهبود یافته می‌پردازد تا به این ترتیب به دید گسترده‌ای برای استدلال منطقی و تحلیل استقرایی رسیده و بتوان با تحلیل و استنتاج صحیح به یک حکم علمی دست یافت.

۳-۱- نوع و استراتژی کلی تحقیق

پژوهش حاضر از نوع بنیادین و کاربردی و استراتژی کلی آن، ترکیب کمی و کیفی است. روش گردآوری داده‌ها در بخش مطالعات، کتابخانه‌ای است و در بررسی نمونه موردپژوهی، روش میدانی و سپس شبیه‌سازی است. برداشت نورسنجی مطابق برنامه از پیش تعیین شده در کلاس انجام شد و به منظور اعتبارسنجی، تحلیل و مقایسه مدل‌های خروجی از نرم‌افزار کلایمت استودیو از آن‌ها بهره‌گیری شد.

۳-۲- جامعه و نمونه

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

مقاله حاضر تاکید به ارزیابی عملکرد نورروز و آسایش بصری در بنای پیش دبستانی شهید مهدوی تهران دارد. این بنا یکی از ساختمان‌های مجموعه شهید مهدوی است که در شمال غرب شهر تهران، منطقه زعفرانیه، خیابان آصف واقع شده و در سال ۱۳۸۸ توسط آقای دکتر سید مجید مفیدی شمیرانی طراحی و اجرا شد. اجرای پروژه در سال ۱۳۹۰ به پایان رسید و بنا از مهر ماه ۹۱ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در «شکل ۲ » موقعیت مکانی مجموعه آموزشی و همچنین نمای جنوبی پیش-دبستانی ارائه شده‌است. کلاس‌های بنای پیش دبستانی به سبب ویژگی‌هایی همچون رف نوری، دیوار ترومب به همراه دریچه های نور، شمسه در سقف و آترویم مورب نسبت به سایر فضاهای آموزشی متمایز بوده و بنای ارزشمندی جهت بررسی به عنوان نمونه موردی است. مدرسه دارای ۱۲ کلاس در ۵ طبقه با مساحت کلی ۱۶۰۰ مترمربع است. با توجه به شیب زیاد منطقه، جنوب بنا از ۵ طبقه و شمال آن از ۳ طبقه امکان دریافت نور مستقیم خورشید را دارد. کلاس‌های جنوب شرقی از طریق پنجره‌ها و رف نورهای خورشیدی در سمت جنوب کلاس، نورروز را دریافت می‌کنند، کلاس‌های جنوبی غربی علاوه بر نور مستقیم جنوب، از نور غیرمستقیم آتریوم مرکزی بنا در شمال کلاس را نیز بهره می‌گیرند. کلاس‌های شمالی از پنجره‌های شمالی کلاس نور دریافت می‌کنند و کلاس شمال غربی علاوه بر آن، نور غیرمستقیم آتریوم مرکزی را در جنوب کلاس دارا است.



شکل ۲ موقعیت مکانی پیش‌دبستانی شهید مهدوی (راست)، نمای جنوبی ساختمان پیش‌دبستانی (چپ)

۳-۲-۱: بررسی نمونه موردپژوهی

ساختمان پیش دبستانی شهید مهدوی با ارتفاع ۱۱۹۱ متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی ۵۱/۳۸ و طول جغرافیایی ۳۵/۷ در شمال غرب تهران قرار گرفته‌است. تهران در گروه Bsk در مقیاس کوپن دسته بندی شده و فایل آب و هوای عمومی سالیانه هواشناسی از ایستگاه سینوپتیک شمیرانات واقع در شمال تهران در ارتفاع ۱۵۴۹ متر از سطح دریا برای شبیه‌سازی به کار گرفته شده است. براساس آمار هواشناسی گزارش شده توسط ایستگاه هواشناسی تهران(epw)، آسمان تهران در طول یک سال ٪۶۷ صاف، ۲۴٪ نیمه ابری، ۹٪ ابری است[۳۱]. با توجه به اطلاعات ذکر شده در بالا، اندازه‌گیری میدانی در یک روز صاف انجام گرفت. (۲۳ دی ماه ۱۳۹۹، ۱۲ ژانویه ۲۰۲۱) به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، دو کلاس جنوبی در محیط نرم‌افزار رویت به صورت دقیق مدلسازی شد، پس از تکمیل حجم ساختمان در نرم‌افزار راینو، از پلاگین کلایمت استودیو برای شبیه-سازی و دریافت خروجی‌ها و اطلاعات مورد نظر و همچنین تحلیل و ارزیابی وضعیت‌های مختلف استفاده شد.

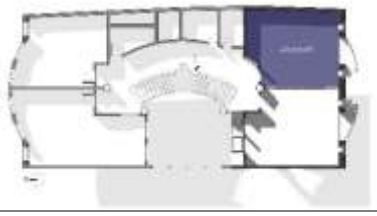
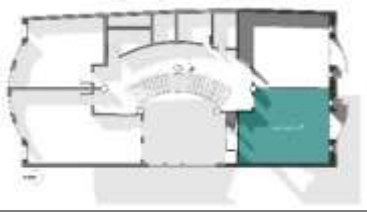
دو کلاس جنوبی در طبقه اول از این بنا برای پژوهش انتخاب شده است که روزهای شنبه تا چهارشنبه از ساعت ۸ صبح الی ۱۵/۳۰ برای ۱۵ دانش‌آموز، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ابعاد دقیق هرکلاس در «جدول ۳» ذکر شده است. کلاس‌ها به روش منتسوری طراحی شده و فاقد درب است. دیوار جنوبی کلاس پنجره دو جداره‌ای دارد که در بخش بالا ثابت و بخش پایینی به صورت کشویی متحرک است «شکل ۳». علاوه‌بر این در بالای پنجره اصلی جنوبی سه رف نوری طراحی شده است. دیوار جنوبی از نوع ترومب بوده و به جای دریچه‌های هوا، از پنجره‌های کوچک استفاده شده است. بنابراین چهار پنجره کوچک نیز

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

در دیوار جنوبی قرار دارند. دیوار مابین دوکلاس از سه بخش تشکیل شده، دو بخش بالایی شیشه شفاف و بخش پایینی آلومینیوم سفید بوده و در صورت لزوم امکان باز شدن و ترکیب دو کلاس فراهم است. کلاس جنوب غربی در بخش شمالی به آتریوم مورب بازشو دارد. نسبت پنجره به دیوار در هر دو کلاس ۲۵/۰۷ درصد است. برای کنترل نور ورودی برروی پنجره اصلی جنوبی کلاس پرده کرکره‌ای نصب شده که درصورت لزوم مورد استفاده قرار گیرد «شکل ۳». مشخصات بازشوی کلاس‌ها در «جدول ۴ و ۵» ارائه شده است.

جدول ۳ ویژگی کلاس‌های مورد مطالعه

		کلاس جنوب شرقی	کلاس جنوب غربی
تصویر موجود			
پلان کلاس موقعیت طبقه اول			
جهت گیری		جنوبی	جنوبی
موقعیت		جنوب شرقی	جنوب غربی
ابعاد کلاس (متر)		۷/۳۰ × ۵/۸۰	۷/۳۰ × ۵/۹۳
ارتفاع سقف (متر)		۲/۹۰	۲/۹۰
پنجره	مدل	شیشه دوجداره ۴ میلی متری	شیشه دوجداره ۴ میلی متری
	مساحت بازشو (مترمربع) جنوبی	۵/۰۰۶۹	۵/۰۰۶۹
	مساحت بازشو (مترمربع) شمالی	-	۶/۷۲۱۲
	WWR جنوبی	٪ ۲۵/۰۷	٪ ۲۵/۰۷
	WWR شمالی	-	٪ ۴۱/۱۱
تصویر مدلسازی رویت			
موقعیت کلاس‌ها در نما			

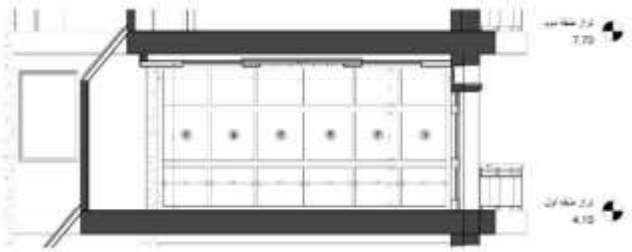
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

جدول ۴ مشخصات بازشوهای کلاس‌ها در مدل پایه طبق وضعیت موجود

شماره	موقعیت قرارگیری			ابعاد پنجره(متر)					
				ارتفاع	عرض	ارتفاع		عرض	
۱	هر دو کلاس جنوبی			۰/۳۷	۱	۰/۲۷		۰/۸۷	
۲	هر دو کلاس جنوبی			۰/۳۷	۲/۲۵	۰/۲۷		۲/۱۲	
۳	هر دو کلاس جنوبی			۲/۴۰	۲/۲۵	بخش بالایی	۰/۲۳	۲/۰۵	
						بخش میانی	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۹۸
						بخش پایینی	۰/۶۵	۰/۹۸	۰/۹۸
۴	هر دو کلاس جنوبی			۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۳۳		۰/۳۳	
									
۵	شمال	جنوب غربی		۲/۶۰	۱/۲۴	بخش بالایی	۰/۳۶	۱/۱۲	
						بخش میانی	۰/۸۰	۰/۵۳	۰/۵۳
						بخش پایینی	۰/۸۷	۰/۵۳	۰/۵۳
۶ (مورب)	شمال	جنوب غربی		۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۱۲		۰/۵۳	۰/۵۳
									
مجموع مساحت شیشه کلاس جنوب شرقی				مجموع مساحت شیشه کلاس جنوب غربی					
۵/۰۰۶۹ مترمربع				۱۱/۷۲۸۱ مترمربع					

جدول ۵ مشخصات بازشو بین دو کلاس

موقعیت قرارگیری	ابعاد پنجره(متر)		ابعاد شیشه (متر)				
	ارتفاع	عرض		ارتفاع		عرض	
بین دو کلاس	۲/۹۵	۵/۸۹	تقسیم بندی عرضی از شمال به جنوب کلاس	بخش بالایی	۰/۷۴	۱	۰/۹۱
						۲	۰/۸۸
				بخش میانی	۰/۹۷	۳	۰/۹۴
						۴	۰/۹۴
				بخش پایینی	۰/۷۸	۵	۰/۸۸
						۶	۰/۹۱
							
مجموع مساحت شیشه بین دو کلاس			۴/۶۶۸۳ مترمربع				

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]



شکل ۳ کلاس جنوب غربی

۳-۲-۲: اندازه‌گیری میدانی نمونه موردپژوهی

در اولین مرحله برداشت میدانی، ویژگی‌های کالبدی مجموعه ساختمان پیش‌دبستانی و دو کلاس مورد نظر با استفاده از متر برداشت شد و نوع دریافت نوروز در آن‌ها به ثبت رسید. سپس کل مجموعه با جزئیات در نرم‌افزار رویت مدلسازی شد. در مرحله دوم نورسنجی و ثبت اطلاعات مربوط به آن بود که در تاریخ ۲۳ دی ماه ۱۳۹۹ (۱۲ ژانویه ۲۰۲۱)، در شرایط آسمان صاف و توسط دو دستگاه دیتالاگر[1] مدل 1339R، انجام گرفت. میزان نوروز دریافتی در طول روز، از ۸ الی ۱۵ توسط دستگاه در پشت بام «شکل ۴»، هر ۳ ثانیه ثبت شد. شبکه‌ای با ابعاد ۸۰ در ۸۰ و فاصله ۵۰ از دیوار در کلاس‌ها ایجاد شد و نورسنجی برروی نقاط شبکه با استفاده از دستگاه دوم در ۳ ساعت مختلف و ارتفاع ۵۶ سانتی‌متر انجام شد «شکل ۵». کلاس جنوب شرقی در ۶۱ نقطه و کلاس جنوب غربی ۵۶ نقطه نورسنجی شدند. به منظور بررسی تاثیر وجود رف‌نورها در میزان نور دریافتی، برداشت در هر ساعت یک بار با رف نوری و پنجره‌های دیوار ترومب و یک بار با بستن موارد ذکر شده با استفاده از پوشش سیاه انجام و ثبت شد «شکل ۴» .در طول برداشت میدانی، از شیوه‌های مناسب و تایید شده استفاده شد، بنابراین در صورت لزوم امکان تکرار برداشت به صورت دقیق و مفید وجود دارد[۳۲]. جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر، برداشت بدون هرگونه نور مصنوعی و حضور دانش‌آموزان انجام گرفت. ویژگی‌های نوری سطوح مختلف طبق برداشت میدانی در «جدول ۷» و ضریب انعکاس و انتقال نور مربوط به سطوح و شیشه در «جدول ۸» ارائه شده است.

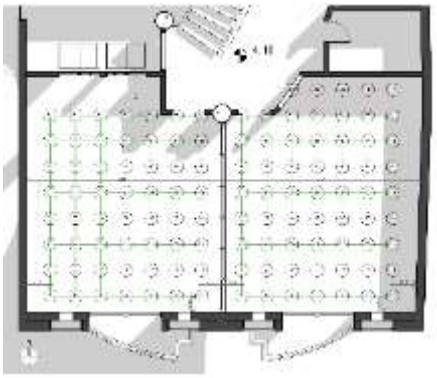


شکل ۴ برداشت میدانی و نورسنجی در وضعیت پوشاندن رف‌های نوری و دریچه های دیوار ترومب و همچنین دیتالاگر بر روی بام

[1] Data Logger Light Meter Pro

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]



شکل ۵ پلان شبکه بندی کلاس‌ها

جدول ۶ مشخصات اصلی دستگاه‌های مورد استفاده

دستگاه مورد نظر[1]	Lutron Color Analyzer Probe RGB- 1002	TES 137 Luminar Meter	TES 1339R Data Logger and Lightmeter Pro
دامنه[2]	رنج طیفی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر قرمز ۱۰۲۳- ۰ آبی ۱۰۲۳- ۰ سبز ۱۰۲۳- ۰	۰/۰۰۱ - 1999K cd/m² ۰/۰۰۱ - 580.0k fL	۰/۰۱ Lux - ۹۹۹۹۰۰ Lux ۰/۰۰۱ - ۹۲۹۲۷ fc Autoranging 5 Step
دقت[3]		±۳٪ rdg ±5digits	±۳٪ rdg ±5digits
دقت طیفی[4]			CIE Vλ function f '1 ≦ 6%
تصویر			

جدول ۷ ویژگی‌های نوری برداشت شده در محیط

سطح مورد نظر	میزان درخشندگی(cd/m^2)	RGB سطوح
میز و صندلی	۰/۴۲	R603- G461- B283
زمین	۰/۳۲	R338- G213- B120
دیوار سفید	۰/۷۳	R1023- G1023- B1023
دیوار کاغذ دیواری	۰/۷۰	R663- G672- B613
سقف	۰/۷۰	R1023- G1023- B1023

جدول ۸ ویژگی‌های نوری سطوح

عناصر ساختمانی	ویژگی‌های سطوح
شیشه دوجداره خارجی۴ mm	٪۷۴ انتقال نور
شیشه ساده داخلی ۴ mm	٪۹۵ انتقال نور
سقف	٪۸۵ ضریب انعکاس
دیوار داخلی	٪۷۵ ضریب انعکاس
دیوار خارجی	٪۴۵ ضریب انعکاس

[1] Solution
[2] Range
[3] Accuracy
[4] Spectral Accuracy

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

جهت سهولت درک، کلاس‌ها براساس موقعیت قرارگیری و دریافت نور در چهار دسته الف، ب، پ و ت دسته بندی شدند «جدول ۹». هر دو کلاس نور جنوب را تقریبا یکسان دریافت می‌کنند، بنابراین در بررسی‌ها از تفاوت اندک آن صرف نظر شده‌است.

جدول ۹ دسته بندی کلاس‌ها براساس نوع دریافت نور از نورگذرها

نوع دریافت نور از نورگذر	عنوان کلاس در مقاله
با رف نوری و پنجره‌های خورشیدی از جنوب- بدون نورگیری از آتریوم مورب از شمال	الف
بدون رف نوری و با پنجره‌های خورشیدی از جنوب- بدون نورگیری از آتریوم مورب از شمال	ب
با رف نوری و پنجره‌های خورشیدی از جنوب- با نورگیری از آتریوم مورب از شمال	پ
بدون رف نوری و با پنجره‌های خورشیدی از جنوب- با نورگیری از آتریوم مورب از شمال	ت

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱- شبیه‌سازی روشنایی برای ارزیابی عملکرد روشنایی طبیعی

به منظور ارزیابی عملکرد روشنایی طبیعی در پژوهش حاضر، نرم افزار کلایمت استودیو استفاده شده و مشخصه‌های کمی نوروز شامل UDI، DA، ASE، sDA، sDG، DGP و Mean Illuminance در کلایمت استودیو بررسی شدند. شاخص‌ها به صورت سالانه در نرم‌افزار تحلیل و برای سنجش میزان نور دریافتی و اعتبارسنجی نتایج، از روش میدانی با ابزار سنجش نوروز استفاده شد. نورسنجی در زمان انقلاب زمستانی به دلیل محدودیت‌های کرونا برای ورود به مدرسه میسر نشد و با حدود یک ماه تاخیر در تاریخ ۲۳ دی ماه ۱۳۹۹ (۱۲ ژانویه ۲۰۲۱) برداشت در شرایط آسمان صاف، توسط دستگاه نورسنج TES1339R در سه ساعت مختلف و در چهار حالت الف، ب، پ و ت طبق «جدول ۹» انجام شد.

چندین ابزار و نرم افزار برای تجزیه و تحلیل روشنایی روز و دستیابی به اهداف پژوهش حاضر بکار گرفته شد. نرم افزار رویت[1] برای مدلسازی اولیه و راینو[2] برای تکمیل مدلسازی فرم پایه استفاده شد. سپس در کلایمت استودیو[3] به عنوان پلاگین شبیه-ساز نور و انرژی بررسی شده است. این پلاگین بر روی راینو نصب شده و برپایه انرژی پلاس[4] و مبدا جدیدی از رادیانس[5] ساخته شده و در حال حاضر، دقیق‌ترین و سریع‌ترین نرم‌افزار شبیه ساز موجود است که اطلاعات را به صورت سالانه و لحظه-ای در اختیار می‌گذارد. محاسبات در شبکه‌ای از حسگرها در کل سطح مورد نظر انجام می‌شود. شرایط واقعی آسمان موجود از طریق یک پرونده epw وارد نرم‌افزار شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نهایت آنالیزهای محیطی برای ساختمان‌ها به صورت شبیه‌سازی سالانه روشنایی براساس ضوابط LEED۴.۱ ، بررسی شده و امتیاز نهایی، متناسب با ویژگی‌های ساختمان مورد نظر اعلام می‌شود[۳۳].

مدلسازی با در نظر گرفتن هندسه و ابعاد کلاس با دقت بالایی انجام شد تا خروجی نهایی به ساختمان واقعی نزدیک شود. ابعاد و اندازه دقیق پنجره‌ها و تناسبات کلاس و همچنین موقعیت کلاس به نسبت آتریوم مورب مرکزی در مدلسازی لحاظ شده است. مقادیر ضریب انعکاس سطوح مختلف موجود در فضای کلاس، با استفاده از منابع مصالح موجود در نرم افزار کلایمت استودیو و نزدیک به نمونه اصلی انتخاب شد. آسمان برای تاریخ ۲۳ دی ماه ۱۳۹۹ بر اساس استاندارد روشنایی CIE، شفاف تنظیم شد و در مورد داده‌های اقلیمی، از یک پرونده epw برای ورود اطلاعات به نرم‌افزار استفاده شد.

[1] Revit Architecture 2020
[2] Rhinoceros 6
[3] Climate Studio
[4] Energy plus
[5] Radiance

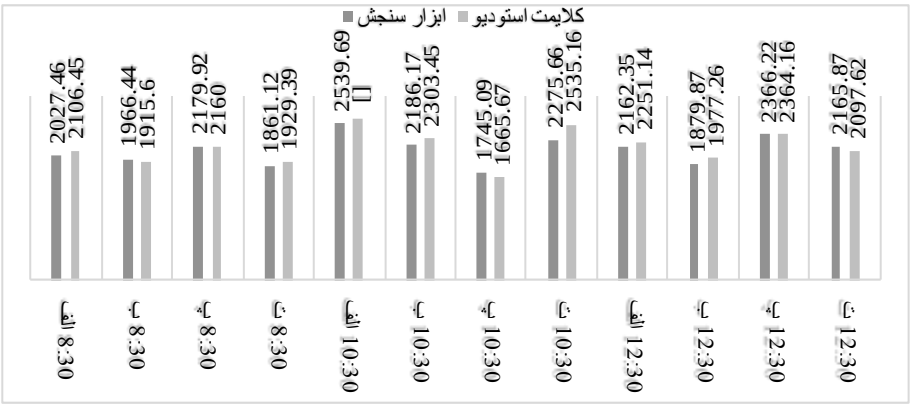
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

۴-۲- اعتبارسنجی نرم‌فزار

به منظور بررسی فرضیه‌های پژوهش، همانطور که در بخش ۳-۲-۲ ذکر شه است، بازدید و نورسنجی کلاس‌ها در ۲۳ دی ماه ۱۳۹۹ انجام شد. اعتبارسنجی نتایج حاصل از شبیه‌سازی نوروز در نرم‌افزار در قیاس با برداشت میدانی انجام شد «جدول ۱۰» «شکل ۶». همانگونه که در شکل دیده می‌شود نتایج با تقریب مناسبی اعتبار یافته‌های این پژوهش را اثبات می‌کند. اطلاعات با توجه به شرایط کلاس در نرم افزار تعریف و اندازه‌گیری شده‌است و اگر در شرایط مشابه، میزان روشنایی دریافت شده در سنجش میدانی و خروجی نرم‌افزار مطابقت داشته باشند، می‌توان نتیجه را به راه حل‌های پیشنهادی تعمیم داد.

جدول ۱۰ میزان روشنایی اندازه‌گیری شده در تاریخ ۲۳ دی ۱۳۹۹ در چهار وضعیت، اعداد میانگین برداشت‌ها در سه ساعت ۸:۳۰- ۱۰:۳۰- ۱۲:۳۰ است و شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار کلایمت استودیو

ساعت	نوع خروجی	وضعیت کلاس			
		الف	ب	پ	ت
		میزان روشنایی (لوکس)			
۸:۳۰	اندازه گیری شده به وسیله ابزارسنجش روشنایی	۲۰۲۷/۴۶	۱۹۶۶/۴۴	۲۱۷۹/۹۲	۱۸۶۱/۱۲
	شبیه‌سازی شده توسط نرم‌افزار کلایمت استودیو	۲۱۰۶/۴۵	۱۹۱۵/۶۰	۲۱۶۰	۱۹۲۹/۳۹
۱۰:۳۰	اندازه گیری شده به وسیله ابزار سنجش روشنایی	۲۵۳۹/۶۹	۲۱۸۶/۱۷	۱۷۴۵/۰۹	۲۲۷۵/۶۶
	شبیه‌سازی شده توسط نرم‌افزار کلایمت استودیو	۲۶۴۰/۳۴	۲۳۰۳/۴۵	۱۶۶۵/۶۷	۲۵۳۵/۱۶
۱۲:۳۰	اندازه گیری شده به وسیله ابزار سنجش روشنایی	۲۱۶۲/۳۵	۱۸۷۹/۸۷	۲۳۶۶/۲۲	۲۱۶۵/۸۷
	شبیه‌سازی شده توسط نرم‌افزار کلایمت استودیو	۲۲۵۱/۱۴	۱۹۷۷/۲۶	۲۳۶۴/۱۶	۲۰۹۷/۶۲
میانگین روشنایی اندازه‌گیری شده به وسیله ابزار سنجش روشنایی				۲۱۱۲/۹۸	
میانگین روشنایی شبیه‌سازی شده توسط نرم‌افزار کلایمت استودیو				۲۱۶۲/۱۸	



شکل ۶ نمودار اعتبارسنجی میزان روشنایی اندازه‌گیری شده در تاریخ ۲۳ دی ۱۳۹۹ در چهار وضعیت، اعداد میانگین برداشت‌ها در سه ساعت ۸:۳۰- ۱۰:۳۰- ۱۲:۳۰ است و شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار کلایمت استودیو

۵. تجزیه و تحلیل نتایج

برای ارائه نتایج تحقیقات کمی، در مورد شرایط آسایش بصری کلاس‌ها از روش چند معیاری استفاده شده‌است. در این روش علاوه‌بر محافظت از اعتبار و صحت نتایج، امکان ارزیابی کلی شرایط آسایش بصری نیز فراهم است.

۵-۱- تجزیه و تحلیل معیارهای نوروز و خیرگی

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

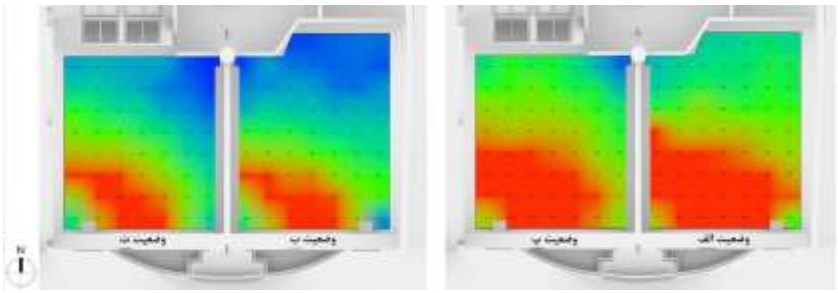
۵-۱-۱- معیار عملکرد نوروز

تجزیه و تحلیل شبیه‌سازی شده به دو بخش معیارهای نوروز و معیارهای خیرگی تقسیم می‌شود. در این مطالعه منظور از ساعات طول سال، زمان‌های اشغال فضای کلاس در روزهای کاری مدرسه، شنبه تا پنج‌شنبه و از ساعت ۸ صبح تا ۱۵.۳۰ است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نوروز در «جدول ۱۱» نشان داده شده‌است. براساس شاخص اتونومی نوروز (DA)، کلاس-های درس در هر چهار وضعیت عملکرد تقریبا یکسانی دارند و می‌توانند به عنوان فضاهای آموزشی دارای نور بسیار عالی توصیف شوند اما، حذف رف نورها سبب کاهش ۳/۷۴ و ۲/۸۱ درصدی ساعات مطلوب در سال شده است.

جدول ۱۱ نتایج حاصل از شبیه‌سازی نوروز کلاس‌های مدرسه مهدوی

سناریوی مرجع	وضعیت کلاس			
	الف	ب	پ	ت
	درصد (٪) ساعات مطلوب در طول سال			
اتونومی نوروز (DA)	٪ ۸۷/۰۸	٪ ۸۳/۳۴	٪ ۸۹/۱۰	٪ ۸۶/۲۹
اتونومی نوروز در حالت فضایی (sDA)	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰
میانگین روشنایی (Avg Lux)	۱۳۳۹	۱۱۳۵	۱۴۷۹	۱۳۰۲
روشنایی مفید نوروز (UDI)	٪ ۸۱/۵	٪ ۷۸/۶	٪ ۸۲/۸	٪ ۸۰/۷
شاخص تابش سالانه (ASE)	٪ ۸/۲۰	٪ ۸/۲۰	٪ ۱۰/۷۱	٪ ۱۰/۷۱

«شکل ۷» توزیع روشنایی با آسمان صاف در تاریخ ۱۲ ژانویه (۲۳دی) را در چهار وضعیت نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، درتمام حالت‌های نورسنجی، هیچ بخشی از کلاس‌ها روشنایی کمتر از ۳۰۰ لوکس دریافت نمی‌کنند اما محدوده شمال کلاس‌ها در وضعیت ب و ت و همچنین سطح کمی از شمال شرق وضعیت پ، روشنایی کمتر از ۴۰۰ لوکس دریافت می‌کنند.



شکل ۶ گراف توزیع روشنایی با آسمان صاف[1] در تاریخ ۱۲ ژانویه (۲۳ دی) ساعت ۹ صبح، وضعیت الف و پ (راست)، وضعیت ب و ت (چپ)

روشنایی مفید نوروز در هر چهار وضعیت بین ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس، برای بخش قابل توجهی از ساعات اشغال فضا در طول سال است. طبق «جدول ۱۱» وضعیت ب دارای کمترین و پ بیشترین میزان روشنایی مفید نوروز است. در «جدول ۱۲» تفسیر روشنایی مفید نوروز ارائه شده است. هرچقدر UDI.e و UDI.f در فضای مورد نظر کمتر و UDI.a بیشتر باشد، نتایج

[1] CIE- Clear Sky

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

مطلوب‌تری خواهیم داشت. در وضعیت پ ۶/۲۵ درصد از ساعات اشغال شده در سال بیش از ۳۰۰۰ لوکس روشنایی دریافت می‌کند که منجر به خیرگی می‌شود. این مقدار در وضعیت ب ۴/۷۳ درصد است. وضعیت پ، ۸۲/۸۵ درصد و وضعیت ب، ۷۸/۶۱ درصد از ساعات اشغال شده از سال روشنایی بین ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس را دارا است. اولی بیشترین و دومی کم‌ترین مقدار UDI.a در موارد مورد مطالعه است. نتایج شبیه‌سازی به صورت جامع در «جدول ۱۱» و تفسیر UDI در محدوده‌های مختلف روشنایی در «جدول ۱۲» ارائه شده است.

جدول ۱۲ تفسیر روشنایی مفید نوروز کلاس‌های مدرسه مهدوی

سناریوی مرجع		وضعیت کلاس			
		الف	ب	پ	ت
		درصد (٪) ساعات اشغال در طول سال			
روشنایی مفید نوروز (UDI)	**شرایط نور دریافتی**	٪ ۸۱/۵	٪ ۷۸/۶	٪ ۸۲/۸	٪ ۸۰/۷
UDI fell short -Lux<۱۰۰	نور کم و ناکافی	٪ ۵/۱۶	٪ ۵/۹۵	٪ ۴/۸۱	٪ ۵/۳۸
UDI supplementary -Lux۱۰۰ -۳۰۰	نور مناسب است اما ناکافی	٪ ۷/۷۵	٪ ۱۰/۷۱	٪ ۶/۰۹	٪ ۸/۳۳
UDI autonomous -Lux۳۰۰ -۳۰۰۰	نور مناسب	٪ ۸۱/۵۳	٪ ۷۸/۶۱	٪ ۸۲/۸۵	٪ ۸۰/۶۷
UDI exceeded -Lux>۳۰۰۰	نور زیاد است منجر به خیرگی	٪ ۵/۵۵	٪ ۴/۷۳	٪ ۶/۲۵	٪ ۵/۶۲

الف **پ**



ب **ت**



میزان یکنواختی نوروز براساس استاندارد سازمان آموزش و اشتغال انگلستان (نشریه شماره ۹۰ ساختمان) [۳۴] و استاندارد BREEAM [۳۵] در «جدول ۱۳» بررسی شده است و براساس نتایج حاصل وجود رف نورها سبب یکنواختی نوروز در سطح کلاس می‌شود. دو وضعیت ب و ت به سبب حذف رف نورها، حداقل یکنواختی لازم را براساس استاندارد BREEAM دارا نیستند.

جدول ۱۳ مقادیر حداقل و میانگین روشنایی و میزان یکنواختی نوروز طبق شبیه‌سازی در نرم‌افزار کلایمت استودیو

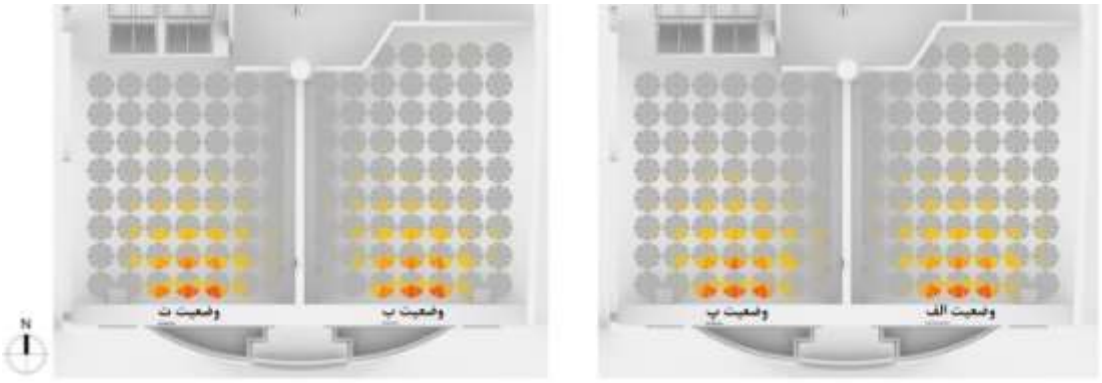
وضعیت کلاس	حداقل روشنایی	میانگین روشنایی	یکنواختی نوروز	Building Bulletin 90 حداقل قابل قبول ۰/۳	BREEAM حداقل قابل قبول ۰/۴
الف	۵۵۳	۱۳۴۲	۰/۴۱	قابل قبول	قابل قبول
ب	۴۰۷	۱۱۴۶	۰/۳۵	قابل قبول	غیرقابل قبول
پ	۶۰۳	۱۴۸۸	۰/۴۰	قابل قبول	قابل قبول
ت	۴۰۱	۱۳۰۴	۰/۳۰	قابل قبول	غیرقابل قبول

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

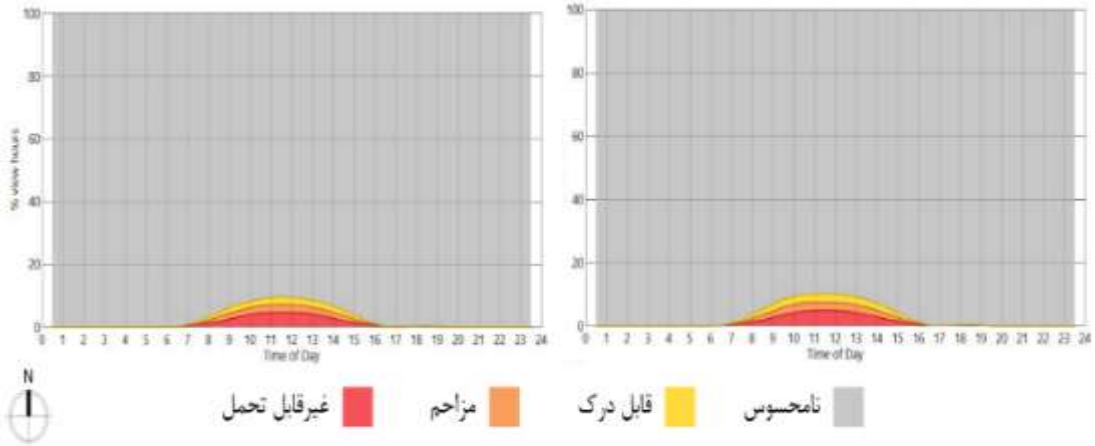
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

۵-۱-۲- تحلیل معیار احتمال خیرگی نوروز

توزیع خیرگی سالانه در سطوح اشغال شده در فضا، به صورت سالانه با استفاده از شاخص ASE، sDG[1] و همچنین در روز و زمان خاص، براساس معیار DGP بررسی شده است. این معیار توسط وینولد و کریستوفرن ساخته شده است و مبتنی بر تصویر است، به این صورت که با احتمال اینکه کسی در موقعیت و جهت‌گیری مشخصی از دوربین قرار گرفته باشد، احتمال خیرگی مخل آسایش را پیش‌بینی می‌کند. نوع دوربین مورد نیاز لنز فیش آی[2] است تا بتوان دید باز ۱۸۰ درجه داشت. DGP مقادیر بین ۰ تا ۱۰۰ درصد دارد که تقسیم بندی آن در «جدول ۲» ذکر شده است. «شکل ۸ و ۹و ۱۰» مربوط به توزیع خیرگی سالانه در چهار وضعیت به صورت نقطه‌ای در سطح کلاس است و برای هر نقطه در ۸ جهت مختلف بررسی می‌شود «شکل ۱۱».



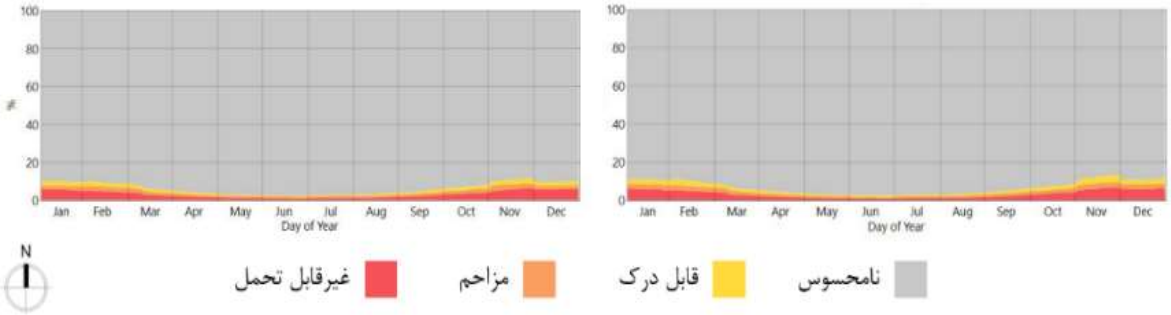
شکل ۷ گراف توزیع خیرگی در دو وضعیت الف و پ (راست)، دو وضعیت ب و ت (چپ)



شکل ۸ نمودار میانگین سالانه خیرگی در طول ساعات یک روز در دو وضعیت الف و پ (راست)، دو وضعیت ب و ت (چپ)

[1] Spatial Disturbing Glare
[2] Fisheye Lense

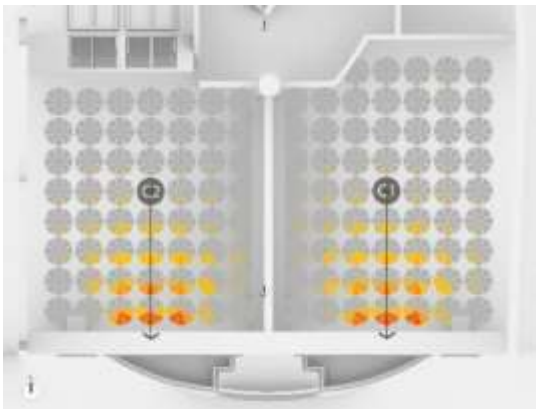
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]



شکل ۹ نمودار میانگین خیرگی در طول ماه‌های یک سال در دو وضعیت الف و پ (راست)، دو وضعیت ب و ت (چپ)

نتایج حاصل از تحلیل خیرگی سالانه نشان دهنده کاهش ۱/۴ درصدی sDG در شرایط حذف رف نورها و دریچه‌های دیوار ترومب در وضعیت ب و ت است. حداکثر مقدار قابل قبول برای این معیار ۵ درصد است و با توجه به بیشتر بودن آن در هر چهار وضعیت مورد بررسی باید از عوامل کنترل خیرگی استفاده شود. برای این منظور تعبیه سایبان هوشمند می‌تواند یکی از مواردی باشد که علاوه بر کاهش میزان خیرگی، سبب ایجاد آسایش بصری شود. شاخص ASE برای وضعیت الف و ب، ۸/۲۰ درصد و مطلوب و در وضعیت پ و ت، ۱۰/۷۱ درصد و دارای خیرگی محدودی است. ارزیابی خیرگی در فاصله ۴ متری از پنجره و در میانه کلاس، در سه زمان ۲۱ دسامبر، ۲۱ مارس و ۲۱ ژوئن از سال، و در ساعت ۰۸:۳۰ صبح، ۱۰:۳۰ صبح و ۱۲:۰۰ ظهر انجام و شرایط آسمان برای هر سه زمان انقلاب زمستانی، اعتدالین و انقلاب تابستانی به صورت صاف درنظر گرفته شد. موقعیت نقاط ارزیابی C۱ و C۲ در «شکل ۱۱» نشان داده شده‌است.

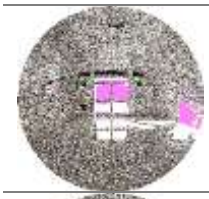
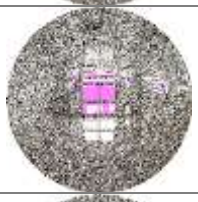
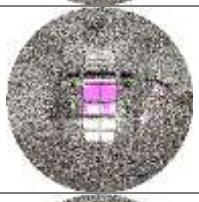
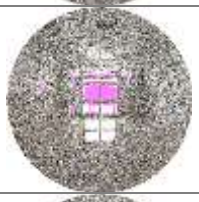
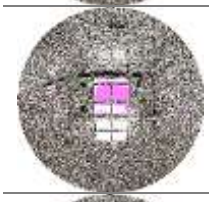
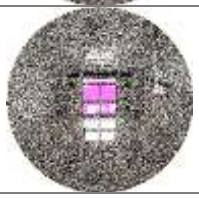
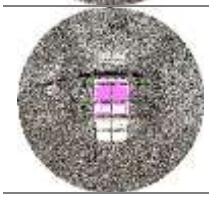
به صورت کیفی، خیرگی مخل توانایی در جایی تشخیص داده می‌شود که نور بیش از اندازه مانع دید شده و شدت درخشندگی سبب کاهش کنتراست و دید شود. در «جدول ۱۷»، مقایسه نتایج مقادیر DGP و Ev حاصل از مدلسازی و تحلیل خیرگی در دو نقطه C۱ و C۲ در سه ماه و سه زمان از روز و در چهار وضعیت ارائه شده است. ساعت ۸:۳۰ و ۱۰:۳۰ صبح در کل سال فاقد خیرگی مخل آسایش است. در اعتدالین (۲۱ مارس) و انقلاب تابستانی (۲۱ ژوئن) احتمال خیرگی نوروز در هر دو کلاس کمتر از ۰/۳۳ و نامحسوس ارزیابی می‌شود. به دلیل ارتفاع کم خورشید در انقلاب زمستانی (۲۱ دسامبر)، شاخص خیرگی در ساعات ۱۰:۳۰ و ۱۲:۳۰ و در سطح میز دانش‌آموزان (۵۶ سانتی‌متر از کف) به ۰/۵۱ و محدوده مزاحم و غیرقابل تحمل می‌رسد اما در ساعت ۸:۳۰ صبح همواره خیرگی نامحسوس است. احتمال خیرگی نوروز وضعیت الف در ساعت ۱۰:۳۰ صبح انقلاب زمستانی، ۰/۵۱ و بیشترین مقدار ارزیابی شده‌است. نتایج تصاویر Radiance به صورت مقایسه‌ای در «جدول ۱۴و ۱۵ و۱۶» ارائه شده است.



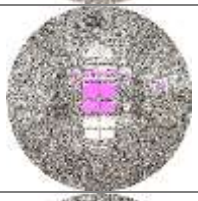
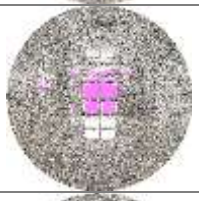
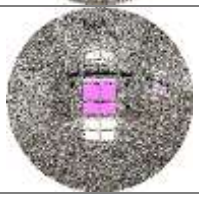
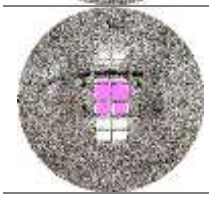
شکل ۱۰ موقعیت نقاط C۱ و C۲ در نمودار خیرگی سالانه با آسمان صاف در تاریخ ۱۲ ژانویه (۲۳ دی) در هردو کلاس

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

جدول ۱۴ نتایج شبیه‌سازی نور طبیعی کلاس‌ها در تمام وضعیت‌ها در طول انقلاب زمستانی، اعتدالین و انقلاب تابستانی،ساعت ۰۸:۳۰ صبح

	C۱		C۲	
	الف	ب	پ	ت
۰۸:۳۰ صبح ۲۱ دسامبر انقلاب زمستانی				
۰۸:۳۰ صبح ۲۱ مارچ اعتدالین				
۰۸:۳۰ صبح ۲۱ ژوئن انقلاب تابستانی				

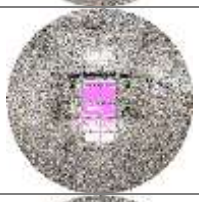
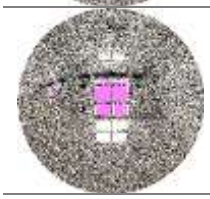
جدول ۱۵ نتایج شبیه‌سازی نور طبیعی کلاس‌ها در تمام وضعیت‌ها در طول انقلاب زمستانی، اعتدالین و انقلاب تابستانی، ساعت ۱۰:۳۰ صبح

	C۱		C۲	
	الف	ب	پ	ت
۱۰:۳۰ صبح ۲۱ دسامبر انقلاب زمستانی				
۱۰:۳۰ صبح ۲۱ مارچ اعتدالین				
۱۰:۳۰ صبح ۲۱ ژوئن انقلاب تابستانی				

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

جدول ۱۶ نتایج شبیه‌سازی نور طبیعی کلاس‌ها در تمام وضعیت‌ها در طول انقلاب زمستانی، اعتدالین و انقلاب تابستانی، ساعت ۱۲:۳۰ ظهر

	C۱		C۲	
	الف	ب	پ	ت
۱۲:۳۰ ظهر ۲۱ دسامبر انقلاب زمستانی				
۱۲:۳۰ ظهر ۲۱ مارچ اعتدالین				
۱۲:۳۰ ظهر ۲۱ ژوئن انقلاب تابستانی				

جدول ۱۷ مقادیر DGP و Ev در دو نقطه C۱ و C۲ سه زمان ۲۱ دسامبر، ۲۱ مارس و ۲۱ ژوئن از سال، و در ساعت ۰۸:۳۰ و ۱۰:۳۰ صبح و ۱۲:۰۰ ظهر

موقعیت بررسی		ساعت	معیار	۲۱ Dec	۲۱ March	۲۱ Jun
نقطه C۱	الف	۸:۳۰	DGP	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲۴
			Ev (lux)	۱۹۳۵	۲۱۸۴	۱۴۱۹
		۱۰:۳۰	DGP	۰/۵۱	۰/۳۳	۰/۲۶
			Ev (lux)	۵۹۹۵	۲۸۶۱	۱۶۴۴
		۱۲:۳۰	DGP	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۶
			Ev (lux)	۵۰۱۹	۲۹۲۰	۱۷۷۰
	ب	۸:۳۰	DGP	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۳
			Ev (lux)	۱۴۶۵	۱۴۰۱	۱۲۴۶
		۱۰:۳۰	DGP	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۲۵
			Ev (lux)	۴۴۲۰	۲۵۰۷	۱۵۵۱
		۱۲:۳۰	DGP	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۲۵
			Ev (lux)	۵۰۷۹	۲۴۷۳	۱۵۵۰
نقطه C۲	پ	۸:۳۰	DGP	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴
			Ev (lux)	۱۷۰۱	۱۵۷۴	۱۳۵۸
		۱۰:۳۰	DGP	۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۲۶
			Ev (lux)	۵۴۸۹	۳۱۳۰	۱۶۵۰
		۱۲:۳۰	DGP	۰/۴۴	۰/۳۱	۰/۲۶
			Ev (lux)	۴۷۶۰	۲۶۲۵	۱۶۶۱
	ت	۸:۳۰	DGP	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۳

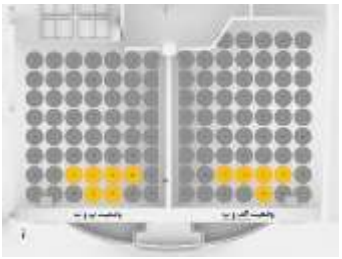
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

۱۰:۳۰	Ev (lux)	۱۴۹۴	۱۵۶۹	۱۲۶۷
	DGP	۰/۴۷	۰/۳۲	۰/۲۵
۱۲:۳۰	Ev (lux)	۵۳۵۲	۲۶۸۴	۱۵۹۸
	DGP	۰/۴۹	۰/۳۲	۰/۲۵
	Ev (lux)	۵۶۹۳	۲۷۸۶	۱۵۷۸

نامحسوس	قابل درک	مزاحم	غیر قابل تحمل
≤ ۰/۳۵	۰/۳۵ < ≤ ۰/۴۰	۰/۴۰ < ≤ ۰/۴۵	< ۰/۴۵

۵-۱-۳- تحلیل شاخص تابش سالانه

شاخص تابش سالانه (ASE) درصدی از سطح کار با حداقل ۲۵۰ ساعت تابش مستقیم بیش از ۱۰۰۰ لوکس است که طبق « جدول ۲» محدوده کمتر از ۱۰ درصد در شرایط آسایش قرار دارد. طبق نتایج به دست آمده شاخص تابش سالانه در وضعیت الف و ب ۸/۲۰ درصد و پ و ت ۱۰/۷۱ درصد است «جدول ۱۱». بنابراین الف و ب در شرایط آسایش و پ و ت دارای خیرگی محدود هستند بنابراین باید کفایت نوروز (sDA)بررسی شود. این معیار بیانگر درصدی از فضا است که در ۵۰ درصد از مواقع سال نور ۳۰۰ لوکس را تامین کند و طبق «شکل ۱۳ و۱۴» کفایت نوروز در تمام وضعیت‌ها ۱۰۰ درصد و مطلوب است.



شکل ۱۱ گراف توزیع شاخص سالانه تابش در سطح کلاس در چهار وضعیت



شکل ۱۲ گراف توزیع کفایت نوروز (sDA) در سطح کلاس‌ها در دو وضعیت الف و پ (راست)، دو وضعیت ب و ت (چپ)



شکل ۱۳ نمودارهای بالا DA% درصد زمانی که نور ۳۰۰ لوکس است در ساعت‌های مختلف یک روز و نمودارهای پایین وضعیت DA در روزهای مختلف سال در دو وضعیت الف و پ (راست)، دو وضعیت ب و ت (چپ)

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

براساس قانون LEED ۴.۱ میزان امتیاز فضاها وابسته به درصد کفایت نوروز است «جدول ۱۷». بنابراین با توجه به گراف مورد نظر و جدول امتیازدهی هردو کلاس ۳ امتیاز LEED ۴.۱ را دریافت می‌کنند.

جدول ۱۸ نحوه امتیازدهی LEED ۴.۱ براساس میزان sDA

درصد فضا		امتیاز
٪۴۰	٪۵۰ مواقع سال نور ۳۰۰ لوکس داشته باشد.	۱
٪۵۵	sDA ۳۰۰ ،۵۰٪	۲
٪۷۵		۳

۵-۲- تحقق افق ۱۴۰۴ همگام با بهبود آسایش بصری و بهره‌وری انرژی

در فضایی که از یک سو مشکلات و نابسامانی‌هایی در اقتصاد کشور وجود دارد و از سوی دیگر بخش‌های قابل توجهی از مردم دچار مشکلات معیشتی هستند، بایستی به دنبال راه‌حلی برای بهبود شرایط موجود بود. پیش از این سیاست‌های اقتصادی کلان همچون سیاست انرژی، سیاست تولید ملی و اقتصاد مقاومتی به عنوان راهکارهایی ارائه شده‌اند. محور اصلی اقتصاد مقاومتی بهره‌وری انرژی است و ارتقا بهره‌وری انرژی نیز راهکاری عملیاتی برای حل معضلات اقتصادی کشور است. با توجه به بندهای ۱۲ و ۱۴ ابلاغ سیاست‌های کلی محیط زیست کشور، با هدف گسترش سطح آگاهی، دانش و بینش محیط زیستی جامعه دانش‌آموزی کشور، همچنین اجرای بند ۱ ماده ۳ تفاهم نامه همکاری با وزارت آموزش و پرورش، نیاز است تا با هدف استفاده کارآمد و بهینه از منابع و مواد مصرفی در مدارس کشور اقداماتی انجام گیرد. این کار در راستای تحقق قوانین و اسنادی است همچون:

- ابلاغیه مقام معظم رهبری در خصوص سیاست‌های کلی محیط زیست کشور.
- اصل ۵۰ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران.
- سند چشم‌انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران ۱۴۰۴.
- سند ملی تحول بنیادین آموزش و پرورش.
- اهداف توسعه پایدار (SDG)- هدف چهارم[۳۶] .

جامعه ایرانی در افق چشم انداز ۱۴۰۴ توسعه یافته و برخوردار از دانش پیشرفته، توانا در تولید علم و فناوری، متکی بر سهم برتر منابع انسانی و سرمایه اجتماعی در تولید ملی است. سیاست‌های کلی که در خصوص انرژی در آن ذکر شده، بر بهینه-سازی مصرف و کاهش شدت انرژی تاکید شده دارد. از دیگر عناوین ذکر شده در این سیاست، ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی است. بعلاوه در این چشم انداز بر تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد نیروگاه‌ها ازقبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین گرمایی در کشور تاکید شده است[۳۶]. بنابراین جهت تحقق اهداف مرتبط با انرژی در افق ۱۴۰۴ توجه به بحث انرژی بسیار حائز اهمیت است. به همین منظور و در راستای تحقق سیاست‌های کلی محیط زیست کشور، کاهش هزینه‌های جاری مدارس از طریق استفاده بهینه از انرژی‌ها و همچنین ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی جزو برنامه‌های مشترک سازمان حفاظت از محیط زیست و اداره آموزش و پرورش است که سبب افزایش مشارکت در بهره‌وری انرژی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌شود. در صورت توجه به نوع طراحی نورگذرهای در فضاهای آموزشی و تلاش برای بهره‌گیری از نوروز در تمام ساعات اشغال فضا، می‌توان گام موثری در کاهش مصرف انرژی الکتریکی در مدارس برداشت و به تحقق افق ۱۴۰۴ نزدیک شد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

در پژوهش حاضر ارزیابی عملکرد نوروز و آسایش بصری به کمک بررسی شاخص‌های ایستا و پویای نوروز و خیرگی انجام شد. هر چهار وضعیت بررسی شده دارای سطح روشنایی کافی است. تضاد شدید نور، در ساعاتی از زمان اشغال فضا در طول سال سبب بروز خیرگی می‌شود. نورسنجی در کلاس نیز، نتایج حاصل از شبیه‌سازی را تایید می‌کنند. طبق مصاحبه‌ای که با کاربران فضا (معلمان) انجام شد، در کلاس‌های جنوبی از روشنایی مصنوعی در طول ساعات اشغال فضا استفاده نمی‌شود و تنها در مدت زمانی که خیرگی مخل آسایش رخ می‌دهد با استفاده از کرکره بخش بالایی پنجره‌ها پوشیده می‌شود. بنابراین علاوه بر رفع مشکل خیرگی، روشنایی روز در کلاس باقی خواهد ماند. با توجه به موارد ذکر شده و خیرگی موجود در فضا باید اقداماتی در جهت بهبود خیرگی مخل آسایش و خیرگی مخل توانایی و همچنین کاهش مصرف نور مصنوعی انجام شود. با توجه به شرایط مطلوب کلاس‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر، می‌توان نتایج حاصل را برای طراحی مدارس آتی مورد استفاده قرار داد.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

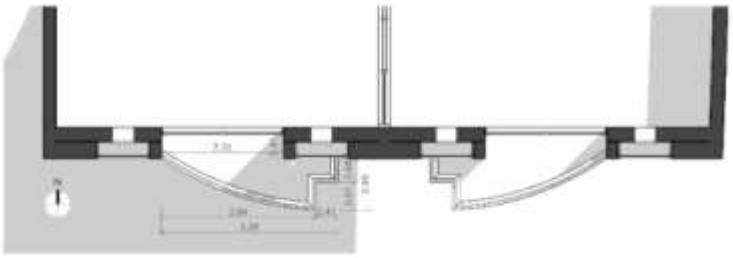
۶-۱- بحث

انسان برای درک زیبایی‌های طبیعت و برخوردار شدن از مواهب زندگی بیش از هر حس دیگری به بینایی نیاز دارد لذا جهت ایجاد شرایط کار مناسب باید کلیه عوامل محیطی که بر سلامتی انسان و بازدهی او موثر است مورد بررسی قرار گیرند. به این ترتیب علاوه بر ایجاد آسایش بصری، گامی در جهت اصلاح الگوی مصرف برداشته می‌شود. در حال حاضر تامین روشنایی داخلی فضاها از طریق نورپردازی مصنوعی بسیار گسترده است. با توجه به سهولت ظاهری بهره‌گیری از روشنایی الکتریکی در تمام ساعات روز، مصرف انرژی به صورت بی‌رویه‌ای در حال افزایش است. این موضوع ضمن تهدید زندگی بشر، وضعیت اقتصادی کشور را نیز دچار مشکل می‌کند. با وجود در دسترس بودن نور مصنوعی و امکان استفاده از آن در لحظه، نمی‌توان هزینه بر بودن تولید آن را نادیده گرفت.

پژوهش حاضر به بررسی عملکرد روشنایی روز و آسایش بصری در کلاس‌های درس مجموعه پیش دبستانی مهدوی پرداخته است. براساس بررسی های انجام شده کلاس‌های جنوبی در تمام طول سال روشنایی طبیعی کافی را تامین می‌کند. وضعیت الف دارای روشنایی مفید نوروز (UDI) برای ۸۱/۵ درصد و وضعیت پ ۸۲/۸ درصد از ساعات اشغالی در طول سال است«جدول ۱۱». کفایت نوروز (sDA) در هر چهار وضعیت، در ۱۰۰ درصد فضا، نور ۳۰۰ لوکس را در ۵۰ درصد مواقع اشغال فضا در سال دریافت می‌کند و به همین دلیل شرایط اخذ سه امتیاز LEED۴.۱ را دارد. یکنواختی نوروز طبق استاندارد سازمان آموزش و اشتغال انگلستان، نشریه شماره ۹۰ ساختمان در هر چهار وضعیت قابل قبول است اما براساس استاندارد BREEAM وضعیت ب و ت، حداقل یکنواختی ۰/۴ را تامین نمی‌کند. تابش مستقیم خورشید به دلیل تضاد زیادی که با زمینه دید دانش‌آموزان دارد سبب بروز خیرگی می‌شود. شاخص تابش سالانه (ASE) در دو وضعیت پ و ت، مقادیری بیشتر از ۱۰ درصد دریافت کردند که نشان دهنده احتمال وقوع خیرگی است. پس از آن معیار احتمال خیرگی نوروز (DGP) در کلاس‌ها بررسی شد. طبق نتایج حاصل از مدلسازی در زمان انقلاب تابستانی (Jun ۲۱) و اعتدالین (March ۲۱) خیرگی مخل آسایش وجود ندارد اما در انقلاب تابستانی (December ۲۱) به دلیل ارتفاع کم خورشید شاخص خیرگی در میانه روز (۱۰:۳۰) و زمان ظهر (۱۲:۳۰) در محدوده ۰/۴۵ الی ۰/۵۱ و دسته بندی مزاحم و غیرقابل تحمل قرار می‌گیرد. طراحی تراس‌های جنوبی عملکرد سایبان ثابت را دارد و به همین دلیل میزان خیرگی بسیار محدود شده است. عمق این تراس در بشترین بخش ۰/۹۵ متر است«شکل ۱۵».

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]



شکل ۱۴ ابعاد و تناسبات تراس مقابل کلاس‌های جنوبی

همانطور که از بررسی‌ها برمی‌آید در این مطالعه برای مقابله با مشکلات ناشی از خیرگی، تامین میزان نور قابل قبول و کاهش مصرف انرژی الکتریکی در کلاس جنوبی، بررسی‌هایی انجام شد. در یک کلاس آموزشی با شرایط مدرسه مهدوی استفاده از پرده‌های داخلی به صورت کرکره‌ای و نیمه شفاف، راه حل مناسبی است. زیرا سبب کاهش میزان خیرگی بدون کاهش قابل توجه سطح روشنایی طبیعی شده و ارتباط بصری فضای داخل و خارج کلاس نیز قطع نمیشود. به نظر می‌رسد استفاده از پرده با سیستم کنترل خودکار، در مقایسه با پرده‌های معمولی راه حل مناسب‌تری است، زیرا کاربران فضا عموما برای تنظیم پرده متناسب با شرایط محیط خارجی غافل هستند. در مطالعات انجام شده توسط راک و همکاران نیز ذکر شده است که استفاده از سایبان‌های متحرک علاوه بر تامین آسایش بصری به عملکرد حرارتی ساختمان برای جلوگیری از ورود حرارت بیش از اندازه در تابستان کمک می‌کند[۳۷]. با توجه به اینکه استفاده از لوور[1] ثابت به صورت افقی و یا عمودی میزان روشنایی دریافتی را کاهش می‌دهد، استفاده از آن پیشنهاد نمی‌شود. اما استفاده از پرده‌های داخلی مناسب به صورت کرکره‌ای و یا عادی از جنس پارچه نیمه شفاف و متحرک ضمن جلوگیری از خیرگی سبب بهبود توزیع نور و در نتیجه آسایش بصری خواهد شد. در مدرسه مهدوی از سیستم خورشیدی پویا بهره‌گیری شده‌است و به این ترتیب امکان تولید انرژی الکتریکی نیز فراهم است و با برقراری ارتباط میان آن و سیستم تنظیم روشنایی خودکار داخلی آسایش بصری را تامین و انرژی کلی ساختمان را نیز به تعادل رساند.

۶-۲- نتیجه گیری

نوروز در فضاهای آموزشی سبب ایجاد محیطی سالم، بهبود عملکرد دانش‌آموزان و همچنین به حداقل رسیدن مصرف انرژی الکتریکی می‌شود. شرایط کنونی انرژی و هدررفت آن در کشور سبب توجه بیشتر به بهره‌وری انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر شده‌است. مدارس پایدار که نوروز را به عنوان معیار طراحی قرار داده باشند به مدیریت مصرف انرژی کمک می‌کنند. طراحی این مدارس زمان بر است و ازآنجا که سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور به دنبال انجام کارهای کیفی است، باید طراحی فضاهای آموزشی با کمترین اتلاف انرژی در اولویت قرار گیرد. سطح بالای مصرف انرژی در مدارس برای تامین روشنایی مورد نیاز، لزوم بهره‌گیری از نوروز را اثبات می‌کند.

در این مقاله وضعیت‌های مختلفی از ترکیب رف نوری، پنجره‌های خورشیدی جنوبی و آتریوم مورب در دو کلاس جنوبی مدرسه شهید مهدوی در تهران ارزیابی شده‌است. در بررسی‌های اولیه اطلاعات نورسنجی میدانی و نتایج خروجی نرم‌افزار مقایسه و اعتبار آن تایید شد. کل مجموعه ساختمان شبیه‌سازی شد و جزئیات مربوط به نورگذرها و ابعاد و تناسبات آن‌ها با دقت اجرا شد. مطالعه در شرایط آسمان صاف با استفاده از داده‌های آب و هوایی تهران انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل چهار حالت مختلف نورگذرها در کلاس، نشان دهنده آن است که ترکیبی از پنجره‌های جنوبی و رف نوری در جنوب کلاس به همراه پرده‌های متحرک نیمه شفاف می‌تواند با ایجاد سایه در مواقع لزوم و همچنین توزیع یکنواخت نوروز (با افزایش سطح روشنایی در انتهای کلاس و کاهش آن در نزدیکی پنجره) بهره‌برداری از نوروز در کلاس‌ها را افزایش داد. در شرایط بکارگیری

[1] Louvre

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

آتریوم در شمال کلاس، میزان بهره‌برداری از نوروز و همچنین یکنواختی آن بیش‌تر می‌شود. این ویژگی‌ها در افزایش عملکرد نوروز بسیار موثر است.

بررسی روشنایی و آسایش بصری با استفاده همزمان از روش‌ها و ابزارهای مختلف، رویکرد جامعی برای مطالعه تشکیل می‌دهد که منجر به یک فرآیند ارزیابی کمی و اصولی شده و سبب اعتبار نتایج تحقیق می‌شود. نورسنجی به صورت میدانی امکان ارزیابی عملکرد نوروز کلاس‌ها را براساس داده‌های اولیه فراهم می‌کند. بعلاوه، اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی شده در نرم افزار برای بررسی و تحلیل معیارهای نوروز و خیرگی توسط همین داده‌ها و نورسنجی میدانی انجام شد. شرایط کلاس‌ها از طریق ارزیابی معیارهای تایید شده نوروز همچون شدت نوروز، یکنواختی، اتونومی نوروروز، شاخص روشنایی مفید نوروز، احتمال خیرگی نوروز و تابش سالانه برای کاربران مورد بررسی قرار گرفت و به یافته‌های مهم و ارزشمندی منجر شد. خلاصه نتایج در زیر ارائه شده است:

- کلاس‌های جنوبی در این مدرسه در تمام ساعات کاری روز در طول یک سال، سطح روشنایی طبیعی را تامین می‌کنند.

- بیشترین مقدار اتونومی نوروز در شرایط استفاده از رف نوری و آتریوم مورب به صورت همزمان دریافت شد که سبب افزایش درصد ساعات با حداقل آستانه ۳۰۰ لوکس شد.

- شاخص روشنایی مفید نوروز در هر چهار مدل دارای سطح روشنایی بین ۱۰۰ الی ۳۰۰۰ لوکس برای بخش قابل توجهی از ساعات اشغال فضا است. در مدل ترکیب رف نوری و آتریوم مورب بیشترین مقادیر دریافت شد.

- وجود رف نوری طبق استاندارد BREEAM سبب یکنواختی نوروز می‌شود.

- معیار احتمال خیرگی نوروز در مدل دارای رف نوری و آتریوم مورب ۱/۴ درصد بیش از سایر موارد است و درصد دیدهای دارای خیرگی بیشتری دارد.

۶-۳- پیشنهادها

در مقاله حاضر به روش کیفی و کمی، بهینه‌سازی عملکرد روشنایی طبیعی و آسایش بصری کلاس‌های جنوبی مدرسه مهدوی در شهر تهران انجام شده‌است. باید توجه داشت مطالعه حاضر در فضایی با طراحی شمسه در سقف انجام شده که سبب افزایش توزیع روشنایی در کلاس می‌شود. بعلاوه نورگیری شمالی از آتریوم مورب و طراحی کلاس به روش منتسوری و بدون درب، خود عامل افزایش دریافت روشنایی از سمت شمال است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به تحلیل تاثیر شمسه‌ها بر عملکرد روشنایی پرداخته شود و در نهایت یک رویکرد جامع جهت بهبود آسایش بصری، کاهش استفاده از روشنایی مصنوعی و کاهش مصرف انرژی ارائه شود.

فهرست علائم :

علائم انگلیسی

نسبت ضرایب گرمائی ویژه، بی‌بعد	k
کار مخصوص خروجی سیکل،KJ/kg	w_{net}
دما، کلوین	T
آنتروپی، KJ/kg	s
ضریب گرمائی ویژه حجم ثابت، KJ/Kg.K	Cv
ضریب گرمائی ویژه فشار ثابت، KJ/Kg.K	Cp

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

ضرایب ثابت	a
گرمای ویژه، KJ/kg	q

علائم یونانی

چگالی، kg/m^3	ρ
نسبت دمای ایزنتروپیک، بی‌بعد	θ
نسبت دمای سیکل، بی‌بعد	τ
راندمان حرارتی، بی‌بعد	η_{th}

مراجع

1. BS 8206-2. Lighting for Buildings- Part 2: Code of Practice for Daylighting. London: British Standards Institution, 2008.
2. Buildings Performance Institute Europe, Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings, Brussels, Belgium: Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2011 (reached on Aug 12, 2021): https://www.bpie.eu/publication/europes-buildings-under-the-microscope/
3. www.iea.org
4. Tavanir.org.ir
5. Baloch, R. M., Maesano, C. N., Christoffersen, J., Mandin, C., Csobod, E., Fernandes, E. O., Annesi-Maesano, I., & Consortium, O. (2020). "Daylight and School Performance in European Schoolchildren". International journal of environmental research and public health, vol. 18, no. 1 (2020). pp. 258. https://doi.org/10.3390/ijerph18010258
6. Ahmed, A.Y. Freewan & Jackline, A. Al Dalala. "Assessment of daylight performance of advanced daylighting strategies in large university classrooms; case study classrooms at JUST." Alexandria Engineering Journal, vol. 59, no. 2 (April 2020), pp. 791- 802. https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.049
7. صفایی، بتول و طالقانی، گیتی. "بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان." چهارمین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان. ۱۳۸۴. https://civilica.com/doc/2677/.
8. Meresi, Aik. "Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece." Energy and Buildings. vol. ۱۱۶ (15 March 2016), pp. 190- 205. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.009
9. Satba.gov.ir
10. Elnagar, Essam & Kohler, Benjamin. "Reduction of the energy demand with passive approaches in multifamily nearly zero-energy buildings under different climate conditions." Frontiers in energy research, vol. 8 (Sep 2020). doi: 10.3389/fenrg.2020.545
11. BS EN 12665:2011. Light and lighting. Basic terms and criteria for specifying lighting requirements. The British Standards Institution (BSI), 2011.
12. Reinhart, Christoph F. & Mardaljevic, John & Rogers Zack. "Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design." Leukos: The Journal of Illuminating Engineering Society of North America, vol. 3, no. 1 (July 2006), pp. 7-31, doi: 10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001.
13. Dubois, Marie- Claude. Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices-Simulations with Radiance. Sweden: Department of Construction and Architecture, Lund University, 2001.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

14. Reinhart, Christoph F. & Andersen, Marilyne. “Development and validation of a Radiance model for a translucent panel.” Energy and Buildings, vol. 38, no. 7 (2006), pp. 89- 904. doi:10.1016/j.enbuild.2006.03.006.

15. CIBSE. Environmental design-CIBSE guide A. Norwich: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2015.

16. CIBSE. Daylighting and window design. Lighting Guide LG10. Dorchester: The Friary Press, 1999.

17. IESNA. Illuminating Engineering Society of North America. The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application. 9th ed., New York: IESNA, 2000.

18. Mardaljevic, John & Heschong, Lisa L. & Lee, Eleanor S. “Daylight metrics and energy savings.” Lighting Research and Technology, no. 41(2009), pp. 261–283. doi: 10.1177/1477153509339703.

19. Mardaljevic, John & Andersen, Marilyne & Roy, Nicolas & Christoffersen, Jens. Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability?. In Proceedings of the building simulation and optimization conference BSO12 (No. CONF). (2012).

20. UNI EN 12464-1, Light and lighting- Lighting of workplaces- Part 1: Indoor workplaces. European Committee for Standardization, 2002.

21. Reinhart, Christoph F. & Weissman, Daniel A. “The daylit area correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics.” Building and Environment, no. 50 (2012), pp. 155-164. doi:10.1016/j.buildenv.2011.10.024

22. Reinhart, Christoph F. & Wienold, Jan. “The Daylight Dashboard-a Simulation-Based Design Analysis for Daylit Spaces.” Building and Environment, vol. 46, no. 2 (February 2011), pp. 386-396. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.08.001.

23. Carlucci, Salvatore & Causone, Francesco & De Rosa, Francesco & Pagliano, Lorenzo. “A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design.” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 47, no. C (2015), pp. 1016- 1033. doi: 10.1016/j.rser.2015.03.062

24. Jakubiec, Alstan & Reinhart, Christoph F. “The ‘adaptive zone’- A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces.” Lighting Research Technology, vol. 44, no. 2 (2012), pp. 149-170. doi.org/10.1177/1477153511420097.

25. Konis, Kyle. “Predicting visual comfort in side-lit open-plan core zones: Results of a field study pairing high dynamic range images with subjective responses.” Energy and Buildings, vol. 77 (July 2014), pp. 67- 79. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.035

26. Zumtobel. The Lighting Handbook. Austria: Zumtobel Lighting GmbH, 6th edition, 2018. ISBN 978-3-902940-72-8.

27. Wienold, Jan & Christoffersen, Jens. “Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras.” Energy and Buildings, vol. 38, no. 7 (July 2006), pp. 743-757. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.017.

28. Wienold, Jan. “Dynamic daylight glare evaluation.” In Proceedings of Building Simulation, Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow: Scotland, 2009, pp. 944- 951. Retrieved from https://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_0944_951.pdf

29. Van Den Wymelenberg, Kevin & Inanici, Mehlika. “A Critical Investigation of Common Lighting Design Metrics for Predicting Human Visual Comfort in Offices with Daylight.” LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, vol. 10, no. 3 (Feb 2014), pp. 145- 164. doi:http://dx.doi.org/10.1080/15502724.2014.881720

30. IES LM-83-12. IES spatial daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE), North America: Illuminating Engineering society (IES), 2012. ISBN # 978-0-87995-272-3.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

31. Tehranmet.ir

32. Richman, EE. Standard Measurement and Verification Plan for Lighting Retrofit Projects for Buildings and Building Sites. Report from the U.S. Department of Energy Report no. PNNL-21983. Washington, United States of America: Pacific Northwest National Laboratory, 2012.

33. https://climatestudiodocs.com/ (17 Jun 2021)

34. Department for Education and Employment. Building Bulletin 90, Lighting Design for Schools: Architects and Building Branch. London: The Stationery Office, 1999.

35. BREEAM. «Health and Wellbeing. Hea01 Visual Comfort», [online], Available: https://www.breeam.com/BREEAMUK2014SchemeDocument/content/05_health/hea01_nc.htm (Accessed Aug 12, 2021).

36. https://farsi.khamenei.ir (reached on Aug 10, 2021)

37. Ruck, Nancy & Aschehoug, Oyvind & Aydinli, Samil & Christoffersen, Jens & Courret, Gilles & Edmonds, Ian & et al. Daylight in buildings: a source book on daylighting systems and components: a Report of IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29. Washington: Intnational Energy Agency, 2000.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]

چکیده انگلیسی:

Evaluating daylight performance and visual comfort in Shahid Mahdavi preschool building in Tehran with the goal of 1404 approach

Romina Khalilzadeh Aghdami[1], Seyed Majid Mofidi Shemirani[2*], Mansoureh Tahbaz[3]

[1] Department of Art and Architecture, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Iran University of Science and Technology, School of Architecture and Environmental Design, Tehran, Iran
[3] Associate Profesore, Shahid Beheshti University, School of Architecture, Tehran, Iran

Received: April 2022 Accepted: July 2022

Abstract

This article has been investigated the effect of natural light and appropriate skylights on improving daylight performance and reducing energy consumption in classrooms.In order to implement the country's general environmental policies and reduce school costs with the optimal use of energy, daylighting is a factor for participation in reducing energy consumption and a step towards achieving the goal of 1404. This article's purpose is to evaluate daylighting performance and provide solutions to improve visual comfort. In order to achieve this goal, Shahid Mahdavi preschool in the northwest of Tehran was selected as a case study due to its special physical characteristics such as light shelf, trombe wall, light shelves, geometric designs on the roof and diagonal atrium. Based on the quantitative research method, a case sample was selected and light metering was performed using light measuring instruments in the two southern classes of Mahdavi preschool with and without light shelves on January 12, 2021 with sunny sky conditions and at specific times. Climate Studio software was used to simulate and analyze the results. Brightness rating was used by the rating indicator in green buildings (4.1 LEED). The qualitative method is also based on inductive reasoning and using extensive library studies. Finally, the results of field information and software analysis were reviewed and the useful daylight illuminance factor was evaluated in all 4 models, which was in the acceptable range. Therefore, a combination of south windows and light shelves, along with semi-transparent moving curtains, causes a uniform distribution of daylight. Using atrium in the north side of the classroom will increase lighting performance and its uniformity. Suggestions for improving visual comfort are presented in this study.

Key words: Daylight, window, educational space, energy efficiency, visual comfort.

*corresponding author: S_m_mofidi@iust.ac.ir

Cite this article as: Romina Khalilzadeh Aghdami, Seyed Majid Mofidi Shemirani, Mansoureh Tahbaz.Evaluating daylight performance and visual comfort in Shahid Mahdavi preschool building in Tehran with the goal of 1404 approach. Journal of Energy Conversion, 2022, 9(2), 55-82.
DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.4.7]