طراحی و برنامه ریزی در معماری و شهرسازی
سال اول، شمارهٔ دوم زمستان ۱۴۰۲، صص ۱۵-۳۲

ISSN: ۲۷۱۷-۴۳۸۷
DOI:https://doi.org/10.30495/dpau.2024.708852

شبیه سازی روشنایی روز در کلاس آموزشی، با بهره گیری از پوسته انطباق پذیر

(نمونه موردی کلاس آموزشی در شهر یزد)

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۲/۰۹/۰۷

نرمین خیری [۱] (نویسنده مسئول)
مصطفی خیری[۲]

چکیده

امروزه با شتاب گیری پیشرفت های علمی در همه زمینه ها و بخصوص در فناوری های نوین ساختمانی، توجه به استفاده از انرژی های تجدیدپذیر برای کاهش آلودگی های زیست محیطی در سرلوحه برنامه های تحقیقاتی قراردارد. بهره گیری از منبع عظیم نور خورشید در ساختمان هرچند از دیرباز معمول بوده امّا درحال حاضر یک ضرورت برای ادامه حیات است. فناوری پوسته های انطباق پذیر الگو گرفته از ساختارهای طبیعی و طرز کار آنها، امکان سازگاری طرح ها با طبیعت بدون ایجاد عارضه نامطلوب در اختیار معماران قرار داده است. روشنایی طبیعی یکی از عوامل مهم طراحی فضاهای آموزشی با کیفیت مطلوب است. فناوری پوسته های انطباق پذیر در زمینه کنترل دمای ساختمان، روشنایی روز، تهویه طبیعی و امکان تولید انرژی، به بهبود کیفیت محیط داخلی ساختمان کمک قابل توجهی می کند. این فناوری، کیفیت نور طبیعی فضای داخلی را افزایش می دهد؛ و به دلیل عملکرد مشابه سایبان بر رفتار حرارتی ساختمان نیز تأثیر می گذارد. در این پژوهش به تأثیر پوسته های انطباق پذیر در تنظیم روشنایی روز در داخل مدل شبیه سازی شده یک کلاس آموزشی پرداخته می شود. مدل طراحی و روش کار، بهره گیری از فناوری صفحات تاشو برای تهیه نمونه پوسته متحرک و استفاده از نرم افزارهای طراحی محاسباتی و شبیه سازی راینو/گراس هاپر و به ویژه پلاگین کلایمت استودیو جهت تعیین میزان تأثیر باز و بسته شدن پوسته در کنترل روشنایی روز و سازگاری با شرایط محیطی کلاس می باشد. نتایج کلی نشان می دهد علاوه بر کنترل نور لحظه ای، میانگین نور سالیانه برای کلاس نمونه از ۲۶۵۹ لوکس به ۳۱۲ لوکس کاهش می یابد؛ همچنین پوسته انطباق پذیر با جلوگیری از تابش خیره کننده، در بیشتر اوقات سال شرایط محیطی کلاس را در محدوده آسایش بصری و زیستی قرار می دهد.

کلید واژه‌ها: روشنایی روز، پوسته انطباق پذیر، آسایش بصری، شبیه سازی

۱- کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران (پست الکترونیک: Narminkheyri71@gmail.com)
۲- دانشجوی دکتری معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۱-مقدمه :

پیشرفت های علمی در زمینه های مختلف به ویژه استفاده از فناوری اطلاعات و نرم افزارهای تخصصی شبیه سازی کمک شایانی به بهینه سازی مصرف انرژی بصورت عام و بهبود کیفیت ساختمان به دلیل امکان بهینه سازی و انطباق با شرایط و تغییرات محیطی طرح ها قبل از اجرا به صورت خاص، نموده اند. در کشور ما مصرف انرژی در بخش ساختمان بسیار قابل توجه است؛ از سوی دیگر مشکلات و تبعات حاصل از آن از جمله آلودگی ها و مشکلات زیست محیطی، لزوم یافتن راه حل های پایدار و مطمئن را ضروری ساخته است. نمای پویا و سیستم های سایه اندازی با بهره گیری از الگوریتم کنترل میزان بازشوها و تنظیم روشنایی، امروزه به مدد ساختمان آمده اند. ره آورد این فناوری تنظیم روشنایی روز و کنترل خیرگی جهت اطمینان حاصل کردن از عملکرد بهتر ساختمان است. فراهم کردن شرایط نوری به گونه ای که آسایش بصری کاربران تأمین شود و پیام های بصری به وضوح از محیط دریافت شوند؛ متأثر از عوامل مختلفی است که مقدار نور و نحوهٔ توزیع آن، انعکاس های آزار دهنده، درجهٔ خیرگی و دمای رنگ نور از جملهٔ آنهاست (گارتون و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده از نور روز در مدارس یا محیط آموزشی، سطح سلامت جسمی دانش آموزان را افزایش می دهد، استرس آنها را کاهش و در نتیجه، کارآیی دانش آموزان افزایش می یابد. طراحی مناسب پوسته انطباق پذیر، استفاده بهینه از شرایط محیطی، انتخاب فرم و هندسه مناسب ساختمان و بهره گیری از فناوری های نوین، در اقلیم گرم و خشک یزد باعث بهبود آسایش بصری و کاهش مصرف انرژی در ساختمان می گردد. اصولاً، در فضایی که نور طبیعی می بایست منبع اصلی روشنایی باشد، با توجه به نوع کاربری، میزان و یا محدوده معینی از روشنایی مورد نیاز میباشد (راینهارت و وایزمن، ۱۵۵:۲۰۱۲). پوسته های خارجی ساختمان عامل اصلی تشخیص کیفیت و کنترل شرایط داخلی در مقابل شرایط خارجی ناپایدار است. (سادیننی و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۱). استفاده از روشنایی روز یکی از استراتژی های موثر در بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان است و مزایای اقتصادی و زیست محیطی زیادی دارد. از دیگر سو، شناخت رازهای بقا و ماندگاری ساختارهای طبیعی و ادغام آن با فناوری های جدید، فرصت تحقیقاتی مناسبی برای معماران و مهندسان فراهم ساخته است تا به راه های نو در حل معضلات موجود بخش ساختمان دست یابند. هم اکنون، در فرآیند طراحی ها از چنین ابزار هایی به طور گسترده استفاده می شود. لازمه موفقیت در این زمینه، انجام تحقیقات بیشتر و بهره گیری از نتایج به صورت عملی است. می دانیم انطباق پذیری، فرایند تکاملی و پویایی است که موجودات زنده برای اینکه بتوانند در مکان زیست خود زندگی کنند، پیدا می کنند (دوبژانسکی و همکاران،۲۷:۱۹۶۸). انعطاف پذیری پوسته و حرکت برنامه ریزی شده آن از طریق نرم افزار، منجر به تنظیم میزان روشنایی روز در فضای داخلی می گردد. این یک راه حل کارآمد برای کاهش بار گرمایی و فراهم سازی روشنایی روز مناسب برای فضای کار است. کیفیت نور روز از عوامل تأثیرگذار در عملکرد دانش آموزان در کلاس می باشد. روشنایی طبیعی یکی از فاکتورهای مهم طراحی فضاهای آموزشی با کیفیت مطلوب است و تأثیر به سزایی در حافظه هوشیار و غیرهوشیار افراد دارد (کاظم زاده و فدایی قطبی، ۱۳۹۴). مطالعات، نه تنها تأثیر قابل توجّه نور روز بر سیستم بینایی، بلکه نقش مثبت آن در افزایش سلامت جسمی و روانی و کاهش استرس در میان دانش آموزان را نشان می دهد. استفاده از نور روز اساس و زیرساخت معماری پایدار مدارس با کیفیت است. عملکرد پوسته های انطباق پذیر هوشمند را از چند بعد از جمله زیبایی شناسی، سایه اندازی، گرمایشی و تهویه می توان بررسی کرد؛ امّا در این تحقیق به عملکرد روشنایی روز و نحوه تنظیم نور طبیعی در داخل فضای مدل شبیه سازی، پرداخته شده است.

۲-پرسش های تحقیق:

پرسش اصلی: تا چه اندازه پوسته انطباق پذیر برتأمین آسایش بصری در کلاس آموزشی در شهر یزد، مؤثراست؟
پرسش فرعی اول: کیفیت و کمیت روشنایی روز در کلاس آموزشی نمونه در فصول مختلف سال چگونه است؟
پرسش فرعی دوم: شبیه سازی عملکرد پوسته انطباق پذیر چگونه به کنترل روشنایی روز و خیرگی کمک می کند؟

۳-پیشینه تحقیق :

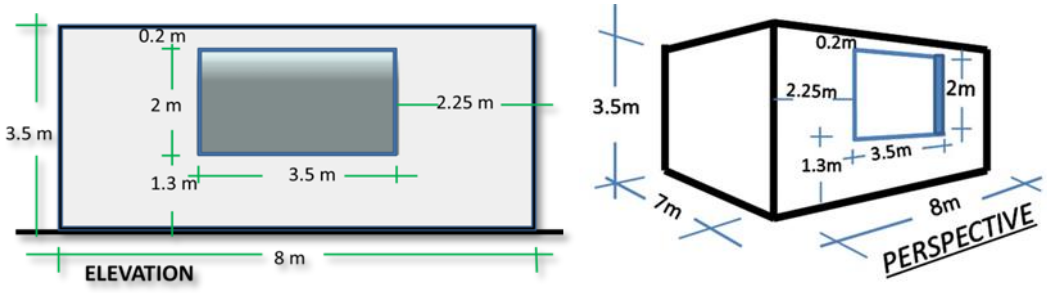
پیشینه تحقیق در زمینه استفاده از نور روز و آسایش بصری به سال های دور برمی گردد. در دهه اخیر تحقیقاتی در این زمینه انجام شده برای نمونه مطالعات منزن و کلاریچ (۲۰۱۷) با هدف بهینه سازی مصرف انرژی و بهبود کیفیت نور روز را برای یک سایبان شیبدار ثابت و پرده کرکره های داخلی بر روی پنجره در نمای جنوبی ساختمان انجام دادند. لیم و همکاران (۲۰۱۲) نیز پژوهشی را به منظور ارزیابی نور روز در یک ساختمان اداری در مالزی انجام داده اند. شن و زمپلیکو (۲۰۱۳)، تاثیر استراتژی های متفاوت کنترل سایبان را بر روی مصرف انرژی و آسایش بصری در یک فضای اداری بررسی کردند. آنها چهار مدل سایبان را مدلسازی کردند تا بهره وری از نور روز را بیشتر و احتمال ناراحتی بصری را کاهش دهند. از تحقیقات مرتبط می توان از مطالعه پوسته های ساختمانی سازگار با آب وهوا توسط لونن (۲۰۱۰)، مانوس شدن با پوسته های پویا و متحرک توسط وانگ و همکاران (۲۰۱۲)، پوسته های ساختمانی سازگار، به وسیله دلگرسو و باسو (۲۰۱۳). پوسته های خارجی به منظور محدود کردن تابش مستقیم نور خورشید، از بین بردن خیرگی و تأمین آسایش بصری مورد استفاده قرار می گیرند؛ در مطالعات انجام شده توجه خاصی به استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی شده است.

٤-فرضیه تحقیق:

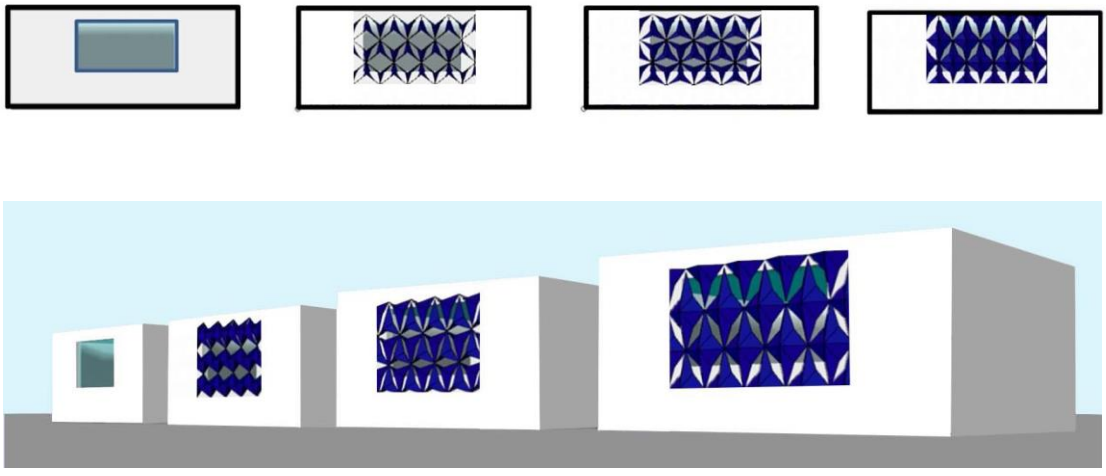
– فرضیه اصلی: بهره گیری از سایبان و پوسته انطباق پذیر در نما و در جلو بازشوها، تأثیر زیادی در کاهش نور خیره کننده و تعدیل روشنایی روز در کلاس آموزشی دارد.
– فرضیه فرعی: بهره گیری از فرم و سازوکار حرکتی صفحات تاشو، پاسخ مناسبی برای طراحی پوسته انطباق پذیر می باشد.
– فرضیه فرعی: پوسته انطباق پذیر و پویا، آسایش بصری مناسب تری نسبت به پوسته های ایستا برای بهره برداران ایجاد می کند.

٥-روش تحقیق:

روش تحقیق در این مقاله، مبتنی بر شبیه‌سازی و ارزیابی کمی نتایج می‌باشد. در این رابطه فضای یک کلاس که عمده فعالیت های آموزشی در آن برگزار می گردد؛ به عنوان نمونه در نظر گرفته شد. ابتدا دو شاخص کیفیت مکانی نور روز (DA)[1] و روشنایی سالیانه نور خورشید (UDI)[2]، مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله بعد تحلیل خیرگی انجام پذیرفت. کلاس نمونه در اقلیم گرم و خشک و تحقیقاً در شهر یزد در نظر گرفته شد. براساس ضوابط طراحی ساختمان های آموزشی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ضابطه شماره ۶۹۷ مورخ ۱۳۹۵، ابعاد و جزئیات کلاس با ۸ متر طول نما، ۷ متر عمق و ۳/۵ متر ارتفاع طراحی شده است. در نمای کلاس پنجره ای به مساحت ۷ مترمربع به ابعاد ۳/۵ متر طول و ۲ متر ارتفاع در مرکز نما تعبیه شده و ارتفاع پنجره از کف ۱/۳ متر و شرایط پنجره بدون پرده های داخلی یا سیستم سایه اندازی دیگر فرض شده است. شکل (۱) ابعاد کلاس نمونه و موقعیت بازشو در نما را نمایش می دهد؛ شکل (۲) موقعیت و حالت های پوسته انطباق پذیر را نشان می دهد.



شکل ۱- ابعاد مدل کلاس آموزشی



شکل ۲- مدل کلاس شبیه سازی و الگوهای پوسته انطباق پذیر(بدون پوسته با پوسته باز، نیمه باز و بسته)

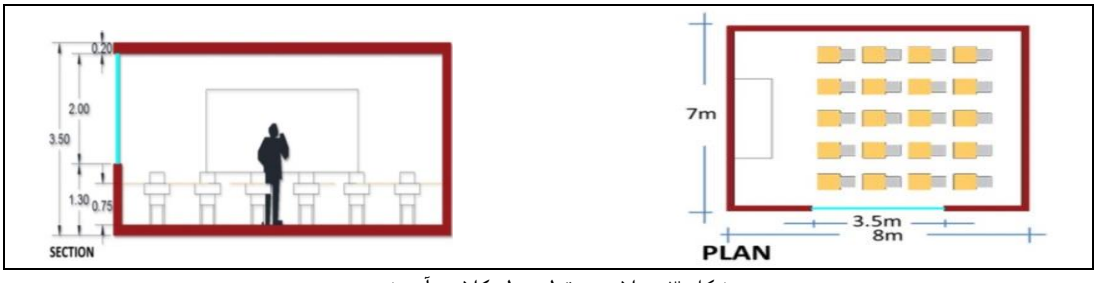
بر اساس مقررات کار، استاندارد ایران و (IESNA)[۳]میزان بازتاب سطوح داخلی و خارجی کلاس نمونه در جدول(۱) خلاصه شده است.

جدول ۱- درصد بازتاب سطوح مدل

ساختار مدل	دیوارها	سقف	کف	شیشه	پوسته انطباق پذیر	سطح زمین	میز و صندلی	قاب پنجره	محدوده خیرگی
درصد بازتاب ادغام شده	۵۰٪	۹۰٪	۲۰٪	شیشه دو جداره ، ۸۰٪ انتقال نور	۷۷٪	۲۰٪	۵۰٪	۱۰٪	کمتر از ۳۵٪

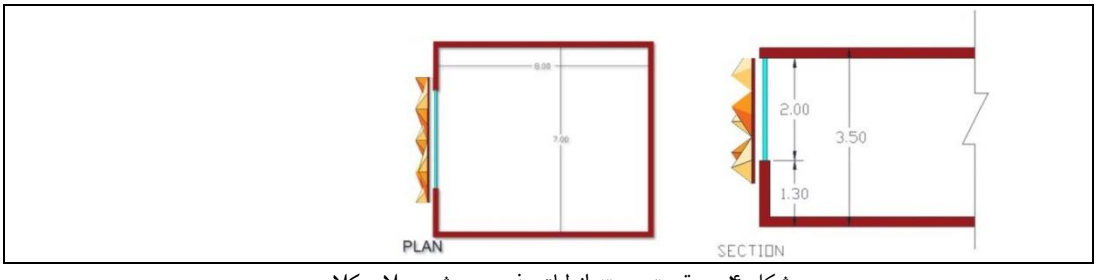
صفحه کار برای تجزیه و تحلیل نور روز، در ارتفاع ۰/۷۵ متر بالاتر از کف در نظر گرفته شده و برای دقیق تر بودن نتایج آزمایش، ششصد و هفتاد و دو حسگر برای تجزیه و تحلیل نور روز در کلاس با فواصل ۰/۵ و ۰/۲۵ متر محاسبه و جانمایی شده و ساعت کار از ساعت ۸ تا ۱۸ در نظر گرفته شده است. برای آنالیز نور لحظه ای ساعت ۱۲/۳۰ بعد از ظهر و حداقل روشنایی

مفید ۵۰۰ لوکس تعیین شده و آسمان برای چهار حالت: ابری، نیمه ابری، بدون ابر و براساس اطلاعات آب و هوایی یزد (EPW)[۴] برای روزهای ۲۱ مارس(اول فروردین ماه)، ۲۱ ژوئن (اول تیر ماه)، ۲۱ سپتامبر(اول مهر ماه) و ۲۱ دیسامبر (اول دی ماه) در نظر گرفته شده است. آنالیز نور سالیانه برای چهار حالت: با پوسته باز، نیمه باز، بسته و بدون پوسته، محاسبه می شود. نتایج مربوط به نور سالیانه (UDI)، کیفیت نور(DA)، خیرگی(ASE)[۵]، لوکس میانگین(AVG LUX) و بدون سایبان(blinds open) به صورت آماری ودیاگرامی نمایش داده خواهد شد. آسایش بصری و کنترل خیرگی(DGP)[۶] با رندر گرفتن از داخل مدل نشان داده می شود. پلان کلاس مدل و مقطع طولی آن در شکل (۳) آورده شده است.



شکل ۳- پلان و مقطع مدل کلاس آموزشی

الگوی پوسته انطباق پذیر به شکل لوزی است که از وسط به دو بخش بالایی و پایینی تقسیم می شود که با سازوکار حرکتی خاص باز و بسته می شود. محل استقرار پوسته در فاصله نزدیک به نمای ساختمان که در شکل (۴) موقعیت آن نمایش داده شده است.



شکل ۴- موقعیت پوسته انطباق پذیر در برش و پلان کلاس

٦- افزونه شبیه سازی نور روز

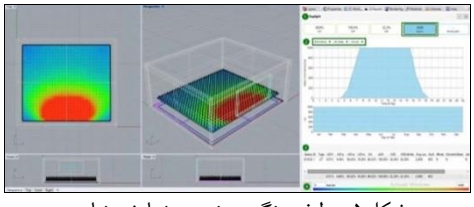
افزونه کلایمت استودیو (Climate Studio) با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس و یک فناوری ردیابی مسیر خورشید مبتنی بر رادیانس ساخته شده و همراه گراس هاپر در نرم افزار راینو نصب می شود. پلاگین کلایمت استودیو می تواند روی پلاگین گراس هاپر هم نصب شود و به طور کامل از مدل پارامتری انرژی استفاده کند. این افزونه درصد روشنایی سالیانه، توزیع خیرگی و آسایش حرارتی را در هر دو حالت با نور روز و نور مصنوعی با رویکردی جدید و آسان، ترکیب می نماید. خیرگی از صدها موقعیت دید و برای هر ساعت از سال، در عرض چند ثانیه ارزیابی و ارائه می کند. گزارش اعتبار سنجی نور روز[۷] لید ۴ و سایر استانداردهای معروف از طریق گزارش های قابل تنظیم به صورت خودکار انجام می شود.

۷- شبیه سازی:

برای بررسی عملکرد مدل سه بعدی در رابطه با شبیه سازی حرکت، تجزیه و تحلیل نور روز و میزان خیرگی با توجه به تغییرات الگوی تابش در طول سال در اقلیم گرم و خشک، از پلاگین کلایمت استودیو بهره گیری می شود؛ بدین منظور، اطلاعات استاندارد مربوط به شرایط آب و هوایی شهر یزد را وارد پلاگین کرده و بنابر نیاز سیستم، اطلاعات خواسته شده در رابطه با نوع و رنگ مواد و مصالح از قبیل: سقف، کف، دیوار و شیشه را اختیار کرده و در نرم افزار وارد می گردد. بعد از اجرا، رایانه با آنالیز اطلاعات، گزارش هایی از جمله: ترسیم مدل سه بعدی تابش و مسیر حرکت خورشید، آنالیز ها و نمودارهای نور لحظه ای، سالیانه و یا در زمان معین، خیرگی سالیانه و رندر خیرگی را در سریع ترین زمان تهیه و ارائه می نماید.

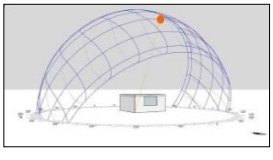
۸- کیفیت تجزیه و تحلیل نتایج شبیه سازی نور روز

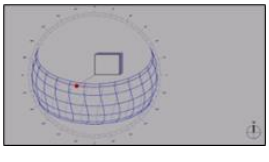
نتایج شبیه سازی به دو صورت لحظه ای و سالیانه ارزیابی می شود. محاسبه نور لحظه ای در یک زمان خاص و شرایط ثابت انجام می شود، در حالی که محاسبه سالیانه بر اساس اطلاعات سالیانه آب و هوا و تغییر شرایط اقلیمی در طول سال ارزیابی می شود. اطلاعات بدست آمده نشان دهنده وضع موجود روشنایی روز در فضای داخلی است و انتخاب گزینه مناسب و مطلوب به تجزیه و تحلیل و مقایسه تأثیرات پوسته بر نور روز، بستگی دارد. شاخص در دسترس بودن نور روز که ترکیبی از شاخص های کیفیت نور روز (DA) و روشنایی مفید روز (UDI) است، در این پژوهش معیار سنجش می باشد. همانطور که در بالا ذکر شد، شرط در دسترس بودن نور روز برای کلاس، ۵۰۰ لوکس و در زمان کار از ساعت ۸ تا ۱۸ می باشد. حسگرهای تعبیه شده در صفحه کار، میزان نور روز در طول سال را ثبت، بررسی و محاسبه می کنند. این اندازه گیری با توجه به اطلاعات ورودی از طرف کاربر، نتایج شبیه سازی و میانگین اطلاعات سالانه آب و هوا، انجام می شود. درصدی از زمان کار که حسگرها در طول سال، روشنایی روز را دریافت می کنند، در شکل(۵) با طیف رنگی نشان داده می شود.

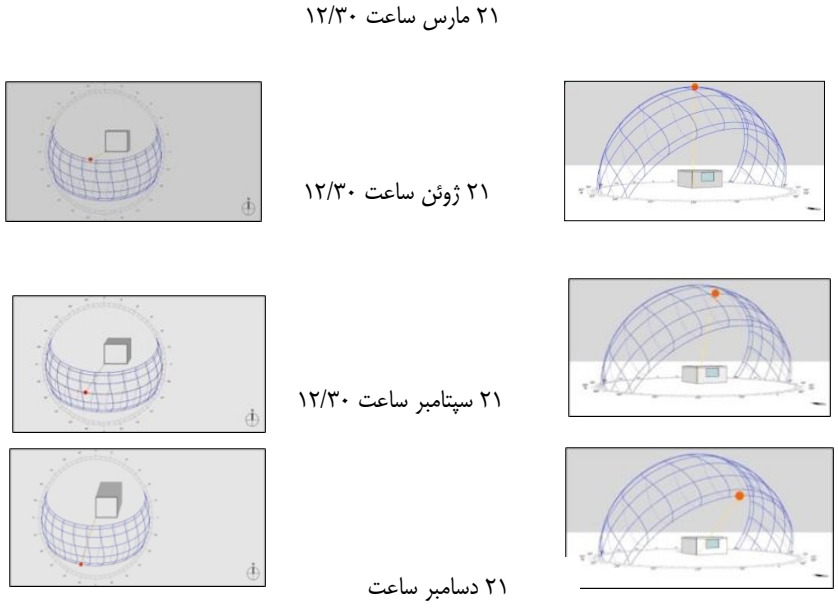


شکل۵- طیف رنگی و نحوه نمایش نتایج

مقدار درصد دریافتی حسگرها، چهار مرتبه از نقاط را مشخص می کند. نقاط پُر نور یا (UDI-e) ، نقاط با نور روز مناسب وکافی یا (UDI-a)، نقاط با نور روز جزئی یا (UDI-s) و نقاط با حداقل نور روز یا (UDI-f). نقاط دارای ۱۰ برابر بیشتر از لوکس تعیین شده (۵۰۰ لوکس) در حداقل ۵ درصد از زمان اشغال را نقاط پُر نور و با رنگ قرمز نشان داده می شوند. احتمال خیرگی در این نقاط بیشتر از دیگر نقاط است. جهت تحلیل سایت و تعیین زاویه و مسیر حرکت خورشید، فایل مربوط به اطلاعات آب هوایی شهر یزد که سایت نمونه در آن واقع شده، انتخاب و وارد گردید. با تعیین جهت سایت نسبت به شمال در تمام نماها، جهت جغرافیایی مشخص می گردد. مسیر حرکت خورشید و موقعیت آن نسبت به سایت در شکل (۶) برای زمان های مشخص دیده می شوند. برای ذخیره تصاویر تنظیمات را متناسب با خواسته تنظیم کرده و با تأیید آن، محل و نوع ذخیره سازی تعیین گردید. تصاویر قابل انتقال به نرم افزارهای دیگر می باشند.

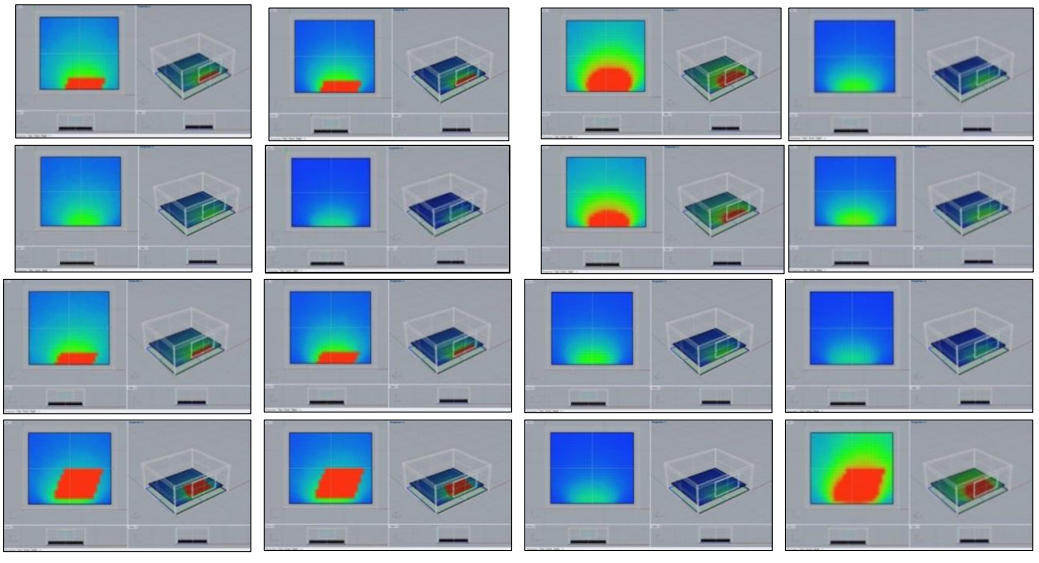






شکل۶ – شبیه سازی موقعیت خورشید در روزهای منتخب به ترتیب ۲۱ مارس– ۲۱ ژوئن– ۲۱ سپتامبر– ۲۱ دیسامبر

برای تحلیل نور لحظه ای ابتدا با وارد کردن فایل اطلاعات آب و هوایی و انجام تنظیمات مربوط به نوع آسمان و یا براساس اطلاعات روز، همچنین با انتخاب ماه، روز و ساعت و در ادامه ضریب سپیداری یا درصد انعکاس نور از سطوح محیطی که معمولاً ۲۰ درصد لحاظ می شود، تعیین و مواد و مصالح انتخاب می گردد. این اطلاعات قابل اصلاح و نشان دهنده تعداد حسگرها و ساعات کار و فعالیت می باشند. در شکل ۷ و جدول ۲ نتایج تحلیل نور لحظه ای در زمان های معین بدون سایبان نمایش داده شده است.



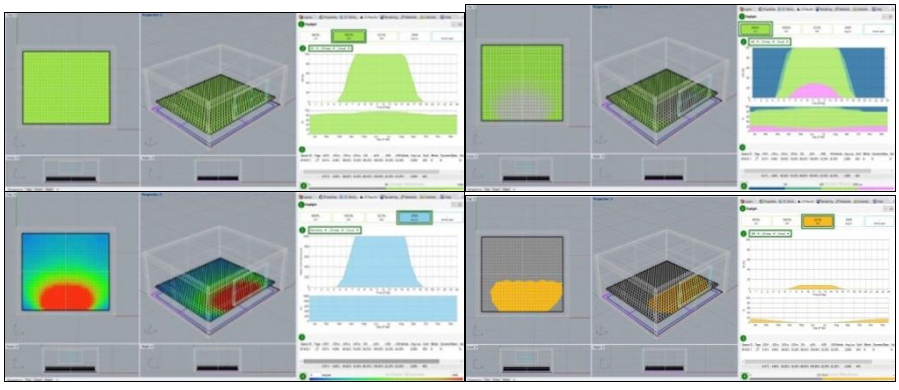
شکل ۷– نتایج آنالیز نور لحظه ای در ۲۱ ام ماههای مارس، ژوئن، سپتامبر و دسامبر – ساعت ۱۲:۳۰

جدول۲– نتایج آنالیز نور لحظه ای در ۲۱ ماه های مارس– ژوئن – سپتامبر – دیسامبر بدون داشتن سایبان

وضعیت آسمان سپیداری ۲۰٪ ۰ درجه نسبت به شمال	بدون ابر (لوکس)		نیمه ابری (لوکس)		ابری (لوکس)		براساس**EPW** (لوکس)	
حسگرها	وسطی	میانگین	وسطی	میانگین	وسطی	میانگین	وسطی	میانگین
۲۱ مارس ساعت 12/30	4521	814	1312	497	542	333	4203	1528
۲۱ ژوئن ساعت 12/30	757	588	325	198	638	368	3032	1237
۲۱ سپتامبرساعت 12/30	4417	804	1277	486	536	324	343	207
۲۱ دیسامبرساعت 12/30	6928	1156	1701	604	357	221	5843	2107

۱۰- نتیجه گیری از آنالیز نور لحظه ای و نور سالیانه:

از تحلیل داده های نور لحظه ای نمی توان به نتیجه کلی دست یافت و اعداد فقط نشان دهنده وضعیت روشنایی در یک زمان خاص هستند. از این رو با مقایسه جداول بالا که مربوط به چهار ماه از سال با وضعیت آسمانی متفاوت می باشد، می توان مشاهده کرد که با ابری شدن آسمان از شدت تابش به نحو چشمگیری کاسته می شود. همچنین با تغییر زاویه تابش خورشید از انقلاب زمستانی به انقلاب تابستانی، تابش شدت می گیرد و در اعتدالین بهاری و پاییزی، شدت تابش تقریباً یکسان است. فایل نتایج در قالب اکسل ظاهر می شود که اطلاعات هر کدام از حسگرها در لحظه مورد نظر را نشان می دهد. چون تحلیل مربوط به نور لحظه ای است؛ نوع آسمان، ماه، روز و ساعت را در لحظه مورد نظر نشان می دهد. در قسمت پایین صفحه نمایش نرم افزار کلایمت استودیو چند امکان برای نشان دادن اطلاعات به صورت تصویری وجود دارد. نتایج آنالیز نور لحظه ای به صورت عددی و نمودار های قابل اصلاح ظاهر می شود. میزان نور تابیده شده بر ساختمان به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله: موقعیت جغرافیایی، مساحت نورگیر، جهت گیری، موانع و عوامل بیرونی ساختمان، شکل، نوع و نحوه عملکرد سایبان و ضریب انعکاس سطوح داخلی و خارجی. نور سالیانه با نور لحظه ای تفاوت عمده ای از لحاظ لزوم تعیین ساعات کار یا زمان فعالیت دارد. برای ارزیابی تأثیر پوسته پویا و مقایسه آن با نتایج اولیه بدون سایبان، باید مسیری همانند انتخاب سطح کار در پیش گرفت. با انتخاب پنجره ای که پوسته روی آن یا در جلوی آن قرار می گیرد و تعیین نام، نوع پوسته یا سایبان و استاندارد مورد عمل، تحلیل جدیدی صورت می گیرد. کلیه گزارش ها به ترتیب قابل دید و با هم مقایسه می گردند. همانطور که در تصاویر و جداول پایین ملاحظه می شود وجود پوسته یا سایبان در نما بر نتایج کلی تأثیر مثبت نشان می دهد. برای دستیابی به وضعیت ایده آل در شاخص ها باید برگشتی به داده های اولیه داشت، از جمله: طراحی پوسته، مواد و مصالح انتخابی و اصلاح یا تجدید نظر در داده ها. در زیر شکل (۸) و جدول (۳)، گزارش تحلیل نور سالیانه برای کلاس نمونه در چهار حالت: پنجره بدون سایبان، با پوسته باز، نیمه باز و بسته را نشان می دهد.

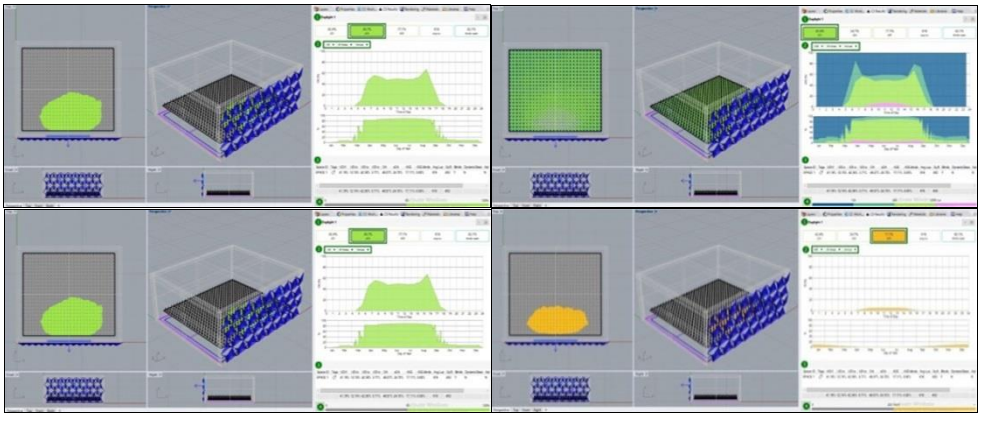


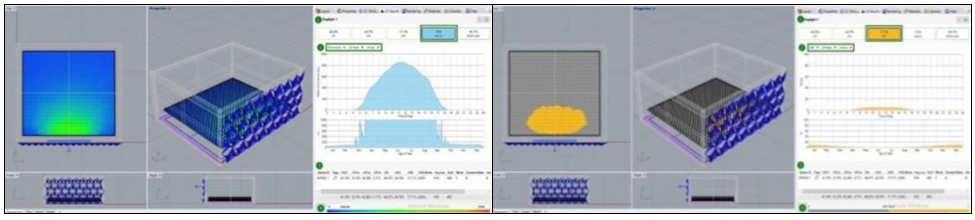
شکل ۸- گزارش وضعیت نور سالیانه برای کلاس نمونه بدون سایبان و پوسته خارجی

جدول ۳- خلاصه اطلاعات آنالیز نور سالیانه کلاس نمونه بدون سایبان و پوسته خارجی

SITUATION	UDI.f	UDI.s	UDI.a	UDI.e	DA	ASE	Avg lux
بدون سایبان	۸٪/۵۱	۴٪/۶۶	۶۸٪/۶۲	۱۸٪/۲۰	۸۶٪/۸۳	۳۲٪/۲۹	۲۶۵۹
با پوسته باز	%۴۱/۱۹	%۱۲/۷۴	%۴۲/۳۶	%۳/۷۱	%۴۶/۰۷	%۱۷/۱۱	۶۱۶
با پوسته نیمه باز	%۳۸/۸۱	%۱۵/۵۸	%۴۴/۵۴	%۰/۹۸	%۴۵/۵۱	%۵/۳۶	۴۶۳
با پوسته بسته	%۴۵/۳۹	%۲۵/۳۶	%۲۸/۹۱	%۰/۳۴	%۲۹/۲۵	%۲/۶۸	۳۱۲

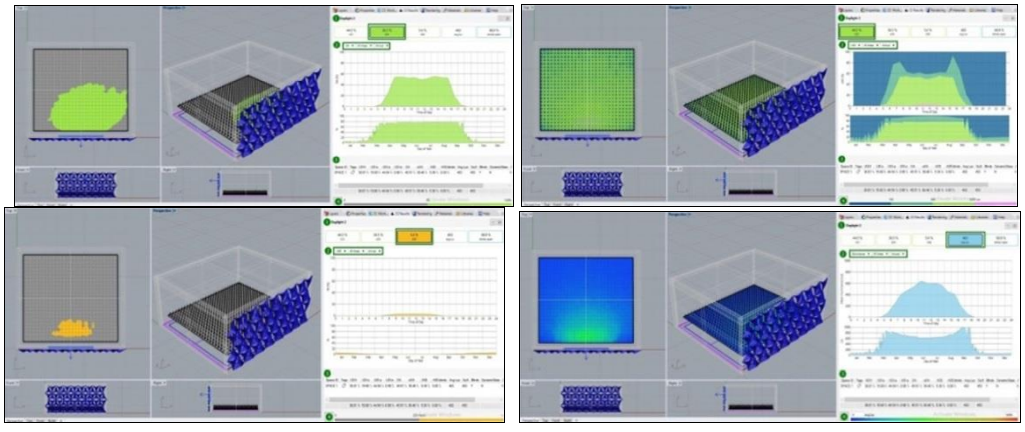
گزارش تحلیلی پنجره بدون پوسته خارجی نشان می دهد، نور مفید روز از ساعت ۴:۳۰ تا ۱۸:۳۰ در فضا وجود دارد و ۶۸/۶۲ درصد از کل زمان را در بر می گیرد. کیفیت نور در کل زمان ۸۶/۸۳ درصد و خیرگی هم در محدوده زمانی بین ساعت ۸:۳۰ لغایت ۱۴:۳۰ در حدود ۳۲/۲۹ درصد زمان که در این مدت نیازمند سایبان جهت کاهش خیرگی می باشد. میانگین نور در درون کلاس ۲۶۵۹ لوکس که نسبت بالایی است.





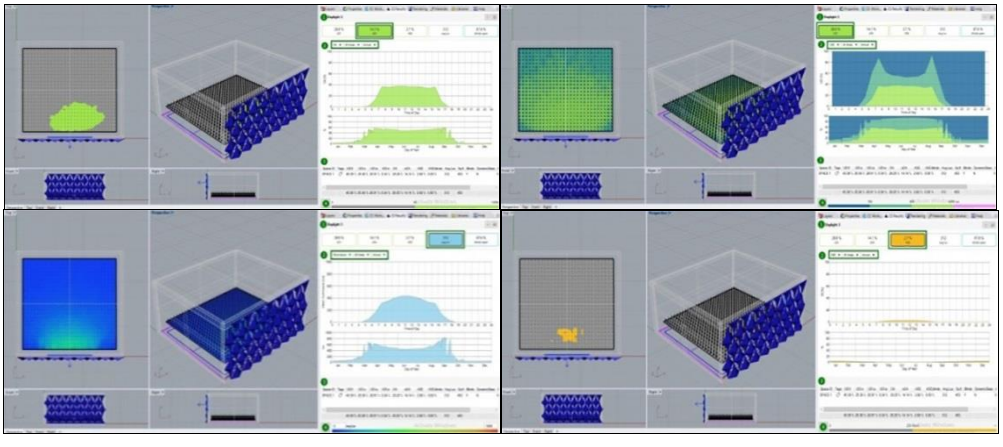
شکل۹- گزارش وضعیت نور سالیانه برای کلاس نمونه با پوسته باز

گزارش تحلیلی پنجره با پوسته باز نشان می دهد، نور مفید روز ۴۲/۳۶ درصد از کل زمان را در بر می گیرد که نسبت به پنجره بدون پوسته، کاهش محسوسی نشان می دهد. کیفیت نور در کل زمان ۴۶/۰۷ درصد و خیرگی هم در محدوده زمانی بین ساعت ۹ لغایت ۱۳:۳۰ در حدود ۱۷/۱۱ درصد کل زمان است. ۶۱۶ لوکس هم میانگین لوکس در طول سال است. فقط۶۲/۱ درصد کل زمان نیاز به سایبان نداریم.



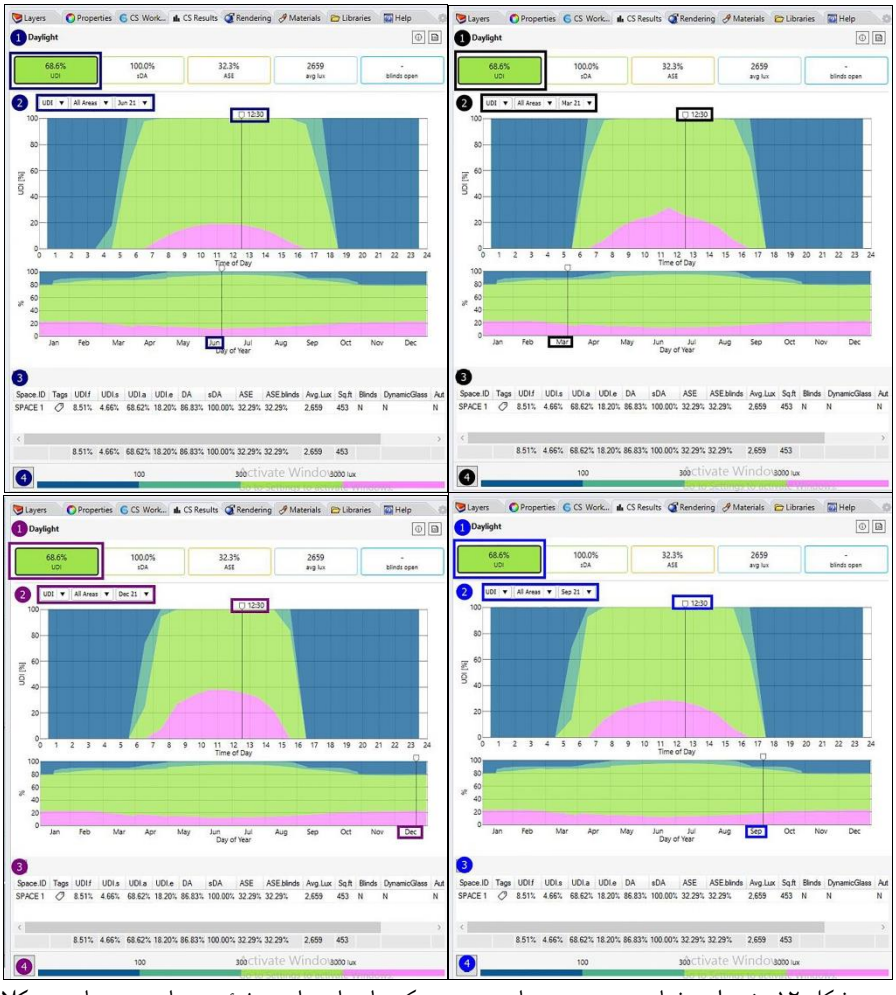
شکل۱۰- گزارش وضعیت نور سالیانه برای کلاس نمونه با پوسته نیمه باز

گزارش آنالیز پنجره با پوسته نیمه باز نشان می دهد که نور مفید روز ۴۴/۵۴ درصد از کل زمان و نسبت به مورد قبلی ۲ درصد افزایش نشان می دهد. کیفیت نور در کل زمان۴۵/۵۱ درصد است و تغییر چندانی نشان نمی دهد. خیرگی هم در محدوده زمانی بین ساعت ۹ لغایت ۱۴ در حدود ۵/۳۶ درصد کل زمان است. لوکس میانگین ۴۶۳ لوکس است که در حد مطلوب قرار دارد. درصد زمانی که نیاز به سایبان ندارد؛ افزایش نشان می دهد.



شکل ۱۱- گزارش وضعیت نور سالیانه برای کلاس نمونه با پوسته بسته

پنجره با پوسته بسته به دلیل ایفای نقش سایبان تغییرات عمده ای در نتایج آنالیز نشان می دهد. نور مفید روز ۲۸/۹۱ درصد از کل زمان و کیفیت نور در کل زمان هم ۲۹/۲۵ درصد است و نسبت به مورد قبلی ۱۶ درصد کاهش نشان می دهد. خیرگی هم در محدوده زمانی بین ساعت ۹ لغایت ۱۴ در حدود ۲/۶۸ درصد کل زمان است. لوکس میانگین ۳۱۲ لوکس است که در حد مطلوب قرار دارد. درصد زمانی که نیاز به سایبان نداریم؛ افزایش نشان می دهد. جهت ملاحظه وضعیت نور روز در زمان خاصی از سال می توان با انتخاب زمان مورد نظر، نتیجه را روی نمودارها مشاهده کرد. درتصاویر شماره ۲۴ موقعیت روزهای ۲۱ مارس، ژوئن، سپتامبر و دیسامبر روی نمودار روشنایی روز برای کلاس بدون پوسته بیرونی نمایش داده شده است. البته برای شاخص کیفیت نور روز و سایر شاخص ها هم می توان این اندازه گیری را نمایش داد.



شکل ۱۲- نمودار روشنایی روز، در روزهای بیست و یکم ماه های مارس، ژوئن، سپتامبر و دیسامبر در کلاس

همانطور که قبلاً هم عنوان شد؛ اطلاعات تمام حسگرها در یک صفحه اکسل ثبت می شود. با توجه به حجم زیاد اطلاعات امکان نمایش همه آنها وجود ندارد؛ لذا بخش کوچکی از جدول اکسل در شکل(۱۳) نشان داده شده است. نتایج آنالیز ها و میانگین اطلاعات را هم در جداول مجزا تولید شده و می توان مشاهده کرد.

Zone	Index	Px	Py	Pz	Nx	Ny	Nz	DA	ASE(hrs)	Mean Lux	UDI_f	UDI_s	UDI_a	UDI_e
SPACE 1	0	0.597438	6.353301	0.75	0	0	1	0.765753	0	566.5493	0.101644	0.132603	0.765753	0
SPACE 1	1	0.597438	6.102863	0.75	0	0	1	0.748219	0	541.7281	0.104932	0.146849	0.748219	0
SPACE 1	2	0.597438	5.852425	0.75	0	0	1	0.774521	0	607.2341	0.1	0.125479	0.774521	0
SPACE 1	3	0.597438	5.601988	0.75	0	0	1	0.767397	0	613.4971	0.101918	0.130685	0.767397	0
SPACE 1	4	0.597438	5.35155	0.75	0	0	1	0.806849	0	713.8424	0.094247	0.098904	0.806849	0
SPACE 1	5	0.597438	5.101112	0.75	0	0	1	0.778356	0	635.7736	0.10137	0.120274	0.778356	0
SPACE 1	6	0.597438	4.850675	0.75	0	0	1	0.796712	0	706.1844	0.09863	0.104658	0.796712	0
SPACE 1	7	0.597438	4.600237	0.75	0	0	1	0.804932	0	756.2944	0.096712	0.098356	0.804932	0
SPACE 1	8	0.597438	4.349799	0.75	0	0	1	0.810959	27	837.3426	0.097808	0.091233	0.803562	0.007397
SPACE 1	9	0.597438	4.099362	0.75	0	0	1	0.811233	44	899.2075	0.096164	0.092603	0.799178	0.012055
SPACE 1	10	0.597438	3.848924	0.75	0	0	1	0.81726	57	964.597	0.092877	0.089863	0.801644	0.015616
SPACE 1	11	0.597438	3.598487	0.75	0	0	1	0.822466	102	1123.164	0.091781	0.085753	0.793151	0.029315
SPACE 1	12	0.597438	3.348049	0.75	0	0	1	0.82	120	1174.547	0.091781	0.088219	0.784658	0.035342
SPACE 1	13	0.597438	3.097611	0.75	0	0	1	0.827123	121	1222.386	0.089863	0.083014	0.790137	0.036986
SPACE 1	14	0.597438	2.847174	0.75	0	0	1	0.827123	127	1332.742	0.091233	0.081644	0.78274	0.044384
SPACE 1	15	0.597438	2.596736	0.75	0	0	1	0.834521	133	1414.704	0.088767	0.076712	0.794795	0.039726
SPACE 1	16	0.597438	2.346298	0.75	0	0	1	0.846575	137	1495.677	0.087397	0.066027	0.798356	0.048219
SPACE 1	17	0.597438	2.095861	0.75	0	0	1	0.83726	119	1397.437	0.088219	0.074521	0.79863	0.03863
SPACE 1	18	0.597438	1.845423	0.75	0	0	1	0.843014	77	1293.708	0.087671	0.069315	0.818904	0.02411
SPACE 1	19	0.597438	1.594985	0.75	0	0	1	0.822192	56	1158.125	0.090959	0.086849	0.806849	0.015342
SPACE 1	20	0.597438	1.344548	0.75	0	0	1	0.815343	37	1038.821	0.095342	0.089315	0.805206	0.010137
SPACE 1	21	0.597438	1.09411	0.75	0	0	1	0.796712	20	799.9729	0.097808	0.105479	0.791233	0.005479
SPACE 1	22	0.597438	0.843672	0.75	0	0	1	0.767397	4	619.9277	0.107671	0.124932	0.766301	0.001096
SPACE 1	23	0.597438	0.593235	0.75	0	0	1	0.771507	0	483.8962	0.111781	0.116712	0.771507	0
SPACE 1	24	0.847955	6.353301	0.75	0	0	1	0.746575	0	521.6866	0.107123	0.146301	0.746575	0
SPACE 1	25	0.847955	6.102863	0.75	0	0	1	0.772603	0	554.5304	0.099178	0.128219	0.772603	0
SPACE 1	26	0.847955	5.852425	0.75	0	0	1	0.775343	0	591.9217	0.099726	0.124932	0.775343	0
SPACE 1	27	0.847955	5.601988	0.75	0	0	1	0.76411	0	641.8788	0.101918	0.133973	0.76411	0
SPACE 1	28	0.847955	5.35155	0.75	0	0	1	0.803288	0	697.4235	0.095342	0.10137	0.803288	0

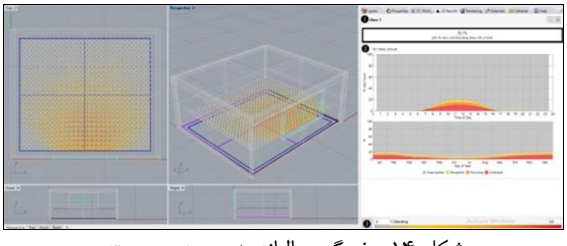
شکل ۱۳- بخشی از جدول اکسل بر اساس نتایج حاصل از داده های هر کدام از حسگرها

۱۱- عملکرد بصری:

نتایج عملکرد نور روز برای همه حالت های شبیه سازی شده در جدول گنجانده شده است. می توان مشاهده کرد که برای حالت های با پوسته باز، نیمه باز و بسته، شاخص ها دارای تغییرات معناداری هستند. با حرکت پوسته به سمت بسته شدن از درصد زمان کلی کاسته شده و خیرگی در حد پایین ترین درصد می رسد. لوکس میانگین هم نصف شده و به لوکس پایه نزدیک می شود. عملکرد بصری که از برآیند کلیه شاخص ها بدست می آید؛ نشان از بهبود کیفیت نور روز در کلاس دارد. درحقیقت، حتی اگر درصد کیفیت نور در مقایسه با حالت پایه کاهش نشان دهد، درصد زمانی که میزان روشنایی در یک محدوده آسایش قرار دارد، افزایش می یابد، به شرطی که مقادیر متوسط در بین صد و پنجاه و چهار نقطه حسگر قرار داشته باشد. این بهترین نتیجه در بین تمام حالت ها است. مقادیر ایده آل به عنوان اهداف برای مقایسه استفاده می شوند. در این حالت باتوجه به امکان بازبینی داده های اولیه، می تواند بهینه سازی شده و به مقادیر ایده آل نزدیک شد.

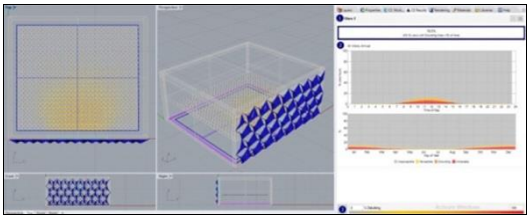
۱۲- خیرگی سالیانه:

نتایج شاخص سالیانه خیرگی از موارد مهم در جهت کاهش میزان خیرگی و تنظیم روشنایی مفید در محدوده تعیین شده می باشد. در شکل (۱۴) ، درصد و نمودار خیرگی سالیانه کلاس دیده می شود.

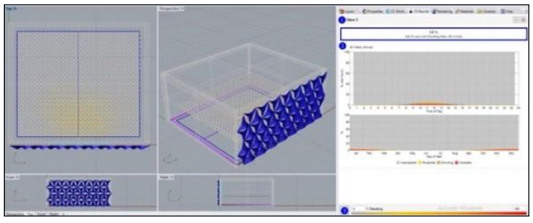


شکل ۱۴- خیرگی سالیانه پنجره بدون پوسته

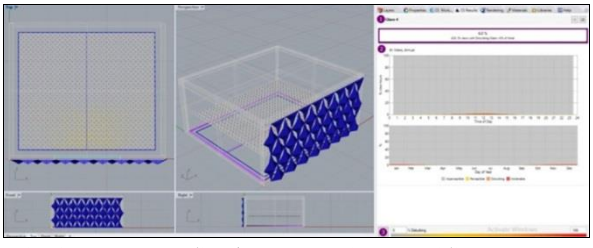
درصد کلی خیرگی سالیانه ۳۳/۱ درصد بوده که در روز از ساعت ۷ صبح تا ۱۶ بعد از ظهر امکان وقوع دارد . اوج خیرگی از ساعت ۱۱ صبح تا ۱۲ ظهر و براساس ماه های سال بیشترین احتمال خیرگی در ماه دیسامبر و حداقل آن در ماه ژوئن می باشد.



شکل ۱۵- خیرگی سالیانه پنجره با پوسته باز،
(احتمال خیرگی در تمام ماه های سال)

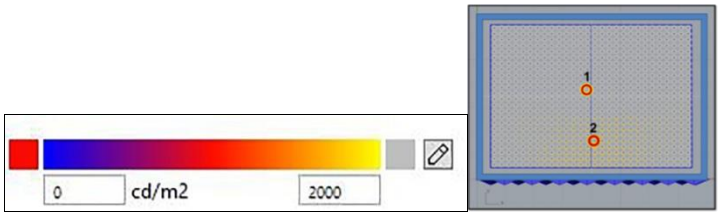


شکل ۱۶- خیرگی سالیانه پنجره با پوسته نیمه باز
(احتمال خیرگی در ۸ ماه سال)

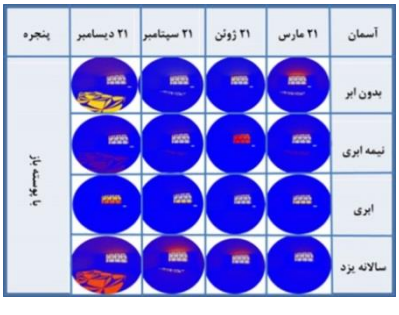


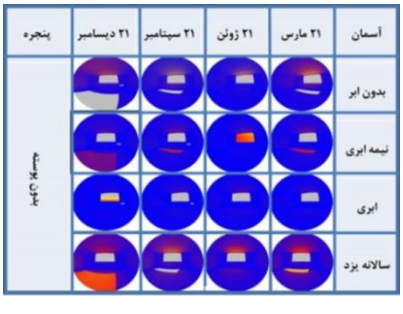
شکل ۱۷- خیرگی سالیانه پنجره با پوسته بسته، احتمال خیرگی در ۶ ماه های سال

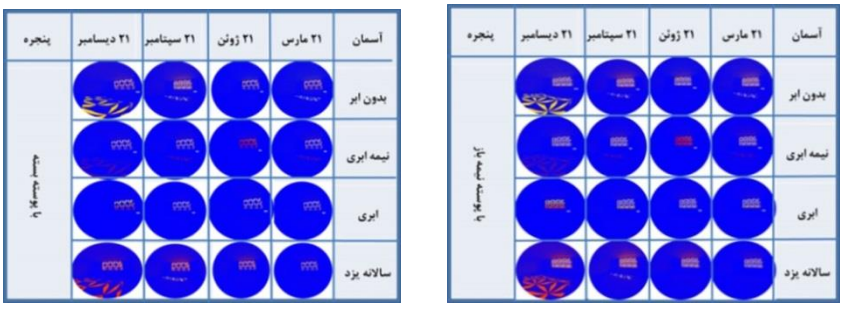
ملاحظه می شود در حالت چهارم کمترین خیرگی را شاهد هستیم، امّا مهم تر اینکه توزیع آن در سطح کار از یکنواختی برخوردار باشد. جهت اصلاح شاخص باید به تغییر داده های اولیه اقدام کرد تا به حداقل قابل قبول رسید. شکل های (۱۹ و ۲۰) رندر خیرگی از منظر دو قطاع از دو حسگر، یکی در میانه کلاس (شماره ۱) و دیگری در نزدیکی پنجره (شماره ۲)، در ساعت ۱۲/۳۰ ظهر و در زمان های معین شده را نشان می دهند.



شکل ۱۸- موقعیت حسگرها در فضای کلاس و نمودار رنگی میزان خیرگی



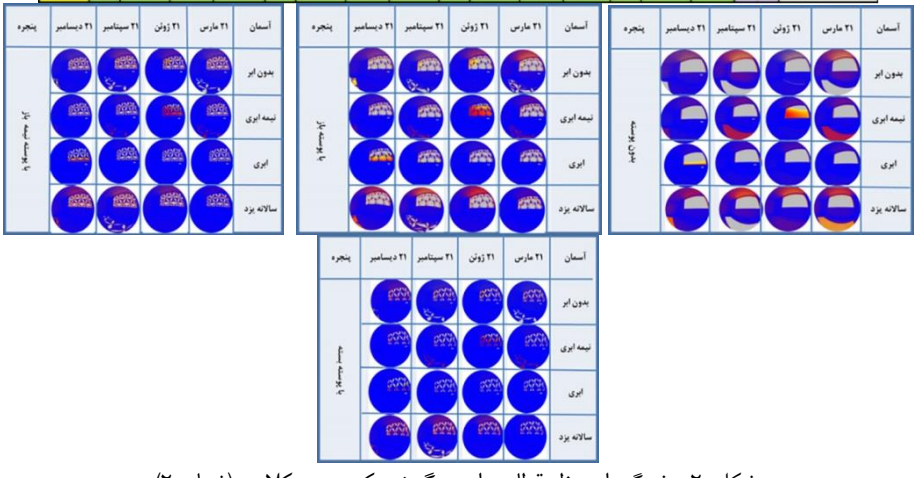




شکل ۱۹- رندر خیرگی از منظر قطاعی از حسگر میانه کلاس (شماره ۱)

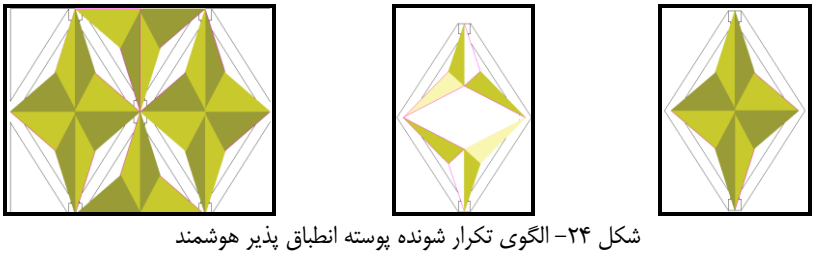
جدول ۴- نتیجه گیری از خیرگی بصورت نمودار رنگی

ماه	حسگر	مارس =MAR				ژوئن = jun				سپتامبر = sep				دسامبر = Dec			
وضعیت	سنسور	بدون ابر	نیمه ابری	ابری	آب و هوای یزد	بدون ابر	نیمه ابری	ابری	آب و هوای یزد	بدون ابر	نیمه ابری	ابری	آب و هوای یزد	بدون ابر	نیمه ابری	ابری	آب و هوای یزد
بدون پوسته	1																
	2																
با پوسته باز	1																
	2																
با پوسته نیمه باز	1																
	2																
با پوسته بسته	1																
	2																



شکل۲۰- خیرگی از منظر قطاعی از حسگر نزدیک پنجره کلاس (شماره ۲)

در تعریف ساختار و سازوکار حرکتی پوسته انطباق پذیر هوشمند باید عنوان کرد اغلب پوسته ها در بخش های زیادی با هم شابهت دارند. در زیر تصویر الگوی پوسته انطباق پذیر در دو حالت باز و بسته، ارائه شده است.



شکل ۲۴- الگوی تکرار شونده پوسته انطباق پذیر هوشمند

۱۳- نتیجه گیری:

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر پوسته انطباق پذیر هوشمند بر کارایی نور روز و آسایش بصری در کلاس آموزشی در اقلیم گرم و خشک انجام شده است. از آنالیز، تحلیل و شبیه سازی برای مطالعه میزان آسایش بصری و توزیع مناسب نور روز استفاده شد. این شبیه سازی ها با انتخاب چهار گزینه: پنجره بدون هیچگونه پرده داخلی یا سایبان بیرونی به عنوان حالت پایه و با پوسته باز شده، پوسته نیمه باز و با پوسته بسته به عنوان نمونه ای از حالت های ممکن برای پوسته قابل تنظیم در نظر گرفته شد. هر چند نتایج در جداول پایین هر بخش آورده شده است؛ امّا در جهت مقایسه این چهار حالت از لحاظ نور لحظه ای، نور سالیانه و محاسبات تابش خیره کننده در فضای کلاس به صورت خلاصه شده در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- مقایسه نور لحظه ای و سالیانه در چهار زمان و حالت

شرایط آسمان، زمان، سپیداری و موقعیت نسبت به شمال	لوکس وسطی	لوکس میانگین	شاخص
بدون ابر – ۲۱ مارس ۱۲:۳۰ – سپیداری ۰/۲۰ – ۰ درجه	۴۵۲۱	۸۱۴	نور لحظه ای
بدون ابر – ۲۱ ژوئن ۱۲:۳۰ – سپیداری ۰/۲۰ – ۰ درجه	۷۵۷	۵۸۸	
بدون ابر – ۲۱ سپتامبر ۱۲:۳۰ – سپیداری ۰/۲۰ – ۰ درجه	۴۴۱۷	۸۰۴	
بدون ابر – ۲۱ دیسامبر ۱۲:۳۰ – سپیداری ۰/۲۰ – ۰ درجه	۶۹۲۸	۱۱۵۶	

جدول ۵- مقایسه نور لحظه ای و سالیانه در چهار زمان و حالت

شاخص	DAYLIGHT	UDI.f	UDI.s	UDI.a	UDI.e	DA	ASE	Avg lux
نور سالیانه	بدون سایبان	۸٪/۵۱	۴٪/۶۶	۶۸٪/۶۲	۱۸٪/۲۰	۸۶٪/۸۳	۳۲٪/۲۹	۲۶۵۹
	با پوسته باز	۴۱٪/۱۹	۱۲٪/۷۴	۴۲٪/۳۶	۳٪/۷۱	۴۶٪/۰۷	۱۷٪/۱۱	۶۱۶
	با پوسته نیمه باز	۳۸٪/۸۱	۱۵٪/۵۸	۴۴٪/۵۴	۰٪/۹۸	۴۵٪/۵۱	۵٪/۳۶	۴۶۳
	با پوسته بسته	۴۵٪/۳۹	۲۵٪/۳۶	۲۸٪/۹۱	۰٪/۳۴	۲۹٪/۲۵	۲٪/۶۸	۳۱۲

یکی از مهم ترین نتایج در مورد شاخص نور لحظه ای شدت تابش بیش از حد بویژه در ماه ژوئن است. با توجه به این نتیجه استفاده از پرده یا سایبان برای جلوگیری از تابش خیره کننده در بیشتر اوقات سال ضروری است. این موضوع در حالت اول شاخص نور سالیانه در ردیف متوسط لوکس کاملاً هویدا است. با عنایت به جهت گیری کلاس نمونه در جهت جنوب نتایج برای جهت شرق و غرب بررسی نشده؛ امّا قابل تعمیم با درصدی تغییر است. سه حالت پوسته که نماینده تمام حالات پوسته از باز بودن تا بستن شدن است، نشان از تأثیر حضور پوسته به عنوان سایبان برکنترل شدت تابش و خیرگی در داخل کلاس می باشد. با حرکت پوسته از حالت باز به سمت بسته شدن؛ درصد زمان روشنایی کمتر از نور مفید پایه و نزدیک ۱۶٪

افزایش می یابد و درصد زمان روشنایی در حد مجاز تا ۱۳/۴٪ کاهش می یابد. همچنین درصد زمان داشتن نور بالاتر از نور پایه و نور خیره کننده، کاهش می یابد. این کاهش و افزایش ها دلیلی بر خوب یابد بودن نیست، بلکه نشان از تغییر درصد زمان حضور نور روز در نسبت های مختلف در فضای داخلی کلاس است. باعنایت به هوشمند سازی پوسته برای انطباق پذیری با تغییرات محیطی، میزان باز شوندگی پوسته متناسب با شدت تابش براساس داده های آماری آب و هوایی سالیانه، تنظیم می گردد. در نتیجه در هر زمان روشنایی بهینه با بازده مطلوب در سطح کار خواهیم داشت. با توجه به لزوم حضور نور روز در محیط های آموزشی و توانایی استفاده از نور روز در اقلیم گرم و خشک، نتایج نشان می دهد که پوسته های انطباق پذیر می توانند به طور موثر نور روز را تنظیم و توزیع کرده و آسایش بصری را افزایش دهند. هر چند مطالعات به بحث انرژی وارد نشده، امّا تحقیقات آینده می تواند بر نقش پوسته های انطباق پذیر در کنترل مصرف انرژی در اقلیم ها ی مختلف ایران، متمرکز باشد.

پی نوشتها:

۱- DA = Daylight Autonomy یا شاخص کیفیت نور روز

2- UDI = Useful Daylight Illuminance یا شاخص روشنایی مفید نور روز

۳- IESNA = Illuminating Engineering Society یا استاندارد انجمن مهندسی روشنایی

۴- EPW = فایل های اطلاعات آب و هوایی

۵- ASE= Annual Sunlight Exposure یا شاخص نور خیرگی سالیانه

۶- DGP=daylight glare probability یا احتمال تابش نور روز

۷- LEEDv4 = Leadership in Energy and Environmental Design یا استاندارد پیشرو در طراحی محیطی و انرژی ویرایش چهارم

منابع فارسی و لاتین:

- رزازی، سمیرا و مظفری، فاطمه. (۱۳۹۶). پوسته های سازگار و انطباق پذیر ساختمان با الگوپذیری از گیاهان در طبیعت. موسسه آموزش عالی میرداماد گرگان.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. (۱۳۹۵)، ضوابط طراحی ساختمان های آموزشی(برنامه ریزی معماری همسان مدارس ابتدایی و متوسطه) ضابطه شماره ۶۹۷
- شفوی مقدم، نسترن و تحصیلدوست، محمد و زمردیان، زهراسادات. (۱۳۹۸). بررسی کارایی شاخص‌های نور روز در ارزیابی کیفیت آسایش بصری کاربران، مطالعات معماری ایران.
- کاظم زاده، مرضیه و فدایی قطبی، مریم.(۱۳۹۴)، پنجره و کنترل روشنایی فضاهای آموزشی(نمونه موردی مدرسه حجاب شهر جیرفت)، کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و زیرساخت های شهری.
- فدایی اردستانی، محمدعلی و همکاران، (۱۳۹۷). ارزیابی نور روز و خیرگی در کلاس‌های درس با استفاده از شاخص‌های پویا، صفه.
- Del GrossoAE,BassoP. (2010). Adaptive building skin structures . IOP Sci Mater Struct.
- Dobzhansky T. ,Hecht MK, Steere WC. (1968). On some fundamental concepts of evolutionary biology. 1sted. Evolutionary Biology, 2. . NewYork: Appleton Century-Crofts. p. 29-34.

- Garretón, Jul.ieta Yamin, Roberto Rodriguez, and Andrea Pattini. (2016). Effects Effects Perceived Indoor Temperature on Dayligh Glare Perception. Building Research and Information 44(8): 907-919.
- LEEDv4.1,Building Design and Construction, (January, 2019).Getting started guide for beta participants.
- Loonen RCGM ,Trčka M ,Cóstola D,Hensen JLM. (2013), Climate adaptive building shells: state of the art and fture challenges. Renew Sustain Energy Rev 2013;25:483–93. http://dx. doi. org/10.
- Manzan, M., & Clarich, A. (2017). FAST energy and daylight optimizationof an office with fixed and movable shading devices. Building and Environment, 113, 175–184.
- Reinhart, Christoph F., and Daniel A. Weissman. (2012). The Dayli Area – Correlating Architectural Student Assessments with Current and Emerging Daylight Availability Metrics. Building and Environmen 50: 155-164.
- Sadineni SB ,Madala S ,Boehm RF. (2011),Passive building energy savings :a review of building envelope components . Renew Sustain Energy Rev 2011;15.
- Shen, H., and Tzempelikos, A. (2013). Sensitivity analysis on daylighting and energy performance of perimeter offices with automated shading. Building and Environment, 59, 303–314 https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.028
- WangJ, Beltrán, LO, Kim J . (2012),From staticto kinetic: a review of acclimated kinetic buildingenvelopes. Denver. p. 4022–9.
- Y.W. Lim, M.Z. Kandar, M.H. Ahmad, D.R. Ossen, M. A. A. (2012). Building facade design for daylighting quality in typical government office building, Build. Environ, 57, 307–316

Designing and Planning in Architecture and Urbanism
Volume:1, Issue:2
DOI:

Simulation of daylight in the classroom, using an adaptive shell

(a case study of a classroom in the city of Yazd)

Narmin Khairy[1] (corresponding author
Mostafa Khairy[2]

Abstract:

Today, with the acceleration of scientific advances in all fields, especially new construction and software technologies, attention to the use of renewable energy to reduce environmental pollution has been placed at the forefront of research programs. The use of a huge source of sunlight in the building, although it has been common for a long time, has become a necessity for survival today. Electronic science and knowledge of natural structures have also provided many possibilities to architects. Adapting the building to natural conditions without creating unwanted effects. Natural light is one of the important factors in designing quality educational spaces. Due to its canopy-like performance and its effect on the building's thermal behavior, the adaptive shell technology significantly improves the quality of the building's indoor environment in terms of building temperature control, daylighting, and natural ventilation. In this paper, the effect of adaptive skins on daylight control is discussed in a simulated model of a typical classroom in a hot, dry climate.

The design process begins with the simulation of a classroom example using Rhino/Grass Hopper computational design software and using the Climate Studio plugin. This plugin is a parametric building energy simulation software, which in this article, according to the time and weather conditions of Yazd city in the hot and dry climate of central Iran, by using the simulation of daylight, glare and energy indicators in The current conditions of the sample model are examined and then assuming the installation of the dynamic shell, simulations and indicators are analyzed again. The Climate Studio plugin provides results according to the main criteria with great ease and speed of analysis.

The findings of the research show that due to the intensity of radiation and high heat in the seasons, it is necessary to use a canopy to prevent glare in the classroom on most days of the year. Also, the effect of dynamic shells in controlling the intensity of radiation and glare and setting the conditions in an acceptable range of brightness and temperature is clearly evident.

The results show that with the use of adaptive skins, daylight and environmental conditions are always within the range of visual comfort and optimal energy consumption at any time of operation. This is due to the adaptation of shell openings to climatic conditions, which is explained in detail in the text of the research. One of the most important results for the instantaneous light index is the excess radiation intensity, especially in December. Due to the southern direction of the sample class, annoying glare is seen and due to the radius of the rays reflected from the environment, its effect is greater near the window.. The advantages of folding shells and the use of new technologies in the facade of buildings, in addition to beauty, are the human desire to preserve the environment and maximize the use of renewable energy.

Keywords: daylight, adaptive shell, visual comfort, educational class.

[1]Master's degree in Architexture, Islamic Azad University, South Tehran branch (email: Narminkheyri71@gmail.com)
[2] PhD student of Architecture, Islamic Azad University, Science and Research branch.