Archive of SID

بررسی تاثیر تغییر طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع سقف در بهبود یکنواختی نور در کلاس درسی با سیستم روشنایی روز طاقچه ی نوری

فاطمه مستاجر حقیقی[۱]، ریحانه قدیری[۲]، پردیس پاکدل[۳] ، فرهاد احمدنژاد[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۴- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

f.haghighi@tabriziau.ac.ir

چکیده

استفاده مناسب از نور روزدرطراحی فضا علاوه برتاثیر مثبت بر سلامتی جسمانی و روحانی انسان ها، افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی الکتریکی را به دنبال خواهد داشت. امروزه، کارایی انرژی تقاضای طراحی روشنایی ساختمان ها با استفاده از روشنایی طبیعی روز افزایش یافته است ، و همینطور این سوال مطرح است چگونه می توان کلاسی طراحی کرد که نور روز در آن به صورت یکنواخت پخش شود و دانش آموزان از آن فضا احساس رضایت کرده و همینطور بهره برداری از ساختمان مدرسه کم هزینه بوده و بتوان در جهت ذخیره ی انرژی های فسیلی گامی مثبت برداشت. هدف از این تحقیق یافتن روش هایی برای بهبود یکنواختی نور درکلاسی با سیستم روشنایی طاقچه ی نوری بود تا در کنار کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بهبود محیط بصری، راندمان دانش اموزان را افزایش دهیم. نتایج نشانگر این بود که در کلاسی با مشخصات مشابه در صورت افزایش ۶,۲۵٪ ارتفاع کلاس نسبت به حالت استاندارد می توان تاثیر مثبتی را بر میزان یکنواختی نور در فضا ایجاد کرد. همچنین افزایش ۵۰٪ طول طاقچه ی داخلی نسبت به حالت استاندارد تاثیر مثبتی در افزایش یکنواختی نور خواهد گذاشت که در مقایسه با افزایش ارتفاع سقف کمتر است.خود تطبیقی بیشترین میزان یکنواختی را موجب می شود به عبارتی سیستمی که در هر ساعت یا حداقل در بازه های زمانی مشخص روزانه یا ماهانه خود را به نحوی تغییر دهد که یکنواختی در فضا در آن بازه زمانی حداکثر باشد اما تاثیر این سیستم در صورت تغییر ساعتی بر راندمان دانش آموزان و همچنین هزینه های مربوط به این نوع سیستم ها باید بررسی شود.

www.SID.ir

کلمات کلیدی: کلاس درس، ارتفاع سقف، طول طاقچه ی نوری، یکنواختی نور

۱- مقدمه

آنچه شخصیت آدمی را شکل می دهد، بی شک متاثراز فضایی می باشد که در آن پرورش یافته است. آنچه می پسندد نشات از آن چیزی میگیرد که در گذشته اش مشاهده نموده و آنچه می داند همانی است که در کودکی و نوجوانی آموخته است. بنابراین، ایجاد محیطی آرام، دوست داشتنی و لذت بخش، موجب جلب توجه وتمایل دانش آموزان برای حضور در مدرسه و ارتقای سلامت روانی آنان می شود. «مدرسه» در کنار دارا بودن شرایط فوق، مکانی است که با هدف «پرورش» و «آموزش» شکل گرفته است. ازاین رو به جهت دارا بودن هدف عالی پرورش و تاثیر اجتناب ناپذیر فضا بر فرد، نیازمند طراحی ویژه است. بدین معنی که فعالیت های آموزشی و پرورشی مدرسه بایستی در فضاهای مناسب و دارای ابعاد استاندارد و بر اساس نیازها و علایق دانش آموزان انجام پذیرد تا معلم در تدریس و شاگرد در یادگیری، احساس رغبت و انگیزه نموده و از فعالیت خود لذت ببرند. طراحی ساختمان و فضاها با کیفیت های نور روز بسیار مطلوب است. این کیفیت ها شامل ارتباط با بیرون از طریق دید و نور طبیعی، کاهش استفاده از روشنایی الکتریکی و حفظ آسایش بصری است. نور روز عموما باعث بهبود احساس سلامتی، شادابی و هوشیاری می شود؛ ولی اگر ناراحتی بصری اتفاق بیفتد، این امتیازات منتفی خواهد شد. به عبارتی دیگر، همزمان در نظر گرفتن این نکته مهم است که همیشه حضور نور روز یک نکته مثبت تلقی می شود. (خانمحمدی, پوراحمدی, & مظفر, ۲۰۱۹) نور، اولین شرط برای هر نوع ادراک بینایی است. در تاریکی مطلق ، ما نه فضا را می توانیم ببینیم و نه فرم و رنگ را. اما نور تنها یک ضرورت فیزیکی نیست، بلکه ارزش روانشناختی آن یکی از مهمترین عوامل زندگی انسانی در همه زمینه ها است. نور همیشه علاوه بر استفاده کاربردی دارای ارزش نمادین نیز بوده است . نور جزیی از ذات زندگی بوده و در بسیاری از فرهنگ ها نور، یا خورشید ، به عنوان منبع نور، عنصری خدایی محسوب می شده و آن را ارج می نهاده اند. (احمدی تدوشن & ضیابخش, ۱۳۹۲) نور روز را می توان یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر معماری پایدار دانست. نور روز یکی از استراتژی های موثر در بهبود کارایی انرژی در ساختمان است. استفاده از یک سیستم پیشرفته طراحی نور روز، مصرف الکتریکی ساختمان را به طور قابل ملاحظه ای کاهش می دهد و در عین حال در کیفیت روشنایی فضای داخلی بسیار موثر است. باید اشاره نمود که توجه به نور روز تنها اگر در نخستین مراحل طراحی صورت پذیرد می تواند یکپارچگی لازم بین نور پردازی و معماری را فراهم نماید. امروزه به طور معمول هر یک از کلاس های درس در یک مدرسه از طریق پنجره میزانی از نور طبیعی را دریافت می کنند اما این امر به آن معنا نیست که از نور کافی در طول روز برخوردارند. از این رو طراحان از ابتدای روند طراحی نیازمند شناخت نوع نیاز فضاهای مختلف مدارس در زمینه نور روز و کمیت نوری که انجام صحیح فعالیت ها را بدون مشکلات بصری تامین نماید می باشند. بدین منظور الزامات عملکردی برای فضاهای مختلف در مدرسه باید آنالیز شود. نور کلاس باید بگونه ای تنظیم شود که دانش آموزان و نوآموزان بتوانند تخته سیاه و تابلو را بخوبی ببینند. ابعاد پنجره های نور گیر، رنگ دیوارها، رنگ و همچنین شفافیت وسایل موجود در کلاس در تأمین روشنایی و نور مورد نیاز آن مؤثر می باشند. حفظ سلامت چشم و قدرت بینایی، کاهش خستگی اعصاب و در نهایت اثر مطلوب در کیفیت آموزشی از جمله موارد مثبت نور مناسب در فضاهای آموزشی است. (احمدی تدوشن & ضیابخش, ۱۳۹۲) افزایش آگاهی از تخریب محیط زیست ناشی از انتشارگاز$2CO$ ، استفاده از انرژی های تجدید پذیر مانند نور روز در ساختمان ها را به عنوان یک هدف امیدوارکننده برای به حداقل رساندن انرژی تجدید ناپذیر مورد استفاده در

www.SID.ir

Archive of SID

ساختمان ها قرار می دهد. کاملاً مشهود است که ساختمان ها برای روشنایی و متعاقب آن خنک کردن فضا مقدار زیادی انرژی مصرف می کنند. (Leslie,۲۰۰۳)

نور روز توانایی بهبود سلامتی، خلق و خو، عملکرد و بهره وری انسان را دارد. (Peter Boyce,۲۰۰۳) در نتیجه، پتانسیل اقتصادی نور روز نه تنها با صرفه جویی در مصرف انرژی بلکه با افزایش بهره وری کارمندان در دفاتر، کارخانه ها، مدارس و اماکن خرده فروشی حاصل می شود. (Heschong,۱۹۹۹) استفاده از نور روز در ساختمان ها بیش از تأمین نور روز و بهبود محیط بصری، در رفاه انسان نقش بسزایی دارد. بنابراین در طراحی ساختمان ها و به خصوص طراحی روشنایی نه تنها نیازهای کاربردی بلکه نیازهای بیولوژیکی و روانی را نیز باید مورد توجه قرار دهد. (Freewan, Shao, & Riffat,۲۰۰۸) محققان نتایج آزمایش بر روی بیش از ۲۱۰۰۰ دانش آموز ابتدایی از سه منطقه در آمریکا را مورد تجزیه و تحلیال قرار دادند و به دنبال جستجوی ارتباط آن ها با شرایط بهره وری از نور طبیعی کلاس ها بودند. نتایج حاصل از بررسی های آن ها ثابت کرد که سرعت یادگیری کودکان در کلاس هایی با نورگیری مناسب روز، بیشتر می باشد.

یکی از راه حل هایی که امروزه بیش از دیگر راه ها مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از سامانه های غیر فعال است. در واقع طراحان بر این باورند که توجه به طراحی مناسب و استفاده از حداکثر انرژی پایدار برای تأمین انرژی مصرفی ساختمان بهترین راه حل برای کاهش استفاده از انرژی های تجدید پذیر است. همچنین موجب دستیابی به معماری پایدار و پاسخگو به اقلیم است که در این میان طراحی اجزای ساختمان اهمیت می یابد.(فریدنی, ۱۳۹۵) طاقچه نوری یک سیستم غیر فعال کنترل نور روز است که از آن برای بهبود یکنواختی و بازتاب نور به عمق فضای اتاق استفاده می شود. یک طاقچه نوری افقی که به طور متوسط ۲۱٪ باعث افزایش روشنایی در فضای داخلی می شود. با تغییر زاویه طاقچه نوری خارجی به زاویه بهینه ، تا ۳۰۰٪ افزایش روشنایی حاصل می شود. در ۳۰٪ موارد، طاقچه های نوری افقی برای افزایش روشنایی در نزدیکی پنجره مشاهده می شوند، در نتیجه احتمال تابش نوردر فضا را افزایش می دهد. طاقچه نوری در جهت گیری جنوبی از عملکرد مناسبی برخوردار است و باعث توزیع نور مناسب تری در فضا می شود و با افزایش ابعاد طاقچه ی داخلی و خارجی به درصد نور روز مناسب هم افزایش می یابد، و از میزان نور روز مضاعف کلاس می کاهد. (قیابکلو, ۲۰۱۴) استفاده از سایه ها یکی از رویکردهای مؤثر در بار خنک کننده ساختمان است. سایه بان های ثابت تابش پرتو خورشیدی را در زمستان مسدود می کند. از طرف دیگر، دستگاه های سایه بان متحرک را می توان با زاویه بهینه نسبت به تغییر شرایط فضای بیرونی تنظیم کرد که در آن می توان کنترل مؤثرتری از اشعه پراکنده آسمان را بدست آورد. سایه بان متحرک افقی نیز بهینه ترین حالت را دارد و کمترین میزان مصرف انرژی سالانه را دارد. کل میزان مصرف انرژی در سایه بان های متحرک افقی، بهینه ترین گزینه در مقایسه با سایه بان های ثابت افقی کشویی است.(متینی, ۲۰۱۹)

در بخش اول تحقیق نسبت های یکنواختی برای مقادیر مشخص طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع سقف محاسبه شد و در بخش دوم پس از استخراج مقادیر بهینه برای طول و ارتفاع، نسبت های یکنواختی حاصل از این مقادیر بهینه محاسبه شد. تحقیقات پیشرو برای بررسی میزان یکنواختی نور در فضا در دوبخش انجام شد.

۲-طاقچه نوری

www.SID.ir

طاقچه نوری صفحه ای افقی یا مایل است که در چشم انداز پنجره قرار داده می شود و می تواند بیرونی، داخلی یا هر دو مورد باشد. طاقچه ی نوری به عنوان یک وسیله ی سایه انداز ورود نور مستقیم خورشید به اتاق را مسدود می کند و باعث کاهش گرما و تابش خورشید می شود. سطح بالایی طاقچه دارای بازتابنده است. طاقچه نور خورشید را به سقف و از آنجا به پشت اتاق منعکس می کند. از آن برای بهبود یکنواختی و بازتاب نور در عمق فضای اتاق استفاده می شود. مکانیزم طاقچه نوری به دریافت نور مستقیم خورشید بستگی دارد. بنابراین، ابعاد طاقچه نوری، مکان، بازتاب سطح بالایی ان وسطوح اتاق و هندسه سقف از عوامل مهمی است که بر عملکرد طاقچه نوری تأثیر گذاراند.(Freewan et al., ۲۰۰۸)

۳-مبانی تحقیق

مطالعات متعددی درمورد کارایی طاقچه ی نوری در توزیع نور انجام شده که در ادامه به تعدادی از آن ها اشاره می شود. دریکی از این تحقیق ها به بررسی پتانسیل های سایه اندازی و نور دهی سیستم های متعدد در اقلیم نیمه گرمسیری پرداخته شد و نتایج نشانگر این بود که حداکثر کارایی طاقچه ی نوری وقتی است که خورشید مستقیما به آن بتابد و استفاده از طاقچه ی نوری باعث کاهش کانتراست بین سطح روشنایی نزدیک پنجره و انتهای اتاق می شود. (Ochoa & Capeluto, ۲۰۰۶). تحقیق دیگری وابستگی عملکرد طاقچه ی نوری را به هندسه ی خورشید و میزان انعکاس سطوح بررسی کرد. این تحقیقات نشان داد که عملکرد طاقچه ی نوری به زاویه خورشید به تاریخ مورد بررسی وهمچنین انعکاس مدل وابسته است. (Claros & Soler, ۲۰۰۲; Soler & Oteiza, ۱۹۹۶, ۱۹۹۷) در پژوهش دیگری ثابت شد که طاقچه ی نوری باعث بهبود توزیع یکنواخت نور می شود اما در آب و هوای ابری این بهبود کوچک است و بیشترین بهبود در فصل تابستان اتفاق می افتد (Littlefair, Aizlewood, & Birtles, ۱۹۹٤) همچنین در تحقیق دیگری با استفاده از شبیه سازی تجربی و کامپیوتری پتانسیل بالای طاقچه ی نوری در بهبود یکنواختی، کاهش خیرگی و کنترل تابش مستقیم خورشید به اثبات رسید .(Littlefair, ۱۹۹٥) وزارت آموزش و پرورش در ایران حداقل میزان روشنایی بر روی سطح کار در هر نقطه ای از فضا را با نور روز۱۵۰ لوکس و با نور فلورسنت ۳۰۰ لوکس تعیین نموده است. در فضاهایی که نور ترکیبی مورد نیاز است از قبیل آزمایشگاه روشنایی نباید کمتر از ۲۰۰ لوکس باشد. (موذنی ، قیابکلو،۲۰۱۴)

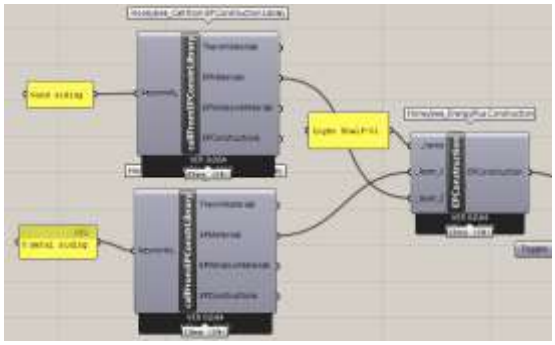
هدف از این تحقیق یافتن روش هایی برای بهبود یکنواختی درکلاسی با سیستم روشنایی طاقچه ی نوری بود تا در کنار کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بهبود محیط بصری، راندمان دانش اموزان را افزایش دهیم.

۴-مشخصات مدل استاندارد

کاربری انتخابی برای بررسی کلاس درس است و اقلیم مورد بررسی تبریز با عرض جغرافیایی۳۸,۰ و طول جغرافیایی ۴۶,۲ درجه است. اطلاعات آب و هوایی بر اساس فایل اقلیمی ایستگاه های هواشناسی تبریز در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه جهت گیری جنوب تا ۳۰ درجه شرقی برای دریافت انرژی خورشیدی بهترین است. جهت گیری رو به جنوب برای بررسی کارایی طاقچه نوری در یکنواختی نور انتخاب شد. ارتفاع سطح کار برای بررسی روشنایی ۷۵ سانتی متر درنظر گرفته شد. متریال انتخابی برای

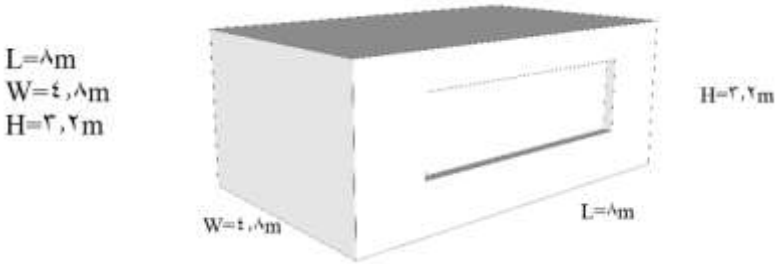
www.SID.ir

طاقچه ی نوری ۱ سانتی متر چوب است که بالای آن توسط ۱ میلیمتر فلز پوشیده شده است. استانداردهای مورد بررسی مبحث ۱۹، نشریه۶۹۷ برنامه و بودجه ، ضوابط فضاهای اموزشی سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس و... بودند. با توجه به استاندارد های مورد بررسی ابعاد زیر (شکل شماره ۱) برای مدل استاندارد به دست آمد.



شکل شماره (۱) : متریال طاقچه ی نوری

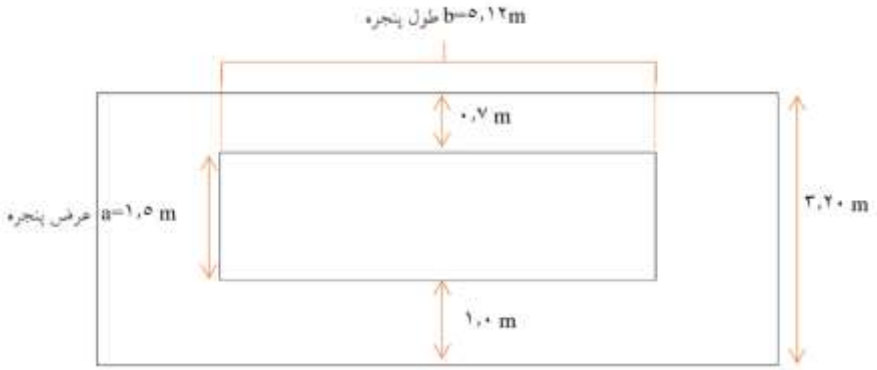
ا)ابعاد کلاس : براساس متوسط ابعاد یک کلاس درس با توجه به اینکه نسبت مطلوب بین ابعاد کلاس ۱:۱,۵:۲,۵ است، اگر طول کلاس ۸ متردر نظر بگیریم ابعاد زیر به دست می آید. (شکل شماره ۲)



شکل شماره (۲) : ابعاد کلاس مورد مطالعه

ب)پنجره: پنجره می بایست یک پنجم سطح کلاس یا ۳۰ درصد نمای خارجی باشد، در نتیجه با توجه به مرحله قبلی بایست مساحتی برابر ۷,۶۸ مترمربع داشته باشد. با توجه به اینکه O.K.B حداکثر می تواند تا ۱,۱۲ متر باشد میزان ۱ متر برگزیده شد. ارتفاع پنجره ۱,۵ متر و مرکز پنجره منطبق بر مرکز دیوار انتخاب شد. اطلاعات به صورت خلاصه در شکل شماره ۳ قابل مشاهده است.

www.SID.ir



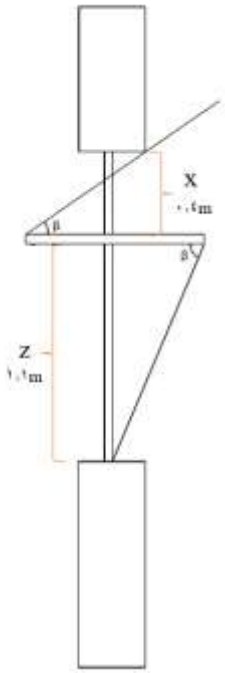
$$b = \frac{A_{\text{پنجره}}}{a} = \frac{۷.۶۸}{۱.۵} = ۵.۱۲$$

شکل شماره (۳) : ابعاد پنجره کلاس

ج)طاقچه ی نوری: برای تعیین طول طاقچه ی داخلی و خارجی از مبحث ۱۹ کمک گرفته شد.با توجه به این استاندارد در شهر تبریز در جهت جنوب نیاز به سایه بان افقی باβ=۶۲ درجه است در نتیجه مقادیر زیر برای طول طاقچه ی داخلی و خارجی به دست آمده است. فاصله طاقچه از بالای پنجره ۴۰ سانتی متر فرض شد (شکل۴). در تحقیقات بعدی تغییر ارتفاع طاقچه و تاثیر آن بر یکنواختی نور بررسی خواهد شد.

$$\text{طول طاقچه ی درونی} = z = \frac{۰.۴}{۱.۸۸} = ۰.۲۱$$

$$\text{طول طاقچه ی بیرونی} = x = \frac{۱.۱۰}{\tan ۶۲} = ۰.۵۸$$

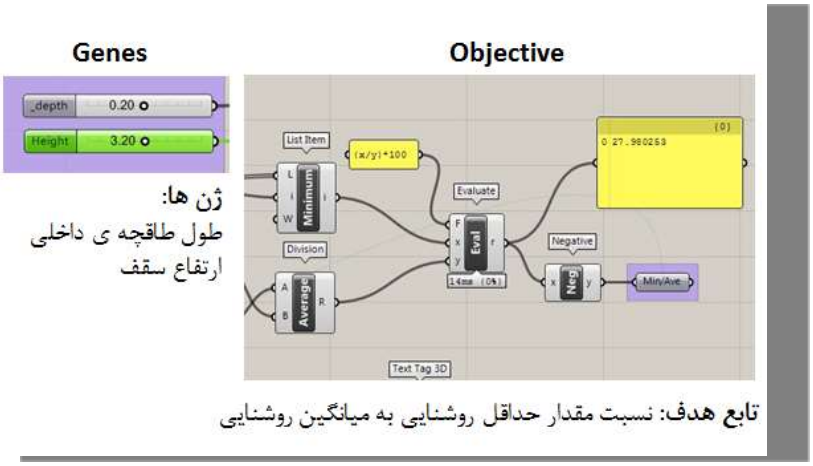


www.SID.ir

شکل شماره (۴) : طول طاقچه ی داخلی و خارجی

۵-ژن و هدف بهینه سازی معرفی شده به پلاگین اختاپوس

برای شبیه سازی روشنایی از پلاگین های هانی بی و لیدی باگ استفاده شد وبهینه سازی با پلاگین اختاپوس انجام شد. تابعی که میزان حداقل روشنایی را برمیانگین روشنایی تقسیم می کند به عنوان تابع هدف به اختاپوس معرفی شد. (شکل شماره (۵) ، جدول شماره (۱))



شکل شماره (۵) : ژن و هدف بهینه سازی معرفی شده به پلاگین اختاپوس

جدول شماره (۱) : بازه ی ژن های معرفی شده به پلاگین اختاپوس

دسته	بازه ی ژن (متر)		
ارتفاع سقف	۳,۰۰	۳,۲۰	۳,۴۰
طول طاقچه ی داخلی	۰,۰۰	۰,۲۰	۰,۴۰

۶-روش تحقیق

تحقیقات پیشرو برای بررسی میزان یکنواختی نور در فضا در دوبخش انجام شد در بخش اول تنها به استخراج روشنایی برای مقادیر مشخص طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع سقف پرداخته شد ونسبت یکنواختی ساعتی،روزانه وکل محاسبه شد و در بخش دوم پس از استخراج مقادیر بهینه برای طول و ارتفاع ،روشنایی حاصل از این مقادیر بهینه توسط نرم افزار استخراج ونسبت های یکنواختی

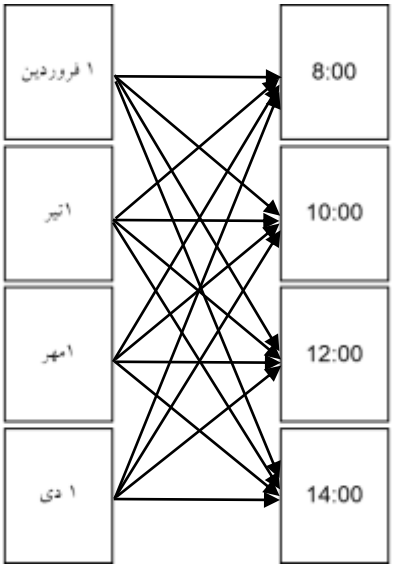
www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه شد. متغیر وابسته ارتفاع کلاس و طول طاقچه داخلی، کتغیر مستقل ۴ روز از سال (۱فروردین، ۱تیر، ۱مهر و ۱دی) در ۴ ساعت (۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۴:۰۰، ۱۶:۰۰) برای هر روز انتخاب گردید. (شکل شماره (۶) ، جدول شماره (۲))

جدول شماره (۲) : نام و نوع متغیر

نام متغیر	نوع متغیر
روز	کمی - گسسته
ساعت	کمی - پیوسته
ارتفاع سقف	کمی - پیوسته
طول طاقچه	کمی - پیوسته
مکان برداشت	کیفی - گسسته



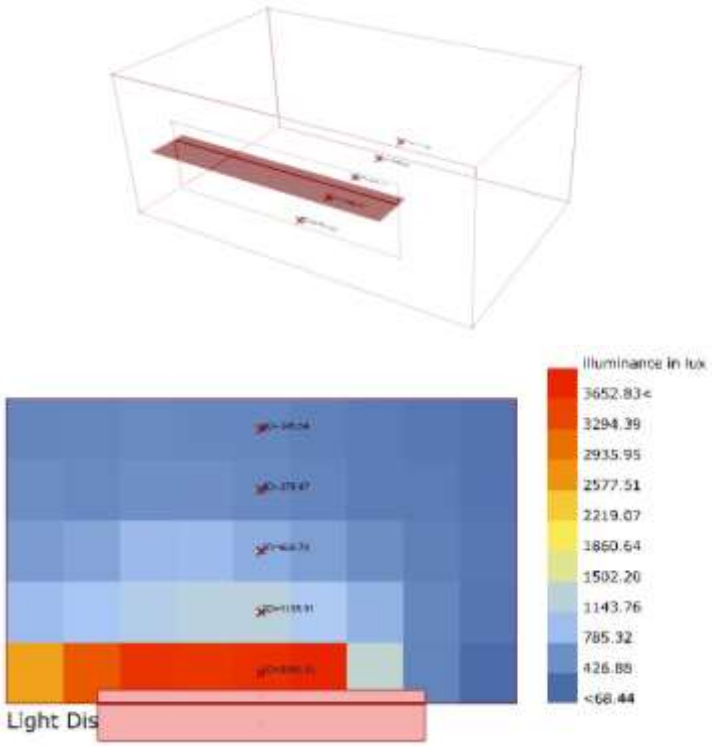
www.SID.ir

شکل شماره (۶) : حالات مختلف مورد بررسی

۷-نحوه ی برداشت داده ها

بخش اول:

در مرحله ی اول برای محاسبه میزان یکنواختی نور در فضا برای مقادیر مشخص طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع سقف ،روشنایی به لوکس در ۵ فاصله از پنجره(۱D تا ۵D)در وسط کلاس در ۴ ساعت و۴ روز جمعا ۱۶ ساعت استخراج شد. (شکل شماره (۷))



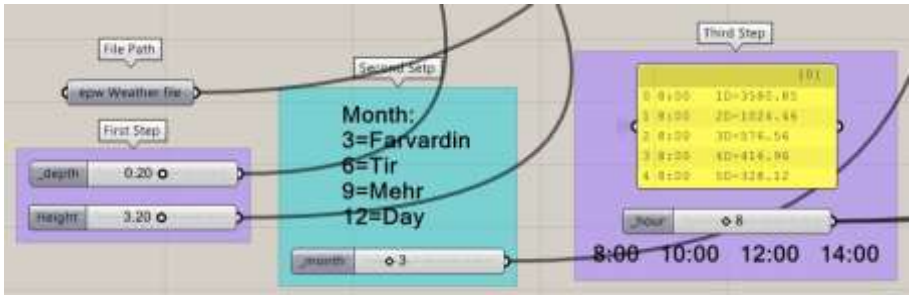
شکل شماره (۷) : استخراج سطح روشنایی در ۵ فاصله: ۱D-۲D-۳D-۴D-۵D

روز ها و ساعات انتخابی به نحوی انتخاب شده اند که نماینده خوبی از ساعات اشغال فضای کلاس درس در کل سال باشند.

زمان شبیه سازی: انالیز نوری در۴ روز سال و ۴ ساعت روز

- ماه: ۱فروردین-۱تیر-۱مهر-۱دی
- ساعات: ۸:۰۰ -۱۰:۰۰-۱۲:۰۰-۱۴:۰۰

www.SID.ir



شکل شماره (۸) : روز ها و ساعات انتخابی مورد مطالعه

در مرحله دوم پس از استخراج روشنایی، "نسبت یکنواختی " که عبارت است از نسبت حداقل روشنایی به میانگین روشنایی برای هر ساعت به صورت مجزا محاسبه شد.افزایش نسبت یکنواختی به معنای بهبود یکنواختی نور اتاق است. (جدول شماره (۳)) (Freewan et al., ۲۰۰۸) در مرحله ی سوم مقدار روشنایی در هرکدام از فواصل برای ۴ ساعت در روزمشخص میانگین گیری شد و نسبت یکنواختی برای میانگین روشنایی روزانه محاسبه شد که بیانگر میزان یکنواختی در روز مورد نظر است. (جدول شماره (۳))

$$\text{نسبت یکنواختی} = \frac{\text{حداقل روشنایی}}{\text{میانگین روشنایی}}$$

جدول شماره (۳) : محاسبه نسبت یکنواختی در حالت طول طاقچه داخلی و ارتفاع سقف کاذب استاندارد (L۰,۲۰_C۳,۲۰) برای روز اول فروردین در ساعات ۸:۰۰-۱۰:۰۰-۱۲:۰۰-۱۴:۰۰

روز	ساعت	۱D	۲D	۳D	۴D	۵D	کمترین	بیشترین	میانگین	نسبت یکنواختی
۱ فروردین	۰۸:۰۰	۳۵۳۸,۵۴	۱۰۹۷,۴	۵۹۳,۸	۴۱۴	۳۳۲,۸۵	۳۳۲,۸۵	۳۵۳۸,۵۴	۱۱۹۵,۳۱۸	۰,۲۷۸۴۶۱
	۱۰:۰۰	۱۰۲۰۶,۵۸	۲۵۵۶,۸۳	۱۵۲۶,۸۱	۸۵۶,۵۳	۷۱۰,۷۸	۷۱۰,۷۸	۱۰۲۰۶,۵۸	۳۱۷۸,۷۰۶	۰,۲۲۳۶۰۷
	۱۲:۰۰	۱۳۳۲۴,۹۳	۳۴۴۷,۵۴	۱۹۴۱,۶۳	۱۲۱۳,۵۱	۸۶۶,۳۳	۸۶۶,۳۳	۱۳۳۲۴,۹۳	۴۱۵۸,۷۸۸	۰,۲۰۸۳۱۳
	۱۴:۰۰	۱۰۲۸۴,۳۷	۳۱۹۷,۵	۱۵۷۲,۸۳	۱۰۴۵,۲	۷۴۴,۷۵	۷۴۴,۷۵	۱۰۲۸۴,۳۷	۳۴۰۴,۹۳	۰,۲۱۸۷۲۷
	میانگین روزانه	۹۳۳۸,۶۰۵	۲۵۷۴,۸۱۸	۱۴۶۲,۷۶۸	۸۸۲,۳۱	۶۶۳,۶۷۷۵	۶۶۳,۶۷۷۵	۹۳۳۸,۶۰۵	۲۹۸۴,۴۳۶	۰,۲۲۲۳۸

www.SID.ir

Archive of SID

و در مرحله ی اخر این میانگین گیری در نقاط مورد بررسی یرای کل ۱۶ ساعت محاسبه شد ونسبت یکنواختی کل به دست آمد.
(جدول شماره (۴))

جدول شماره (۴): محاسبه نسبت یکنواختی کل در حالت طول طاقچه داخلی و ارتفاع سقف کاذب استاندارد (L۰,۲۰_C۳,۲۰)

روز	ساعت	۱D	۲D	۳D	۴D	۵D	کمترین	بیشترین	میانگین	نسبت یکنواختی
۱ فروردین	۰۸:۰۰	۳۵۳۸,۵۴	۱۰۹۷,۴	۵۹۳,۸	۴۱۴	۳۳۲,۸۵	۳۳۲,۸۵	۳۵۳۸,۵۴	۱۱۹۵,۳۱۸	۰,۲۷۸۴۶۱
	۱۰:۰۰	۱۰۲۰۶,۵۸	۲۵۵۶,۸۳	۱۵۲۶,۸۱	۸۵۶,۵۳	۷۱۰,۷۸	۷۱۰,۷۸	۱۰۲۰۶,۵۸	۳۱۷۸,۷۰۶	۰,۲۲۳۶۰۷
	۱۲:۰۰	۱۳۳۲۴,۹۳	۳۴۴۷,۵۴	۱۹۴۱,۶۳	۱۲۱۳,۵۱	۸۶۶,۳۳	۸۶۶,۳۳	۱۳۳۲۴,۹۳	۴۱۵۸,۷۸۸	۰,۲۰۸۳۱۳
	۱۴:۰۰	۱۰۲۸۴,۳۷	۳۱۹۷,۵	۱۵۷۲,۸۳	۱۰۴۵,۲	۷۴۴,۷۵	۷۴۴,۷۵	۱۰۲۸۴,۳۷	۳۴۰۴,۹۳	۰,۲۱۸۷۲۷
	میانگین روزانه	۹۳۳۸,۶۰۵	۲۵۷۴.۸۱۸	۱۴۶۲,۷۶۸	۸۸۲,۳۱	۶۶۳,۶۷۷۵	۶۶۳,۶۷۷۵	۹۳۳۸,۶۰۵	۲۹۸۴,۴۳۶	۰,۲۲۲۳۸
۱تیر	۰۸:۰۰	۱۶۵۵,۴۲	۱۱۵۸,۸۹	۷۱۲,۱۹	۵۳۳	۳۷۵,۵۳	۳۷۵,۵۳	۱۶۵۵,۴۲	۸۸۷,۰۰۶	۰,۴۲۳۳۶۸
	۱۰:۰۰	۳۳۳۳,۲	۲۲۵۵,۶۲	۱۳۹۳,۷	۸۱۲,۴	۵۶۰,۶	۵۶۰,۶	۳۳۳۳,۲	۱۶۷۱,۱۰۴	۰,۳۳۵۴۶۷
	۱۲:۰۰	۴۱۲۸,۸۹	۲۳۷۸,۶۸	۱۳۱۶,۷۸	۹۴۳,۶	۷۱۰.۸۴	۷۱۰,۸۴	۴۱۲۸,۸۹	۱۸۹۵,۷۵۸	۰,۳۷۴۹۶۳
	۱۴:۰۰	۳۷۱۸,۳۴	۲۴۱۲,۸	۱۳۳۱,۹	۸۱۸,۹۶	۶۳۸,۶۳	۶۳۸,۶۳	۳۷۱۸,۳۴	۱۷۸۴,۱۲۶	۰,۳۵۷۹۵۱
	میانگین روزانه	۳۲۰۸,۹۶۳	۲۰۵۱,۴۹۸	۱۱۸۸,۶۴۳	۷۷۶,۹۹	۵۷۱,۴	۵۷۱,۴	۳۲۰۸,۹۶۳	۱۵۵۹,۴۹۹	۰,۳۶۶۴
۱مهر	۰۸:۰۰	۶۱۷۹,۶۹	۱۳۳۱,۳۴	۷۷۷,۷۷	۴۵۵,۰۴	۳۷۱,۷	۳۷۱,۷	۶۱۷۹,۶۹	۱۸۲۳,۱۰۸	۰,۲۰۳۸۸۳
	۱۰:۰۰	۴۸۰۸,۹۵	۳۰۱۷,۰۹	۱۶۹۱,۴۱	۱۱۶۱,۷۲	۷۷۰,۷۴	۷۷۰,۷۴	۴۸۰۸,۹۵	۲۲۸۹,۹۸۲	۰,۳۳۶۵۷
	۱۲:۰۰	۵۹۷۹	۳۷۵۴,۱۱	۲۳۲۴,۴۱	۱۲۹۶,۰۸	۹۹۸,۱۱	۹۹۸,۱۱	۵۹۷۹	۲۸۷۰,۳۴۲	۰,۳۴۷۷۳۲
	۱۴:۰۰	۵۱۸۱,۸۳	۳۲۱۰,۲۲	۱۶۳۰,۲	۱۰۲۷,۰۲	۸۱۹,۶۹	۸۱۹,۶۹	۵۱۸۱,۸۳	۲۳۷۳,۷۹۲	۰,۳۴۵۳۰۸
	میانگین روزانه	۵۵۳۷,۳۶۸	۲۸۲۸,۱۹	۱۶۰۵,۹۴۸	۹۸۴,۹۶۵	۷۴۰,۰۶	۷۴۰,۰۶	۵۵۳۷,۳۶۸	۲۳۳۹,۳۰۶	۰,۳۱۶۳۵۹

www.SID.ir

Archive of SID

۰,۴۲۷۸۹۴	۴۲۳,۶۱	۱۰۴۰,۶۹	۱۸۱,۲۶	۱۸۱,۲۶	۲۱۷,۵۵	۲۷۱,۸۲	۱۰۴۰,۶۹	۴۰۶,۷۳	۰۸:۰۰	۱دی
۰,۲۷۹۲۱۹	۳۲۷۸,۷۸۴	۶۲۷۰,۷۷	۹۱۵,۵	۹۱۵,۵	۴۷۲۴,۵۷	۱۸۸۲,۹۸	۶۲۷۰,۷۷	۲۶۰۰,۱	۱۰:۰۰	
۰,۲۸۸۹۵۳	۴۵۱۸,۳۱	۸۹۶۸,۳۳	۱۳۰۵,۵۸	۱۳۰۵,۵۸	۱۵۶۶,۳۴	۲۲۶۷,۲۲	۸۴۸۴,۰۸	۸۹۶۸,۳۳	۱۲:۰۰	
۰,۲۶۲۳۶۸	۳۰۸۰,۰۵۸	۵۶۵۲,۲۹	۸۰۸,۱۱	۸۰۸,۱۱	۴۳۲۴,۰۳	۱۷۳۱,۲۳	۵۶۶۲,۲۹	۲۸۸۴,۶۳	۱۴:۰۰	
۰,۲۸۴۰۹۱	۲۸۲۵,۱۹۱	۵۳۶۱,۹۵۸	۸۰۲,۶۱۲۵	۸۰۲,۶۱۲۵	۲۷۰۸,۱۲۳	۱۵۳۸,۳۱۳	۶۳۶۱,۹۵۸	۳۷۱۴,۹۴۸	میانگین روزانه	
۰,۲۸۶۱۱۷	۲۴۲۷,۱۰۸	۵۴۴۹,۹۷۱	۶۹۴,۴۳۷۵	۶۹۴,۴۳۷۵	۱۳۳۸,۰۹۷	۱۴۴۸,۹۱۸	۳۲۰۴,۱۱۶	۵۴۴۹,۹۷۱	میانگین کل	

این مرحله برای طول و ارتفاع های مشخص زیر انجام شد. ابتدا طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع کلاس مدل استاندارد به عنوان ورودی به نرم افزار داده شد و نسبت یکنواختی ساعتی، روزانه و کل محاسبه شد. سپس تاثیر کاهش یا افزایش ۲۰ سانتی متری ارتفاع سقف نسبت به حالت استاندارد برروی یکنواختی نور در فضا بررسی شد. ودرنهایت تاثیر کاهش یا افزایش ۲۰ سانتی متری طول طاقچه ی داخلی نسبت به حالت استاندارد برروی یکنواختی نور در فضا بررسی شد.

به طور خلاصه:

۱. L۰,۲۰_C۳,۲۰
۲. L۰,۲۰_C۳,۰۰/C۳,۴۰
۳. L۰,۰۰/L۰,۴۰_C۳,۲۰

بخش دوم:

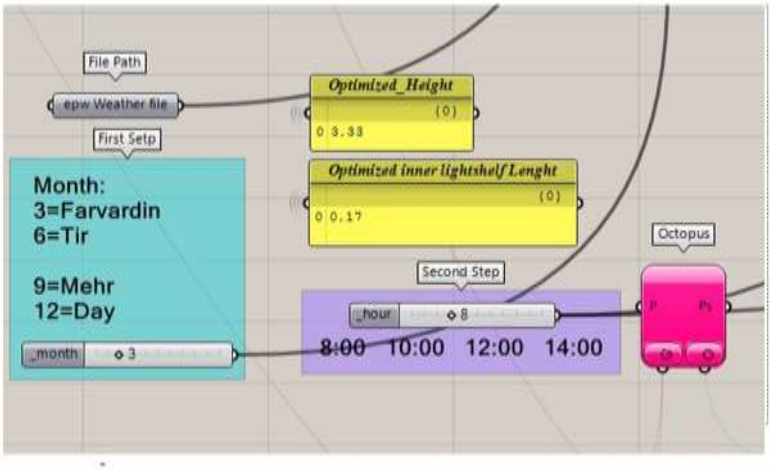
ودر انتها بهینه سازی برای یافتن مقادیر بهینه طول و ارتفاع برای حصول حداکثر یکنواختی نور در هرکدام از ساعات موردنظر صورت گرفت (شکل شماره (۹)) و در مرحله ی بعد نسبت یکنواختی برای مقادیر بهینه مشابه آن چه در بالا گفته شد محاسبه شد. (جدول شماره (۵))

جدول شماره (۵): مقادیر بهینه طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع سقف در هرکدام ازساعات روز ۱ فروردین و محاسبه ی نسبت های یکنواختی

ساعت	طول طاقچه داخلی و	۱D	۲D	۳D	۴D	۵D	کمتری ن	بیشترین	میانگین	نسبت یکنواختی

www.SID.ir

	ارتفاع سقف کاذب (متر)									
۰۸:۰۰	L۰,۱۴_C۳,۲۶	۳۵۶۲,۹۳	۱۱۶۴	۶۳۷,۶۸	۴۱۰,۴۳	۳۲۲,۵۷	۳۲۲,۵۷	۳۵۶۲,۹۳	۱۲۱۹,۵۲۲	۰,۲۶۴۵۰۵
۱۰:۰۰	L۰,۳۳_C۳,۰۷	۱۰۰۵۴,۵۹	۲۱۲۰,۶۶	۱۳۰۱,۰۲	۸۲۶,۳۸	۶۳۲,۶۸	۶۳۲,۶۸	۱۰۰۵۴,۵۹	۲۹۸۷,۰۶۶	۰,۲۱۱۸۰۷
۱۲:۰۰	L۰,۳۴_C۳,۳۰	۱۳۲۱۴,۱۱	۲۷۲۹,۶۴	۱۶۹۴,۴۵	۱۰۱۴,۳۵	۸۰۸,۲۲	۸۰۸.۲۲	۱۳۲۱۴,۱۱	۳۸۹۲,۱۵۴	۰,۲۰۷۶۵۴
۱۴:۰۰	L۰,۲۲_C۳,۰۷	۱۰۴۲۶,۲۵	۲۹۴۳,۱	۱۵۷۰,۱۴	۹۶۳,۷	۷۵۴,۲۹	۷۵۴,۲۹	۱۰۴۲۶,۲۵	۳۳۳۱,۴۹۶	۰,۲۲۶۴۱۲
میانگین روزانه		۹۳۱۴,۴۷	۲۲۳۹,۳۵	۱۳۰۰,۸۲۳	۸۰۳,۷۱۵	۶۲۹,۴۴	۶۲۹,۴۴	۹۳۱۴,۴۷	۲۸۵۷,۵۶	۰,۲۲۰۲۷۲



شکل شماره (۹): ارتفاع و طول بهینه برای ساعت ۸:۰۰ روز اول فروردین

۸-نرم افزار تحلیل

www.SID.ir

در این تحقیق از نرم افزار Rhino و پلاگین Grasshopper برای مشابه سازی و مدل سازی استفاده شد. مدل های بهینه با بهره گیری از ابزار بهینه یابی گرس هاپر به نام اختاپوس که بر مبنای الگوریتم ژنتیک است، حاصل می شود، پلاگین اختاپوس توسط بهینه یابی چند هدفه، بهترین پاسخ متعادل بین هدف ها را معرفی می کند. یکی از پلاگین های مورد استفاده در مباحث انرژی با گرس هاپر ، هانی بی (Honeybee) می باشد، که با اتصال به موتورهای محاسباتی انرژی پلاس، رادیانس، دی سیم و اوپن استودیو، فضای قدرتمندی را در اختیار کاربر و طراح قرار می دهد. هانی بی، پلاگینی است برای تحلیل روشنایی و نور روز، مدل سازی برای بهینه سازی مصرف انرژی، شبیه سازی حرارتی و بارهای ساختمان، برآورد هزینه ها، ایجاد دیتیل های اجرایی جداره ها، نوع سیستم مکانیکی، برنامه زمان بندی و نوع فعالیت و به طور کلی می توان گفت این پلاگین در برگیرنده تمامی جزئیات برای شبیه سازی و بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان است.

۹-نتایج حاصل از پژوهش

درجدول زیر نسبت یکنواختی کل وروزانه برای طول طاقچه داخلی وارتفاع سقف مشخص مقایسه شده است. بیشترین میزان یکنواختی نور در تیر ماه و کمترین در فروردین ماه حاصل شد. باتوجه به یکسان بودن وضعیت خورشید در مهر و فروردین این کاهش می تواند به علت وضعیت آسمان رخ داده باشد.

ترتیب از نظر نسبت یکنواختی نور در فضا: ۱فروردین<۱دی<۱مهر<۱ تیر

نسبت یکنواختی روزانه وکل برای طول طاقچه و ارتفاع سقف مشخص(جدول شماره (۶))

جدول شماره (۶) : نسبت یکنواختی روزانه وکل برای طول طاقچه و ارتفاع سقف مشخص

		۱ فروردین	۱ تیر	۱ مهر	۱ دی	میانگین کل
تغییرات سقف	L۰,۲۰_C۳,۰۰	۰,۲۱۰۶	۰,۳۶۴۵	۰,۲۸۷۸	۰,۲۷۶۲	۰,۲۷۳۳
	L۰,۲۰_C۳,٤۰	۰,۲۱۸۹	۰,۳۸۶۱	۰,۳۱۰۲	۰,۲۸۴۹	۰,۲۸۶۹
حالت استاندارد	L۰,۲۰_C۳,۲۰	۰,۲۲۲۴	۰,۳۶۶۴	۰,۳۱۶۴	۰,۲۸۴۱	۰,۲۸۶۱
تغییرات طول طاقچه	L۰,۰۰_C۳,۲۰	۰,۲۱۰۱	۰,۳۴۱۳	۰,۳	۰,۲۸۷۶	۰,۲۷۶۲
	L۰,٤۰_C۳,۲۰	۰,۲۲۴۷	۰,۳۹۹۲	۰,۳۲۶	۰,۲۵۹۶	۰,۲۸۶۴

www.SID.ir

مقایسه ی نسبت یکنواختی روزانه برای سقف و طاقچه ی مشخص نشان دهنده ی این بود که میزان یکنواختی نور ایجاد شده به وسیله ی طاقچه ی نوری در فضا بستگی به وضعیت آسمان (صاف یا ابری بودن) و هندسه خورشید دارد. هر چه آسمان صاف تر و خورشید مرتفع تر باشد کارایی طاقچه برای افزایش یکنواختی نور بیشتر است. (جدول شماره (۷))

جدول شماره (۷) : تغییر طول طاقچه داخلی در سقف استاندارد C۳,۲۰ و تغییر ارتفاع سقف در طول طاقچه ی داخلی استاندارد L۰,۲۰

Inner Lightshelf Length Change in Standard Ceiling Height_C۳,۲۰			
	L۰,۰۰	L۰,۲۰	L۰,۴۰
Uniformity Ratio	۰,۲۷۶۲	۰,۲۸۶۱	۰,۲۸۶۴
Class Height Change in Standard inner Lightshelf_L۰,۲۰			
	C۳,۰۰	C۳,۲۰	C۳,۴۰
Uniformity Ratio	۰,۲۷۳۳	۰,۲۸۶۱	۰,۲۸۶۹

حذف طاقچه ی داخلی و یا کاهش ۲۰ سانتی متری ارتفاع سقف هر کدام به تنهایی تاثیر منفی بر یکنواختی نور در مدل استاندارد داشتند. افزایش ارتفاع به مقدار ۲۰ سانتی متر به تنهایی یا افزایش طول طاقچه ی داخلی به همین میزان تاثیر اندک مثبتی بر میزان یکنواختی نور در فضا داشتند.

یک ایده می تواند این باشد که سقف و طول طاقچه مانند موجودی زنده خودشان را با محیط تطبیق دهند تا حداکثر یکنواختی را در فضا ایجاد کنند. به این منظور نسبت یکنواختی کل برای مقادیر بهینه در هر ۱۶ساعت محاسبه شد. درجدول زیر نسبت یکنواختی کل برای خودتطبیقی، طاقچه ی داخلی ۴۰ سانتی متری و سقف ۳,۴۰ متری مقایسه شده است. (جدول شماره (۸))

جدول شماره (۸): نسبت یکنواختی کل

Total Uniformity Ratio		
Auto Adjustment	C۳,۴۰	L۰,۴۰
۰,۲۸۸۷	۰,۲۸۶۹	۰.۲۸۶۴

با وجود این که خود تطبیقی بیشترین میزان یکنواختی نور در فضا را ایجاد می کند و از این نظر سهم بیشتری در کاهش مصرف انرژی الکتریکی دارد ولی در صورت ایجاد سر و صدا در حین تطبیق می تواند باعث کاهش راندمان دانش اموزان شود و ازطرفی ممکن است به دلیل هزینه های اولیه و نگه داری غیر اقتصادی باشد.

www.SID.ir

افزایش طول طاقچه وارتفاع سقف به عنوان یک روش غیرفعال اقتصادی اند. افزایش ۲۰ سانتی متر در ارتفاع سقف نسبت به طول طاقچه ی داخلی تاثیر بیشتری در یکنواختی نور در فضا ایجاد کرد.

۱۰-بحث و نتیجه‌گیری

در کلاسی با مشخصات مشابه در صورت افزایش ۶,۲۵٪ ارتفاع کلاس نسبت به حالت استاندارد می توان تاثیر مثبتی را بر میزان یکنواختی نور در فضا ایجاد کرد. همچنین افزایش ۵۰٪ طول طاقچه ی داخلی نسبت به حالت استاندارد تاثیر مثبتی در افزایش یکنواختی نور خواهد گذاشت که در مقایسه با افزایش ارتفاع سقف کمتر است. میزن یکنواختی نور ایجاد شده بوسیله ی طاقچه ی نوری در فضا نشان می دهد هر چه آسمان صاف تر و خورشید مرتفع تر باشد کارایی طاقچه برای افزایش یکنواختی نور بیشتر است، همانطور که میزان یکنواختی نور در روز اول تیر بیشتر از روز اول دی محاسبه گردیده است. خود تطبیقی بیشترین میزان یکنواختی را موجب می شود سیستمی که در هر ساعت یا حداقل در بازه های زمانی مشخص روزانه یا ماهانه خود را به نحوی تغییر دهد که یکنواختی در فضا در ان بازه زمانی حداکثر باشد اما تاثیر این سیستم در صورت تغییر ساعتی بر راندمان دانش اموزان و همچنین هزینه های مربوط به این نوع سیستم ها باید بررسی شود.

۱۱-در آینده

در تحقیقات اینده موارد زیر بررسی خواهد شد:

تاثیر همزمان افزایش طول طاقچه ی داخلی و ارتفاع سقف بر روی یکنواختی نور در فضا

طول وارتفاع بهینه برای حصول حداکثر یکنواختی در سال محاسبه خواهد شد

این که افزایش ارتفاع سقف یا طول طاقچه ی داخلی تا چه میزان تاثیر مثبتی روی یکنواختی نور در فضا خواهد گذاشت

تغییر ارتفاع O.K.B طاقچه و تاثیر آن بر یکنواختی نور

Claros, S.-T., & Soler, A. (۲۰۰۲). Indoor daylight climate–influence of light shelf and model reflectance on light shelf performance in Madrid for hours with unit sunshine fraction. *Building and Environment*, ۳۷(٦), ٥٨٧-٥٩٨. doi:https://doi.org/١٠.١٠١٦/S٠٣٦٠-١٣٢٣(٠١)٠٠٠٧٤-٩

Freewan, A. A., Shao, L., & Riffat, S. (۲۰۰۸). Optimizing performance of the lightshelf by modifying ceiling geometry in highly luminous climates. *Solar Energy*, ٨٢(٤), ٣٤٣-٣٥٣. doi:https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.solener.٢٠٠٧,٠٨,٠٠٣

Heschong, L. (١٩٩٩). *Daylighting in Schools An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance Condensed Report*.

www.SID.ir

Leslie, R. P. (۲۰۰۳). Capturing the daylight dividend in buildings: why and how? *Building and Environment*, ۳۸(۲), ۳۸۱-۳۸۵. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/S۰۳٦۰-۱۳۲۳(۰۲)۰۰۱۱۸-X

Littlefair, P. J. (۱۹۹۵). Light shelves: Computer assessment of daylighting performance. *International Journal of Lighting Research and Technology*, ۲۷(۲), ۷۹-۹۱. doi:۱۰,۱۱۷۷/۱٤۷۷۱٥۳٥۹٥۰۲۷۰۰۲۰۲۰۱

Littlefair, P. J., Aizlewood, M. E., & Birtles, A. B. (۱۹۹٤). The performance of innovative daylighting systems. *Renewable Energy*, ٥(٥), ۹۲۰-۹۳٤. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/۰۹٦۰-۱٤۸۱(۹٤)۹۰۱۱۳-۹

Ochoa, C. E., & Capeluto, I. G. (۲۰۰٦). Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting systems for deep office buildings in highly luminous climates. *Building and Environment*, ٤۱(۸), ۱۱۲۸-۱۱۳٥. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.buildenv.۲۰۰٥,۰٥,۰۰۱

Peter Boyce, C. H. a. O. H. (۲۰۰۳). The Benefits of Daylight through Windows. *Lighting Research Center,Rensselaer Polytechnic Institete,Troy,New york*.

Soler, A., & Oteiza, P. (۱۹۹٦). Dependence on solar elevation of the performance of a light shelf as a potential daylighting device. *Renewable Energy*, ۸(۱), ۱۹۸-۲۰۱. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/۰۹٦۰-۱٤۸۱(۹٦)۸۸۸٤٥-۸

Soler, A., & Oteiza, P. (۱۹۹۷). Light shelf performance in Madrid, Spain. *Building and Environment*, ۳۲(۲), ۸۷-۹۳. doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/S۰۳٦۰-۱۳۲۳(۹٦)۰۰٤۷-۹

احمدی تدوشن, م., & ضیابخش, ن. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر نور در محیط های آموزشی، نمونه موردی: دبیرستان دخترانه قدس. Paper presented at the اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار. https://civilica.com/doc/۲٦٦٦٦۰

خانمحمدی, م., پوراحمدی, م., & مظفر, ف. (۲۰۱۹). بهینه سازی بازشوهای ساختمانی بر اساس عملکرد خیرگی در ساختمان های آموزشی اقلیم گرم و خشک ایران. معماری و شهرسازی پایدار, ۷(۱), ۱۱۳-۱۲۸. doi:۱۰,۲۲۰٦۱/jsaud.۲۰۱۹,٤۳٦۲,۱۳۰۲

فریدنی, ع. ش. ن. ع. (۱۳۹٥). نقش فرم سقف درکاهش هدر رفت انرژی با معیار انرژی تابشی دریافتی. معماری و شهرسازی پایدار, دوره ٤، شماره ۲, ٦٥-۷٤.

قیابکلو, م. ح. م. ز. (۲۰۱٤). شبیه سازی میزان توزیع نور روز و چشم زدگی با به کارگیری "طاقچه نوری" در فضای آموزشی. *۲nd International Congress on Structure , Architecture and Urban Development*.

متینی, م. ر. ی. ش. م. (۲۰۱۹). Horizontal and Vertical Movable Drop-Down Shades Performance in Double Skin Facade of Office Buildings; Evaluation and Parametric Simulation. *Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*, ۹(۲), ۱۳٥-۱٤٤.

www.SID.ir