DOI: 10.30495/HOVIATSHAHR.2021.15863

صفحات ۸۸-۷۳

بررسی تأثیر مؤلفه‌های کاربردی مؤثر در طراحی پنجره کلاس‌های دروس عملی با تاکید بر استفاده بهینه از بازتابش نور روز در تهران*

دکتر سارا سادات کارگر**، دکتر مهناز محمودی زرندی ***، دکتر مهدی خاک زند****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴

چکیده

کیفیت نور روز از مهم‌ترین عوامل کیفی طراحی فضاهای آموزشی است که تأثیر بسیاری بر کارایی دانش‌آموزان دارد. هدف مقاله حاضر بررسی تأثیر مؤلفه‌های کاربردی پنجره بر بهره‌گیری مناسب از نور روز و کیفیت روشنایی در شرایط گوناگون می‌باشد. متغیرهای اصلی در این تحقیق؛ جهت، مساحت پنجره و انعکاس مصالح هستند که به‌عنوان عوامل مورد تحلیل در طرح خیرگی و کیفیت روشنایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و ازنظر نوع تحقیق توصیفی - کمی می‌باشد. روش تحقیق تحلیلی - عددی بر مبنای مدل‌سازی رایانه‌ای است. نمونه پایه‌ای تحقیق یک کلاس متداول دروس عملی در تهران است، کیفیت روشنایی آن در جهات مختلف در اولین روز هر ماه بررسی شده و سپس تأثیر ابعاد پنجره کلاس توسط نرم‌افزار دیالوکس ارزیابی می‌گردد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد رابطه دقیقی میان جهت استقرار پنجره، مساحت نور گذر و بافت مصالح وجود دارد که تأثیر عمده‌ای بر عمق نفوذ نور و ایجاد خیرگی و کیفیت روشنایی در کلاس می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی

نور روز، خیرگی، کیفیت روشنایی، پنجره.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری سارا سادات کارگر با عنوان «ارائه مدل مفهومی کاربردی طراحی مدارس ابتدایی اقلیم گرم و خشک ایران با تاکید بر عوامل کالبدی مؤثر در استفاده بهینه از نور روز» در دانشگاه آزاد تهران شمال، با راهنمایی خانم دکتر مهناز محمودی زرندی و مشاور آقای دکتر مهدی خاک زند است.

**دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده فنی مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
Email: sarah_kgr@yahoo.com

***دانشیار، گروه معماری، دانشکده فنی مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)
Email: mahnaz_mahmoody@yahoo.com

**** دانشیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران. Email: mkhakzand@iust.ac.ir

مقاله پژوهشی- کاربردی

© 2021 IAU

ISSN 17359562

مقدمه

یکی از این عوامل کیفی، توجه به نور روز است. قرارگرفتن در معرض نور روز مناسب، تأثیر بسیاری بر سلامت جسم و روح انسان دارد. مطالعات بسیاری در این زمینه انجام شده است که در بخش بعد به آن اشاراتی می‌شود. توجه به عوامل کیفی محیط زندگی و از آن جمله نور روز، در شهرهایی مثل تهران، به دلیل تراکم و فشردگی بناها و نیز وجود ذرات معلق و آلاینده هوا که باعث کاهش دسترسی به نور روز مناسب می‌شود، حیاتی‌تر است. (احدی, خانمحمدی،۱۳۹۳) کلاس‌ها باید به دنبال ایجاد محیطی مناسب روح‌بخش شاد و جذاب باشند. توجه به نور و روشنایی در طراحی فضاهای کلاس بسیار مهم است. یکی از ویژگی‌های مهم روشنایی این است که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم می‌باشد. توزیع مناسب روشنایی باعث وضوح در دیدن اجسام می‌شود و وضوح بیشتر و یا کمتر به روشنایی بستگی دارد. توزیع نامناسب نور باعث پدیده خیرگی می‌شود که نور ناخواسته در زمینه بصری است. روشنایی خوب علاوه بر ایجاد زمینه برای یک دید خوب، باعث می‌شود کارها آسان‌تر و راحت انجام گیرد؛ بنابراین، توزیع مناسب روشنایی‌های مختلف (مستقیم و غیرمستقیم) در محیط کاری بر روی نمایش کار و راحتی بصری تأثیر می‌گذارد، (محمدی تبار و فیاض، ۱۳۹۱) برای توزیع صحیح نور، مهم این است که بدانیم مقدار روشنایی در یک فضا توسط بازتاب سطوح و نور مستقیم محیطی تعیین می‌شود. هدف معماری داخلی کلاس‌های عملی بهبود عملکرد فیزیکی و روانی فضا برای راحت سازی فعالیت در آن است. رنگ، نور، بافت‌ها، مبلمان و تمامی عوامل موجود در کارگاه جز جدایی‌ناپذیر معماری داخلی است. از عوامل مختلفی که بر معماری تأثیر می‌گذارد فاکتور نور است که در این مقاله به کیفیت بصری این عامل مهم پرداخته شده است. طراحان با درنظرگرفتن تمام ویژگی‌ها باید از مرحله اولیه طراحی، نور روز و روشنایی مصنوعی را طراحی کنند تا بتوانند یک محیط راحت و سالم را ارائه دهند. داشتن وضوح کافی برای انجام وظایف بصری یک شرط لازم است، اما در بسیاری از موارد، دید بصری هنوز به عوامل دیگری نظیر: چگونگی دسترسی به نور، ویژگی‌های رنگی منابع نور و سطوح داخلی، انواع شیشه و ابعاد پنجره‌ها و نیز - میزان انعکاس نور وابسته است. در این مقاله با بررسی و مدل‌سازی نمونه موردی کلاس عملی (کارگاه) به این سؤالات پاسخ داده می‌شود که کیفیت بهره گیری از نور روز در فضای موردمطالعه چگونه است؟ چه عواملی باعث مطلوب یا نامطلوب شدن کیفیت نور روز در این فضا می‌شود؟ با چه روش‌هایی خیرگی نور روز در کلاس‌های عملی اصلاح می‌شود؟ این نتایج در طراحی‌های جدید و اصلاح کاربردی کاربری‌های مشابه مفید است.

پیشینه پژوهش

همان گونه که پیش‌ازاین اشاره شد مطالعات انجام شده تاکنون در مورداستفاده از روشنایی طبیعی عمدتاً معطوف به تعیین سطح بهینه نورگیرهای سقفی و طراحی سایبان‌های خارجی بوده است. بر اساس مطالعات صورت‌گرفته در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار کالکیولوکس نحوه توزیع نور در داخل ساختمان بررسی گردید (Kristensen, 2011). محققینی نیز بر روی تأثیرگذاری اجزا الحاقی سطوح نور گذر بر دریافت نور روز کارکرده‌اند. قیابکلو و مؤذنی (۱۳۹۳) ابعاد و زاویه چرخش سایبانهای افقی بر توزیع روشنایی طبیعی را تدقیق نمودند. عمق رف‌های نوری نیز برای جلوگیری از خیرگی و توزیع بهینه روز مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات در زمینه رف نوری نیز بیانگر اهمیت ترکیب رف نوری و سایبان در توزیع یکنواخت نور روز است. (مهدوی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵) سابقه مطرح‌شدن مسئله روشنایی طبیعی در طراحی محیط‌های آموزشی به دهه ۱۹۵۰ تا اواخر ۱۹۶۰ در کالیفرنیا می‌رسد قبل از رایج شدن استفاده از لامپ‌های فلورسنت سازمان آموزش کالیفرنیا استانداردهایی را برای اطمینان از وجود نور روز کافی در کلاس‌ها وضع کرد برای ساخت ارزان‌تر کلاس‌هایی با پنجره‌های کوچک و سقف‌های کوتاه و متکی به روشنایی مصنوعی جای کلاس‌های پرنور (نور روز) را گرفت از این دوران مطالعات و تحقیقاتی در زمینه تأثیر نور روز بر سلامت و عملکرد دانشجویان در کلاس‌ها انجام شد (Reinhart, 2012). مطالعات نشان داده است که دانش‌آموزانی که در کلاس‌های دارای نور روز مناسب تحصیل می‌کنند به لحاظ سلامت روحی در وضعیت بهتری قرار دارد (Kuller & Lindsten, 1992). مطالعه بر روی سایر عناصر فضاهای داخلی مانند مبلمان و سطوح بدنه‌های اتاق‌ها نشان داده است که هر چه مبلمان کمتر باشد و در اطراف پنجره‌ها از مبلمان کمتری استفاده شده باشد و ضریب صیقلی بودن بدنه‌ها بیشتر باشد میزان شدت روشنایی متوسط داخل اتاق افزایش می‌یابد. (محمدی تبار و فیاض، ۱۳۹۱) در کلاسهای که نور روز کافی وجود ندارد سطح ملاتونین خون دانشجویان بیشتر از کلاس‌های با روشنایی مناسب است این عامل باعث احساس خواب‌آلودگی در بین دانشجویان و تضعیف عملکرد آنها می‌شود (Kellert & Heerwagen, 2008). اما تجربه‌های اخیر این موضوع را ثابت کرد که نیاز انسان به نور روزرازلحاظ روانی و جسمی بسیار بیشتر از تأمین روشنایی با برق است. در همین راستا تحقیقات و مطالعات بی‌شماری در سراسر دنیا دررابطه‌با بهره‌گیری از نور روز انجام‌گرفته است؛ مانند انجمن‌های روشنایی؛ مانند انجمن‌های روشنایی CIE ؛ انجمن روشنایی امریکا IESNA ، انجمن روشنایی اروپا CIES، انجمن روشنایی چین ILSE ، انجمن روشنایی هندوستان

و سایر، انجمن‌ها در کانادا و استرالیا که در تولید استانداردهای روشنایی طبیعی و مصنوعی فعالیت می‌کنند.

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش ابتدا به مطالعه منابع کتابخانه‌ای و اسنادی معتبر که به طور خلاصه شرایط و ویژگی‌های نور روز مناسب در فضاهای آموزشی مورد بررسی قرار داده است پرداخته شد و اطلاعات طبقه‌بندی گردید. شدت و کیفیت نور روز نمونه موردی این مقاله در جهات مختلف (شمال، جنوب، شرق، غرب) و ابعاد مختلف (۳۰ درصد و ۴۵ در صد نما) پنجره با مدل‌سازی در نرم‌افزار دیالوکس۱، که امکان شبیه‌سازی فضاهای معماری با درنظرگرفتن طول و عرض جغرافیایی شهر تهران، ابعاد فضاها، جنس جداره‌ها، جنس شیشه، جهت‌گیری و سایر عوامل مؤثر، را دارد، در اولین روز هر ماه ابعاد نورگیر مناسب فضاها مشخص شود. ارزیابی برای هرکدام از حالت‌های پیش‌فرض مورد تحلیل وبررسی قرار گرفته است و عواملی که باعث نامطلوب شدن کیفیت روشنایی روز در آنها می‌شود مشخص گردیده و نیز شدت و عمق روشنایی در جهات مختلف بر روی مبلمان ثابت (وایت‌برد و میزهای کار) در یک کلاس عملی تحلیل گردید. شیوه تحلیل داده‌ها بر مبنای تحلیل عددی بر اساس استاندارد نورپردازی طبیعی انگلستان (توصیه شده معاونت انرژی وزارت نیرو) انجام‌گرفته است و سپس بر مبنای استدلال استقرایی نتایج به‌دست‌آمده تعمیم داده شده و به‌صورت اصول کلی عوامل کالبدی معماری که ارتباط مستقیمی با دریافت نور روز در فضا ارائه گردیده و راهکارهایی در جهت اصلاح آن و یا عدم تکرار آن در موارد طراحی مشابه ارائه گردیده است؛ بنابراین روش تحقیق در این مقاله توصیفی تحلیلی و نیز استفاده از مدل‌سازی رایانه‌ای بر پایه پژوهش موردی است. در این راستا متغیرهای تحقیق در ذیل توضیح داده شده‌اند.

مبانی نظری پژوهش

نور روز مناسب و عوامل کیفی مؤثر بر آن در کلاس‌های دروس عملی

در انتخاب نور طبیعی یا مصنوعی به نظر می‌رسد تمایل مردم بیشتر به انتخاب نور طبیعی است. نور روز ترکیبی از نور آسمان و نور بازتاب شده از زمین و اجسام اطراف است. نور روز نوری است که در اثر برخورد پرتوهای خورشید به ذرات معلق در هوا پخش می شود (CIBSE, 2006) طول و عرض جغرافیایی، فرم ساختمان که بر نوع نورگیری مثلاً نورگیری از سقف یا دیوارها مؤثر است، مکان‌یابی ساختمان در محوطه و توجه به سایه اندازی را، جهت‌گیری ساختمان، جنس مصالح نازک‌کاری دیوارهای داخلی و اندازه، مکان و نوع شیشه پنجره‌ها بر کیفیت نور روز فضاهای داخلی مؤثر است. (CIBSE, 1999) مقدار نور روز موجود در فضای داخلی با روش‌های محاسبه شدت روشنایی فضا با واحدهای لوکس و کندل برفوت و نیز محاسبه عامل نور روز قابل‌بررسی است. برای محاسبه مقدار متوسط نور روز از رابطه ۱ و ۲ استفاده می‌شود

$$D=\frac{TAw\alpha M}{A(1-R^2\alpha)}$$

رابطه ۱: محاسبه متوسط نور روز (Source:CIBSE , 2006)

$$R_a=\frac{AcRc+AfRf+AwRw+AwinRwin+AoRo}{A}$$

رابطه ۲: محاسبه ضریب بازتاب سطوح (Source:CIBSE , 2006)

بر طبق استانداردهای جدول ۲ چنانچه میزان نور روز زیر ۲ درصد باشد فضا تاریک و افسرده به نظر میآید و در اغلب اوقات نیاز به استفاده از وسایل الکتریکی است (حالت نورگیری ضعیف) اگر این مقدار ۲ تا ۵ درصد باشد نورگیرها نور قابل‌توجهی وارد فضا کرده‌اند، ولی همچنان در بعضی اوقات نیاز به وسایل الکتریکی است (حالت نورگیری متوسط) و اگر بالای ۵ درصد باشد نور روز زیادی در فضا وجود دارد. (خانمحمدی و احدی،۱۳۹۳) مقدار متوسط نور روز ۵/۲ درصد مناسب و مقدار ۵ درصد بسیار خوب و مناسب برای مطالعه و کار در نظر گرفته شده است (Dubois, 2010). علاوه بر مقدار مناسب نور طبیعی باید تابش مستقیم کنترل شود تا باعث خیرگی نشود. شدت نور روز مناسب برای فضاهای آموزشی بر حسب لوکس در جدول ۱ نشان‌داده‌شده است.

شبیه‌سازی

در مقاله حاضر شبیه‌سازی از نرم‌افزار دیالوکس[1] ۴/۱۲ استفاده شده است. در این نرم‌افزار برای محاسبه روشنایی اطلاعات مربوط به ابعاد فضا، رنگ جداره‌ها (سقف، کف، دیوارها) میزان آلودگی هوا, محل استقرار پروژه و نظایر اینها به‌عنوان اطلاعات ورودی داده می‌شود و آنگاه پس از واردکردن روز ساعت تابش نور خورشید محاسبات بر اساس اطلاعات ورودی صورت می‌گیرد (حسین‌خانی، ۱۳۸۷). برای محاسبات روشنایی داخل ساختمان می‌توان از چند روش استفاده کرد. در این پروژه روش لومن با بهره گیری از تقسیم ناحیه‌ای، به دلیل دقت و سادگی محاسبات و کار با جداول و نمودارها به کار گرفته شده است. در شبیه‌سازی لازم است برای هر فصل وضعیت اسمان در روز

جدول ۱. شدت روشنایی مناسب در فضاهای آموزشی (□□□□□□□: □□□□,۱۹۹۹,۲۳ □□□□□□□)

کاربری	شدت موردنیاز (لوکس)	دمای رنگ (برحسب کلوین)
روی تخته سیاه	۵۰۰	
میز نمایش	۵۰۰	
اتاق کار هنری	۷۵۰	
کارگاه و آزمایشگاه	۵۰۰	
اتاق تمرین کامپیوتر	۵۰۰	۴۰۰۰

جدول ۲. مقدار عامل نور روز باتوجه‌به مبلمان در فضاهای آموزشی (منبع: ۸۰۲۶-۲, ۲۰۰۸ □□□□□□□□□ □□□□□□□□□)

حداقل عامل نوروز قابل‌قبول	مقدار عامل نور روز مناسب	کاربری‌های مختلف آموزشی در مدارس و دانشگاه‌ها
۲	۵	میزهای کلاس درس
۰,۳	۱	سطح انجام کار در سالن گردهمایی
۲	۵	میزهای کار کارگاه‌ها

موردنظر مشخص گردد. وضعیت اسمان در این نرم‌افزار به سه حالت آفتابی و نیمه‌ابری و تمام ابری است (شاتریان، ۱۳۸۸). شبیه‌سازی در دو حالت کلی مورد بررسی قرار گرفت:

$$\frac{L}{W}+\frac{L}{H} \leq \frac{2}{1-Rb}$$

رابطه ۳. نسبت عمق، پهنا و میزان انعکاس

در رابطه ۳ L عمق اتاق از پنجره تا دیوار مقابل آن برحسب متر است. W عرض کلاس است که موازی سطح پنجره و برحسب متر اندازه‌گیری می‌شود، H ارتفاع پنجره از کف اتاق برحسب متر است، Rb متوسط ضریب انعکاس از کلیه سطوح داخلی اتاق شامل سقف، دیوارها و کف می‌باشد (CIBSE, 2011, 26). کلاس عملی موردمطالعه در این مقاله به شکل مستطیل و به ابعاد ۷ متر عرض در ۸ متر طول (ابعاد استاندارد یک کلاس عملی) و با ارتفاع ۳ متر است. مساحت پنجره کارگاه ٪۳۰ نما می‌باشد (CIBSE, 1999)؛ که مساحت آن ۸ مترمربع می‌باشد. مشخصات مصالح و مبلمان موجود در کلاس که به‌عنوان اطلاعات پایه به نرم‌افزار داده شد در جدول‌های ۳ و ۴ ذکر شده است.

۱- شدت روشنایی حداکثر و حداقل و متوسط آتلیه معماری را در ساعت ۱۰:۳۰ صبح (از نظر روشنایی این ساعت جزو زمان‌های بحرانی نیست و از پیش‌فرض‌های نرم‌افزار برای نور روز است) در جهات مختلف شمال، جنوب، شرق و غرب به‌وسیله نرم‌افزار دیالوکس محاسبه گردید. سپس شدت روشنایی بر روی وایت برد و میزهای کار تحلیل گردید. ۲- در حالت دوم شدت روشنایی حداکثر و حداقل

جدول ۳. مشخصات مصالح بکار رفته در کلاس عملی

	سقف	کف	دیوار
مشخصات مصالح	سقف کچی به رنگ خاکستری روشن با انعکاس ۷۰ درصد و زبری ۵۰ درصد	کف سنگ گرانیتی ابری به رنگ خاکستری با ضریب انعکاس ۵۰ در صد و زبری ۳۰ درص‌د	دیوار گچی به رنگ کرم روشن با انعکاس ۸۰ درصد و زبری ۵۰ درصد

جدول ۴. مشخصات مبلمان و بازشوهای کلاس عملی

مبلمان	در چوبی	پنجره فلزی در مرکز دیوار با شیشه ٪۱۰۰ شفاف	۱۲ عدد میز کار سفیدرنگ	تخته وایت برد در مرکز دیوار
ابعاد	۱×۲ متر	عرض ۴ مترو ارتفاع ۲ متر	ابعاد ۱۲۰×۸۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱/۱۰ متر	به ابعاد ۳×۲ متر

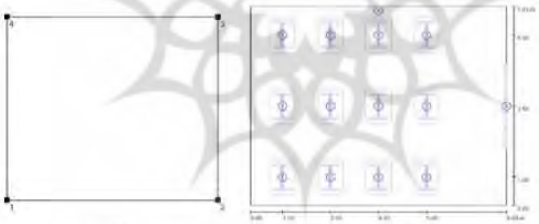
و متوسط آتلیه معماری با تغییر ابعاد پنجره (۱/۵ برابر) در جهات مختلف شمال، جنوب، شرق و غرب بررسی و مطالعه گردید و مقادیر به‌دست‌آمده با جدول‌های استاندارد مقایسه می‌شود سپس باتوجه‌به خیرگی ایجاد شده و کیفیت روشنایی مناسب در کلاس عملی جهت و ابعاد مناسب برای پنجره‌ها انتخاب می‌شود.

مشخصات هندسی کلاس عملی (نمونه موردی)

عامل نور روز، درصدی است حاصل تقسیم میزان روشنایی داخلی فضا به روشنایی بیرون؛ و بدون درنظرگرفتن تابش مستقیم ضریب خورشید محاسبه می‌شود. (Baker et al., 2002, 73)تابش آفتاب و عرض جغرافیایی و موقعیت بستر طرح و فضا ازنظر همجواری ها و بدنه‌ها و ارتفاع بدنه‌های کالبدی جلوی سطوح نورگیر بر عامل نور روز مؤثر است. مکان‌یابی ساختمان در محوطه، توجه به سایه اندازی ها، جهت‌گیری ساختمان، جنس مصالح نازک‌کاری دیوارهای داخلی و اندازه و موقعیت و نوع شیشه سطوح نورگذر بر کیفیت نور روز فضاهای داخلی مؤثر است (CIBSE, 1999). یکی از موارد مهم در توزیع نور روز مناسب در فضا نسبت میان عمق اتاق و ارتفاع پنجره (ضریب اتاق)، نسبت سطح نورگذر به کف اتاق است. در کتب راهنمای روشنایی نور روز، ویژگی‌های معماری و هندسی فضاها ارائه شده‌اند که بر اساس آنها می‌توان نتیجه گرفت که توزیع نور در یک فضا مناسب یا نامناسب است (CIBSE, 1999). عمق و تناسبات فضا باتوجه‌به محل و ابعاد نورگیر همچنین میزان انعکاس از سطوح داخلی کلاس قابل تعیین می‌باشد. در فضاهایی که با نورگیر دیواری روشن می‌شوند، نسبت عمق، پهنا و میزان انعکاس فضا باید از رابطه زیر تبعیت کند تا اتاق به‌خوبی روشن شود. این رابطه که شاخص نامیده می‌شود به‌صورت زیر است (CIBSE, 1999).

فرم کلی کلاس عملی موردنظر که مورد تحلیل قرار گرفته است به شکل ۱ می‌توان مشاهده کرد.

باتوجه‌به ابعاد و اندازه های فوق الذکر، موقعیت جغرافیایی شهر تهران با مختصات ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی وضریب آلودگی ۷/۰ برای تهران و ضریب انعکاس ۷۰٪ برای سطوح براق (جدول۵) و بدون در نظر گرفتن موانع خارجی برای عبور نور به داخل فضا در نظر گرفته



بخش مرزی: ۰,۰۰۰ m ارتفاع اتاق: ۳,۰۰۰ متر ضریب کاهش نور: ۰,۸۰ ۰,۷۶۰ m ارتفاع سطح انجام کار:

سطح	Rho	from ([m] | [m])	towards ([m] | [m])	طول [m]
کف	۶۷	/	/	/
سقف	۸۰	/	/	/
دیوار۱	۷۰	(۰,۰۰۰ | ۰,۰۰۰)	(۸,۰۰۰ | ۰,۰۰۰)	۸,۰۰۰
دیوار۲	۷۰	(۸,۰۰۰ | ۰,۰۰۰)	(۸,۰۰۰ | ۷,۰۰۰)	۷,۰۰۰
دیوار۳	۷۰	(۸,۰۰۰ | ۷,۰۰۰)	(۰,۰۰۰ | ۷,۰۰۰)	۸,۰۰۰
دیوار۴	۷۰	(۰,۰۰۰ | ۷,۰۰۰)	(۰,۰۰۰ | ۰,۰۰۰)	۷,۰۰۰

شکل۱. تحلیل فرم کلی کلاس عملی

جدول ۵. فهرست اجزای مورد بررسی

موضوع	تعداد	شماره
میز	۱۲	۱
وایت برد	۱	۲
پنجره	۱	۳

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
حداکثر	1577	1772	1980	2081	1992	1769	1562	1414	1284	1214	1270	1417
میانگین	500	526	560	582	566	529	499	478	449	428	443	477
حداقل	222	230	242	258	254	243	234	217	200	191	200	221

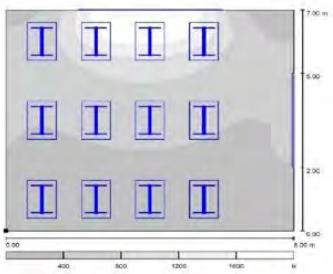
شکل۲. نمودار شدت روشنایی سالیانه

شـــد. بمنظور بررسی کیفیت نور در چهارجهت اصلی شمال و جنوب و شـــرق وغرب در ســـاعت ۱۰:۳۰ (پیش فرض نرم افزار) مدل‌سازی رایانه ای صورت گرفته است و نتایج آن با استانداردهایی که در بخش قبلی به آن اشـــاره شد مقایســـه گردید. سپس با تغییر در ابعاد پنجره در مقیاس ۱.۵ تغییرات شـــدت روشنایی دراتلیه و عمق نفوذ نور مورد بررســـی قرار گرفت. همانطورکه در شکل۲ مشـــاهده می‌شود محور افقی بیانگر اولین روز هرماه می‌باشـــد و محور عمودی شدت روشنایی را نشـــان میدهد. باتوجه به موارد مذکور مشاهده می‌شود که بیشترین شـــدت روشـــنایی متوســـط مربوط به روز یکم تیرماه با شدت لوکس ۲۰۸۱ است.بیشـــترین میزان شـــدت حداکثر و حداقل نیز مربوط به همین روز است.همچنین براساس داده‌های بدست امده کمترین شدت روشـــنایی متوســـط مربوط به روز یکم دی ماه با مقدار۱۲۱۴ لوکس اســـت. البته قابل ذکر اســـت که در فصل تابستان کمتر از زمستان به نور طبیعی نیاز هست بدین ترتیب اولویت برای استفاده از فاکتورهایی جهت بهینه سازی آتلیه ها در فصل زمستان است.از اینرو بحرانی ترین روزهای سال که اول دیماه و اول تیرماه است بعنوان ملاک تحلیل در نظر گرفته شد.

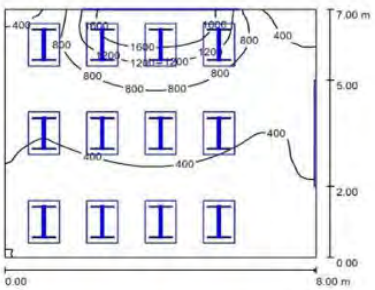
حالت نخست: شکل ۳و ۴و ۵ اولین حالت بررسی برای اول تیرماه وجهت شـــمال با ابعاد پنجره ۳۰٪نما در نظر گرفته شـــد. براســـاس داده‌های جدول۷و ۶ شـــدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۲۰۱۲ لوکس و حداقل ۲۷۱ لوکس و مقدار متوســـط آن ۵۷۹ لوکس می‌باشد. عمق نفوذ نور کمتر از ۴ متر می‌باشد و اکثر میزکار شدت تابش قابل توجهی دارند. نســـبت روشـــنایی در این جهت ۰/۶۱۴ است وکمترین شدت روشنایی مربوط به گوشه های دیوار پنجره است.

حالت دوم: در حالت دوم بررســـی برای اول تیرماه در جهت جنوب با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شـــد. بر اســـاس داده‌های

شکل۳ .تصاویر مدل‌سازی حالت اول



شکل۴ .تصاویر مدل‌سازی حالت اول



شکل۵ .تصاویر مدل‌سازی حالت اول

جدول ۶. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	Emax[lx]	Emin [lx]	Eav [lx]	r [%]
پلان کار	۰.۴۶۷	۲۰۱۲	۲۷۱	۵۷۹	/
کف	۰.۵۶۴	۱۰۱۸	۲۲۱	۳۹۱	۶۷
سقف	۰.۶۹۹	۳۷۱	۲۱۳	۳۰۴	۸۰
دیوار۴	/	۶۹۸	۷۷	۳۵۵	۷۰

پلان کار: شبکه : ۶۴ x ۶۴
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/ سطح کار: ۰,۶۱۴
سقف/سطح کار:۰,۵۲۵
روشنایی فقط نورروز می‌باشد.)

جدول۷ .نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	[%]فاکتور بازتابش	روشنایی متوسط [lx]		
			مجموع	غیرمستقیم	جهت
کف	۸۳	۶۷	۳۹۱	۲۲۲	۱۶۹
سقف	۷۷	۸۰	۳۰۴	۳۰۴	۰,۰۰
دیوار۱	۹۰	۷۰	۴۰۴	۲۲۶	۱۷۸
دیوار۲	۶۷	۷۰	۲۹۹	۱۹۹	۱۰۰
دیوار۳	۶۶	۷۰	۲۹۵	۲۹۵	۰,۰۰
دیوار۴	۹۴	۷۰	۴۲۳	۲۶۲	۱۶۰

ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور: ۰,۸۰
ارزشها به لوکس, درمقیاس: ۱:۹۰ سهم روشنایی(مطابق با ۷) دیوارها: ۰,۵۷۳
سقف/سطح کار: ۰,۵۳۸

E_{min} / E_{max}	u0	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	[E_{av} [lx
0.129	0.467	2102	271	579

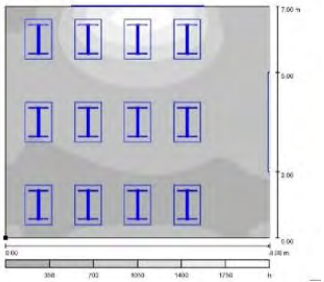
یکنواختی روی پلان کار: (((۱:۸) ۰.۱۲۹ :E_{min} / E_{max} و (۱:۲)۰.۴۶۷ :u0))

به‌دست‌آمده شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۱۱۳۸ لوکس و حداقل ۱۱۸ لوکس اســت و مقدار متوسط آن ۲۹۱ لوکس می‌باشد که کمتر از مقدار اســتاندارد می‌باشد. عمق نفوذ نور کمتر از ۵ متر می‌باشد اما شدت آن نسبت به جهت شــمال کمتر است و کمترین مقدار آن در عمق کلاس اســت. اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی دارند به جز میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی هستند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۵۷۳ اســت. شدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار آن ۲۱۰ لوکس می‌باشد.

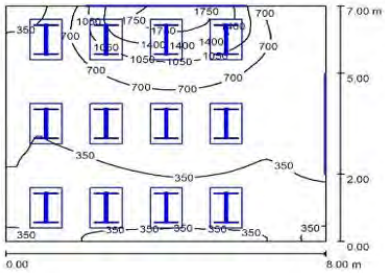
حالت سوم: شکل ۶ و ۷ و ۸ حالت سوم بررسی برای اول تیرماه در جهت شــرق با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. بر اساس داده‌های جدول ۸ و ۹ شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۱۹۷۴ لوکس و حداقل ۲۷۱ لوکس است و مقدار متوسط آن ۵۵۵ لوکس می‌باشد که مقدار متوســط با اســتاندارد هماهنگی دارد. عمق نفوذ نور ۷ متر به‌اندازه عرض آتلیه می‌باشــد و شدت متوسطی برابر استاندارد دارد و اکثر میزهای کار شــدت تابش قابل قبولــی دارند به جز میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی هستند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۶۲۵ است. شــدت تابش وایت برد متوسط اســت و مقدار آن ۳۱۰ لوکس می‌باشد. بر اساس داده‌ها در اول تیرماه بهترین جهت قرارگیری برای پنجره از نظر کیفیت و شدت روشنایی است.

حالت چهارم: حالت چهارم بررســی برای اول تیرماه در جهت غرب

شکل۶ .تصاویر مدل‌سازی حالت سوم



شکل۷.تصاویر مدل‌سازی حالت سوم



شکل۸.تصاویر مدل‌سازی حالت سوم

جدول۸. .نتایج مدل‌سازی

a	u0	E_{max}[lx]	E_{min} [lx]	E_{av} [lx]	r [%]
پلان کار	۰,۴۸۸	۱۹۷۴	۲۷۱	۵۵۵	/
کف	۰,۵۶۱	۹۴۰	۲۱۲	۳۷۸	۶۷
سقف	۰,۷۳۶	۳۶۱	۲۱۸	۲۹۷	۸۰
دیوار۴	/	۵۹۱	۷۸	۳۴۸	۷۰

پلان کار: شبکه : ۶۴x۶۴
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۲۵
سقف/سطح کار:۰,۵۳۵
(روشنایی فقط نوروز میباشد)

جدول۹ .نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	[٪]فاکتور بازتابش	روشنایی متوسط [lx]		
			مجموع	غیرمستقیم	جهت
کف	۸۱	۶۷	۳۷۸	۲۱۸	۱۶۰
سقف	۷۶	۸۰	۲۹۷	۲۹۷	۰,۰۰
دیوار۱	۸۹	۷۰	۴۰۱	۲۲۵	۱۷۷
دیوار۲	۷۰	۷۰	۳۱۶	۲۰۳	۱۱۲
دیوار۳	۶۶	۷۰	۲۹۵	۲۹۵	۰,۰۰
دیوار۴	۸۵	۷۰	۳۸۰	۲۴۳	۱۳۷

ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور: ۰,۸۰
ارزشها در لوکس, مقیاس:۱:۹۰
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۲۵
سقف/سطح کار: ۰,۵۳۵

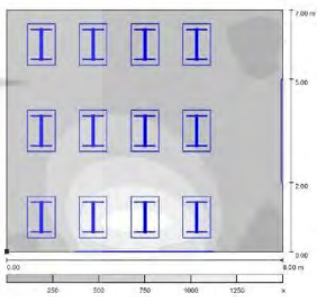
E_{min} / E_{max}	u0	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{av} [lx]
0.137	0.488	1974	271	555

یکنواختی روی پلان کار(۱:۱۰) ۰.۱۳۷ :Emin / Emax و (۱:۲) ۰.۴۸۸ :u۰

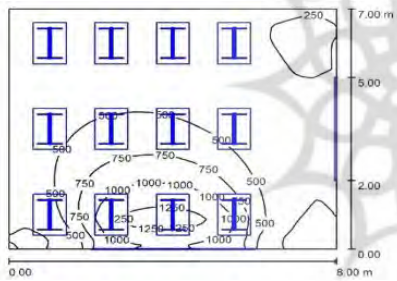
بـــا ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شـــد. باتوجه‌به داده‌های به‌دســـت‌آمده شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۱۲۲۳ لوکس و حداقل ۲۱۵ لوکس اســـت و مقدار متوسط آن ۴۲۸ لوکس می‌باشد که کمتر از مقدار اســـتاندارد می‌باشـــد. عمق نفوذ نور کمتر از ۳ متر می‌باشـــد اما شـــدت آن کم اســـت و کمترین مقدار آن عمق کلاس است. اکثر میزهای کار شـــدت تابش قابل قبولی ندارند و میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی هســـتند. نسبت روشـــنایی در این جهت ۰/۶۸۷ است. شـــدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار آن ۴۲۰ لوکس می‌باشد و خیرگی ایجاد می‌کند.

حالت پنجم: شـــکل ۹ و ۱۰ و ۱۱ حالت پنجم بررســـی برای اول دی‌ماه در جهت جنوب با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. باتوجه‌به داده‌های جدول ۱۰ و ۱۱ شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۱۴۱۶ لوکس و حداقل ۱۷۱ لوکس اســـت و مقدار متوســـط آن ۴۹۴ لوکس می‌باشـــد که تقریباً برابر با مقدار استاندارد می‌باشد. عمق نفوذ نور کمتر از ۵ متر می‌باشـــد اما شـــدت آن زیاد است و در این حالت بازتابش نور قابل‌توجه است. اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی دارند و میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی هستند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۶۰۵ است. شدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار

شکل۹. .تصاویر مدل‌سازی حالت پنجم



شکل ۱۰. تصاویر مدل‌سازی حالت سوم



شکل ۱۱. تصاویر مدل‌سازی حالت سوم

جدول ۱۰. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	E_{max}[lx]	[E_{min} [lx	E_{av} [lx]	r [%]
پلان کار	۰,۳۴۷	۱۴۱۶	۱۷۱	۴۹۴	/
کف	۰,۵۰۴	۵۷۰	۱۶۳	۳۲۴	۶۷
سقف	۰,۶۳۳	۳۶۰	۱۶۹	۲۶۷	۸۰
دیوار۴	/	۶۲۶	۵۰	۲۹۱	۷۰

پلان کار: شبکه : ۶۴ x ۶۴
سهم روشنایی (مطابق با LG۷) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۰۵
سقف/سطح کار: ۰,۵۴۱
(روشنایی فقط نوروز میباشد.)

جدول ۱۱. نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	فاکتور بازتابش [٪]	روشنایی متوسط [lx]		
			مجموع	غیرمستقیم	جهت
کف	۶۹	۶۷	۳۲۴	۱۹۳	۱۳۱
سقف	۶۸	۸۰	۲۶۷	۲۶۷	۰,۰۰
دیوار۱	۴۹	۷۰	۲۲۱	۲۲۱	۰,۰۰
دیوار۲	۴۵	۷۰	۲۰۳	۱۶۲	۴۱
دیوار۳	۸۶	۷۰	۳۸۸	۲۰۷	۱۸۱
دیوار۴	۷۸	۷۰	۳۴۹	۲۳۴	۱۱۵

ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور:۰,۸۰
ارزشها در لوکس, مقیاس:۱:۹۰
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۰۵
سقف/سطح کار: ۰,۵۴۱

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
494	171	1416	0.347	0.121

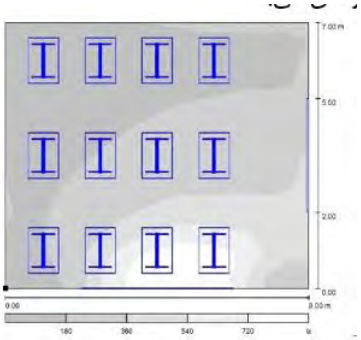
یکنواختی روی پلان کار: (((۱:۸) ۰.۱۲۱ :E_{min} / E_{max} و (۱:۳) ۰.۳۴۷ :u0)))

آن ۲۵۰ لوکس می‌باشد.

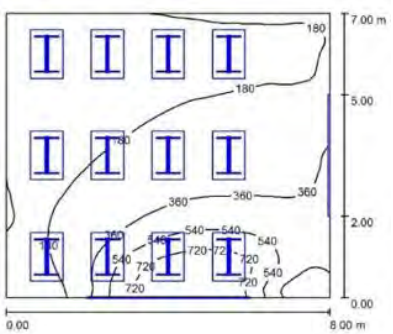
حالت ششم: شکل ۱۲ و ۱۳ و۱۴ حالت ششم بررسی برای اول دی‌ماه در جهت شرق با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. باتوجه‌به داده‌های جدول ۱۲و۱۳ شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۹۶۰ لوکس و حداقل ۱۰۸ لوکس است و مقدار متوسط آن ۲۷۸ لوکس می‌باشد که کمتر از مقدار استاندارد می‌باشد. عمق نفوذ نور ۷ متر به‌اندازه عرض آتلیه می‌باشد که برای این زمان بسیار قابل اهمیت است اما شدت آن کم است. اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی دارند و میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی کمی هستند. نسبت روشنایی در این جهت۰/۶۳۲ است. شدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار آن ۲۲۰ لوکس می‌باشد.

حالت هفتم: شکل ۱۵ و۱۶ و۱۷ حالت هفتم بررسی در جهت جنوب است درحالی‌که ابعاد پنجره ۱,۵ برابر حالت قبل یعنی ۱۲ مترمربع در نظر گرفته شد. باتوجه‌به داده‌های جدول ۱۴ و۱۵ شدت روشنایی در این حالت حداکثر ۱۲۳۴ لوکس و حداقل ۱۷۴ لوکس است و مقدار متوسط آن ۴۳۱ لوکس می‌باشد که نزدیک به مقدار استاندارد می‌باشد و نسبت به مدل قبل (مساحت پنجره ۸ متر) بیشتر شده و به‌اندازه استاندارد نزدیک شده است. عمق نفوذ

شکل۱۲. تصویر مدل‌سازی حالت ششم



شکل ۱۳. تصویر مدل‌سازی حالت ششم



شکل ۱۴. تصویر مدل‌سازی حالت ششم

جدول ۱۲. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{av} [lx]	r [%]
پلان کار	۰,۳۹۱	۹۶۰	۱۰۸	۲۷۸	/
کف	۰,۴۵۸	۴۷۸	۹۱	۱۸۸	۶۷
سقف	۰,۶۲۸	۲۴۴	۹۸	۱۵۶	۸۰
دیوار۴	/	۶۲۳	۳۴	۱۷۹	۷۰

پلان کار: شبکه : ۶۴ x ۶۴
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۳۲
سقف/سطح کار:۰,۵۶۲
(روشنایی فقط نوروز میباشد.)

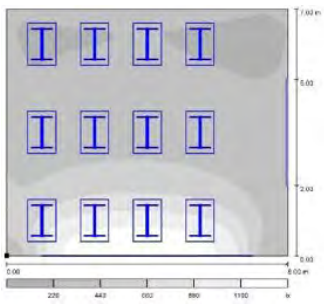
جدول ۱۳. نتایج مدل‌سازی

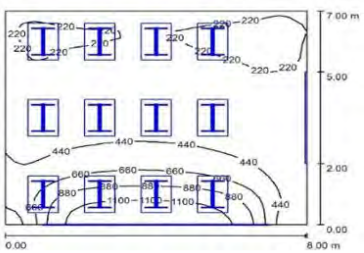
سطح	متوسط روشنایی	فاکتور بازتابش [٪]	روشنایی متوسط [lx]		
			مجموع	غیرمستقیم	جهت
کف	۴۰	۶۷	۱۸۸	۱۲۰	۶۷
سقف	۴۰	۸۰	۱۵۶	۱۵۶	۰,۰۰
دیوار۱	۳۴	۷۰	۱۵۲	۱۵۲	۰,۰۰
دیوار۲	۴۹	۷۰	۲۲۲	۱۱۶	۱۰۶
دیوار۳	۴۲	۷۰	۱۷۸	۱۱۹	۶۷
دیوار۴	۳۵	۷۰	۱۵۹	۱۱۷	۴۲

ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور: ۰,۸۰
ارزشها در لوکس, مقیاس: ۱:۹۰
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۳۲
سقف/سطح کار: ۰,۵۶۲

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
278	108	960	0.391	0.113

یکنواختی روی پلان کار: (۱:۹) ۰.۱۱۳ :E_{min} / E_{max} و (۱:۳) ۰.۳۹۱ :u0





جدول ۱۴. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	E_{max}[lx]	E_{min} [lx]	E_{av} [lx]	r [%]
پلان کار	۰,۴۰۵	۱۲۳۴	۱۷۴	۴۳۱	/
کف	۰,۵۳۲	۶۹۴	۱۵۹	۲۹۹	۶۷
سقف	۰,۶۳۳	۳۳۴	۱۴۷	۲۳۲	۸۰
دیوار۴	/	۵۷۲	۴۵	۲۵۸	۷۰

پلان کار: شبکه : ۳۲ x ۳۲
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۰۱
سقف/سطح کار:۰,۵۳۷
(روشنایی فقط نوروز میباشد.)

جدول ۱۵. نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	[%]فاکتور بازتابش	روشنایی متوسط [lx]		
			مجموع	غیرمستقیم	جهت
کف	۶۴	۶۷	۲۹۹	۱۶۹	۱۳۰
سقف	۵۹	۸۰	۲۳۲	۲۳۲	۰,۰۰
دیوار۱	۵۲	۷۰	۲۳۲	۲۳۲	۰,۰۰
دیوار۲	۴۷	۷۰	۲۱۲	۱۵۰	۶۲
دیوار۳	۶۰	۷۰	۲۷۰	۱۶۶	۱۰۴
دیوار۴	۷۱	۷۰	۳۱۹	۲۰۳	۱۱۶

ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور: ۰,۸۰
ارزشها در لوکس،مقیاس: ۱:۹۰
سهم روشنایی (مطابق با LG۷) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۰۱
سقف/سطح کار:۰,۵۳۷

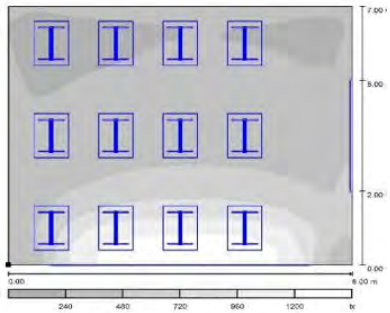
E_{min} / E_{max}	u0	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{av} [lx]
0.141	0.405	1234	174	431
یکنواختی روی پلان کار: ((۱:۷) ۰.۱۴۱ :E_{min} / E_{max} و (۱:۲) ۰.۴۰۵ :u0))				

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

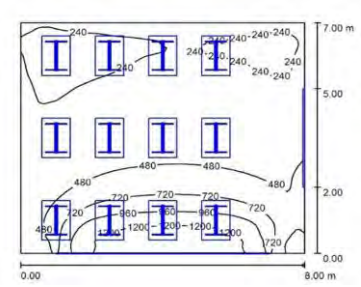
نور ۷ متر به‌اندازه کل عرض کلاس می‌باشد اما در مدل قبلی عمق نفوذ نور حدود۴ متر بود و مناسب نبود. شدت آن قابل‌قبول است و قسمت تاریک در گوشه‌هایی از عمق کلاس است. اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی دارند اما میزهای کنار پنجره دارای خیرگی هستند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۶۰۱ است. شدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار آن ۲۹۰ لوکس می‌باشد و خیرگی ایجاد نمی‌کند. پس ابعاد بزرگ‌تر در این جهت شرایط را به استاندارد نزدیک می‌کند.

حالت هشتم: شکل ۱۸ و ۱۹ و۲۰ حالت هشتم بررسی در جهت شرق درحالی‌که ابعاد پنجره ۱.۵ برابر حالت قبل یعنی ۱۲ مترمربع در نظر گرفته شد. باتوجه‌به داده‌های جدول ۱۶ و ۱۷ شدت روشنایی در این حالت حداکثر ۱۳۵۹ لوکس و حداقل ۱۹۲ لوکس است و مقدار متوسط آن ۴۶۷ لوکس می‌باشد که نزدیک به مقدار استاندارد می‌باشد و نسبت به مدل قبل (مساحت پنجره ۸ متر) بیشتر شده و به‌اندازه استاندارد نزدیک شده است. عمق نفوذ نور ۷ متر به‌اندازه کل عرض کلاس می‌باشد. شدت آن قابل‌قبول است و قسمت تاریک در

شکل ۱۸. تصویر مدل‌سازی حالت هشتم



شکل ۱۹. تصویر مدل‌سازی حالت هشتم



شکل ۲۰. تصویر مدل‌سازی حالت هشتم

جدول ۱۶. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	Emax[lx]	Emin [lx]	Eav [lx]	r [%]
پلان کار	۰,۴۱۰	۱۳۵۹	۱۹۲	۴۶۷	/
کف		۷۶۱	۱۶۱	۳۲۷	۶۷
سقف		۳۵۸	۱۶۲	۲۵۱	۸۰
دیوار۴	/	۵۸۳	۴۹	۲۷۴	۷۰

پلان کار: شبکه : ۶۴ x ۶۴
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۵۸۵
سقف/سطح کار:۰,۵۳۷
(روشنایی فقط نوروز میباشد.)

جدول ۱۷. نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	[%]فاکتور بازتابش	روشنایی متوسط [lx]		
			مجموع	غیرمستقیم	جهت
کف	۷۰	۶۷	۲۳۲۷	۱۸۳	۱۴۴
سقف	۶۴	۸۰	۲۵۱	۲۵۱	۰,۰۰
دیوار۱	۵۵	۷۰	۲۴۸	۲۴۸	۰,۰۰
دیوار۲	۵۸	۷۰	۲۶۰	۱۷۳	۸۷
دیوار۳	۶۶	۷۰	۲۹۵	۱۸۵	۱۱۱
دیوار۴	۶۵	۷۰	۲۹۲	۲۰۳	۸۹

ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور: ۰,۸۰
ارزشها در لوکس, مقیاس: ۱:۹۰
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۵۸۵
سقف/سطح کار:۰,۵۳۷

E_{min} / E_{max}	u0	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{av} [lx]
0.141	0.410	1359	192	467

یکنواختی روی پلان کار: (۱:۷) ۰.۱۴۱ :E_{min} / E_{max} و (۱:۲) ۰.۴۱۰ :u0))

گوشه‌هایی از عمق کلاس اســت. اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی دارند اما میزهای کنار پنجره دارای خیرگی هســتند. نســبت روشنایی کار در این جهت ۰/۵۸۵ است. شدت تابش وایت برد متوسط و مقــدار آن ۳۴۰ لوکس می‌باشــد و خیرگی ایجاد می‌کند. پس ابعاد بزرگ‌تر در این جهت شرایط ایجاد خیرگی را بیشتر می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج نهایی بر اســاس توجه به تأثیر نــور روز بر روی عملکرد دانش اموزان در فضاهای آموزشی و ســلامتی آنها که در بخش‌های قبل به آن اشــاره شــد با درنظرگرفتن این موضوع و باتوجه‌به اهمیت نور روز در بهبود کیفیت محیطی، بررســی عوامل مختلفی مانند جهت و ابعاد و تأثیرات بصری و غیر بصری پنجره‌های آتلیه‌ها بر کیفیت روشــنایی در شــهر تهران، به‌منظور بهره گیری از نور روز مناسب، موردنظر این نوشته بوده اســت. به این منظور ابتدا عوامل تأثیرگذار در کیفیت نور روز مورد بررسی قرار گرفت. ســپس میزان استاندارد متوسط نور روز و نیز شــدت روشنایی روز در واحد لوکس، در فضاهای اصلی آموزشی یعنــی کلاس‌ها که وجــود نور روز کافی در آن مهم اســت، باتوجه‌به استانداردهای معتبر استخراج شــد. پس از بیان استانداردها و مقادیر مطلوب روشــنایی در کلاس‌های عملی مدل‌ســازی بر مبنای فاکتور نور روز و شدت روشــنایی برای محاسبه خیرگی با نرم‌افزار دیالوکس انجام شــد. بر اساس بررسی انجام شــده نتیجه کلی بر اساس موارد فوق درجدول ۱۸ و۱۹دسته‌بندی می‌شوند: شدت تابش، نسبت سطح نورگیر به کف اتاق، عمق اتاق، ابعاد پنجره و بازتابش جداره‌های کلاس. البته نرم‌افزار عوامل بیشتری و از آن جمله عرض جغرافیایی را با دقت زیاد در محاســبات در نظر می‌گیرد و نتایج آن دقیق‌تر است. از طرفی باتوجه‌به این ابعاد پنجره، میزان روشنایی متوسط این فضاها بر حسب لوکس، در روزهای اول از هر ماه، و جهات جغرافیایی (جنوب، شــمال، شــرق و غرب) در هشت مدل بر کیفیت روشنایی نور روز مورد تحلیل

جدول۱۸ . مقایسه شدت روشنایی کلاس در اول دی ماه

	جبهه جنوبی			جبهه شرقی	
برحسب LX	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل	متوسط روشنایی میانگین	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل	متوسط روشنایی میانگین
کف	۵۷۰	۱۶۳	۳۲۴	۴۷۸	۹۱	۱۸۸
سقف	۳۶۰	۱۶۹	۲۶۷	۲۴۴	۹۸	۱۵۶
دیوار۱			۲۲۱			۱۵۲
دیوار۲			۲۰۳			۲۲۲
دیوار۳			۳۸۸			۱۷۸
دیوار۴			۳۴۹			۱۵۹

جدول۱۹. مقایسه شدت روشنایی کلاس در اول تیرماه

	جبهه شمالی			جبهه شرقی	
برحسب LX	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل	متوسط روشنایی میانگین	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل	متوسط روشنایی میانگین
کف	۱۰۱۸	۲۲۱	۳۹۱	۹۴۰	۲۱۲	۳۷۸
سقف	۳۷۱	۲۱۳	۳۰۴	۳۶۱	۲۱۸	۲۹۷
دیوار۱			۴۰۴			۴۰۱
دیوار۲			۲۹۹			۳۱۶
دیوار۳			۲۹۵			۲۹۵
دیوار۴			۴۲۳			۳۸۰

قرار گرفت و در هر مدل مورد مطالعه، شـدت روشنایی بر روی تخته وایت برد و هر یک از میزها اندازه‌گیری شد و به‌این‌ترتیب مبلمانی که دارای بازتابش زیاد (خیرگی) هستند مشخص گردید.

همچنین متوسط نور روز، توسط فرمول ریاضی مربوط به آن، محاسبه شده اسـت که نتایج محاسبات متوسط نور روز توسط فرمول ریاضی، نتایج نرم افزار را مورد تأیید قرار داده اسـت. نتایج مطالعات نشـان داد کـه مهم‌تریـن عامل در عمق نفـوذ نور در آتلیه‌هـا ابعاد پنجره می‌باشـد. عدم توجه به جهت‌گیری مناسـب پنجره در آتلیه‌ها باعث کیفیت نامناسـب نور و روشـنایی طبیعی است. بر اساس تحلیل‌های انجام شـده عواملی که بر طراحی پنجره و ایجاد خیرگی مؤثر هستند عبارت اسـت از: ابعاد پنجره، جهت پنجره، سـایبان، بافت مصالح که برای نیمه اول سال مناسب‌ترین جهت برای پنجره‌ها ابتدا جهت شرق و سـپس جهت شمال می‌باشد که شدت روشنایی متوسط آن نزدیک به مقدار استاندارد می‌باشد. لازم به ذکر است که روشنایی آتلیه بدون درنظرگرفتن پرتوهای مستقیم خورشید، در ۳۱ خرداد بیشترین و در ۳۰ آذر کمترین مقدار است. بر طبق مدل‌سازی انجام شده برای نیمه دوم سال جهت مناسب برای پنجره جهت شرق با شدت روشنایی ۹۴۰ لوکس و سپس جهت جنوب با شدت روشنایی ۱۰۱۸ لوکس می‌باشد و عمق نفوذ نور مناسـب است و شدت روشنایی به مقادیر مطلوب در فضای آموزشی نزدیک است. هرچند به علت کوتاه بودن ساعات روز در این موقع از سـال، این روشنایی به‌سرعت کاهش می‌یابد. برای جهات دیگر که مقدار شدت روشنایی متوسط زیر ۵۰۰ لوکس است استفاده از نور مصنوعی پیشنهاد می‌شود. شدت نور شمال در طول سال، تغییرات کمتری دارد و نمودار تغییرات آن تقریباً به خط صاف نزدیک‌تر است. بااین‌وجود، شدت نور متوسط آتلیه در حالت رو به شمال، در ۱ تیرماه، بیشترین حالت و در ۱ دی‌ماه، کمترین حد می‌باشد. شدت نور متوسط آتلیه، در جهات غرب و شرق در ساعت ۱۰:۳۰ صبح)زمان محاسبه نور روز در این مدل‌سـازی(در زمان اعتدالین) ۱ مهر و ۱ فروردین (بیشتر است . سپس در تحلیل دیگر تأثیر ابعاد پنجره مورد تحلیل قرار گرفت و مشـخص گردید با افزایش مساحت پنجره عمق نفوذ نور تا ۵۰٪ در کلاس بیشـتر می‌شود و مقدار شدت روشنایی با افزایش ۳۰ درصدی به ۲۳۲۷ لوکس می‌رسد و باعث می‌شود قسمت‌های تاریک در کلاس کمتر گردد و قسـمت‌هایی که خیرگی ایجاد می‌کنند بیشتر می‌شود. بطور کلی در تمام حالت‌هـای موردمطالعه میزهای کار که در مجاور پنجره بودند با دارابودن شـدت تابشـی حداقل ۷۲۰ لوکس خیرگی ایجاد می‌کردند و نیاز به سـایبان داشتند. البته در صورت استفاده از مصالح با بافت مات به‌جای بافت صیقلی و براق و ضریب انعکاس ۸۰٪ خیرگی تا ۷۰٪ کاهش می‌یابد.

از نظر اقلیمی، در اقلیم گرم و خشـک تهران که در تابسـتان نیاز به جلوگیری از تابش مسـتقیم خورشـید، و در زمستان به علت کاهش دما نیاز به جذب تابش خورشـید دارد، با طراحی پنجره رو به شرق و درنظرگرفتن سایه‌بان مناسـب، امکان بهره‌گیری از روشنایی مطلوب روز در فصول مختلف سـال و نیز گرمای حاصل از تابش خورشید در زمستان به وجود می‌آید. در این زمینه پنجره‌های رو به جنوب اولویت بعدی هستند.

پیشنهادات

بر اسـاس مدل‌های به‌دست‌آمده و اطلاعات مندرج در جداول مربوط به آن نشانگر اهمیت چند عامل کیفیت روشنایی و خیرگی می‌باشد:

- استفاده از تابش پراکنده شده (اجازه استفاده از نور مطلوب خورشید در طول روز ، همان چیزی که از آن با لفظ نور روز یاد می‌کنیم). برای این کار استفاده از عناصر پراکنده کننده (مصالح غیر صیقلی و مات)و شیشه مناسب و عناصر ایجاد سایه ضروری است.
- اسـتفاده از رنگ‌های روشـن در داخل بنا برای حداکثر استفاده از تابش به‌ویژه در مناطق با تابش آفتاب کم الزامی و مهم است.
- استفاده از پرده با رنگ مناسب برای پنجره‌ها ضروری است زیرا در برخی از مواقع باید اجازه کنترل مقدار تابش را به افراد استفاده‌کننده از فضا داد.
- فضای مابین دو پنجره در آتلیه باید حداقل ممکن باشـد تا از ایجاد سایه در وسط کلاس جلوگیری شود.
- اسـتفاده از بازتابنده نـور در آتلیه‌ها برای جلوگیـری از ورود نور خیره‌کننده به کلاس مناسب است و باید تعبیه شود.
- در کل برای آتلیه‌ها پنجره با مساحت ۳۰ تا ۶۰ درصد فضای نما و یا حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد مساحت کلاس مناسب است.

در انتها یادراور می‌شـود که توزیع پراکندگی نور در آتلیه‌ها یکسـان نمی‌باشـد و برخی نقاط نور بیشـتری دریافـت می‌کنند و برخی نور کمتـر، این همان نکته‌ای اسـت که در پلان توزیع نور روز مشـاهده می‌شود و همان‌طور که بررسی شد شدت روشنایی در نزدیک پنجره‌ها بیشتر است و مبلمانی که در این قسمت قرار می‌گیرد بیشترین میزان خیرگی را ایجاد می‌کند ازاین‌رو اسـتفاده از مصالح غیر صیقلی و مات که بازتابش پراکنده داشـته باشـند مورد لزوم است. موارد ذکر شده در این مقاله تغییراتی اسـت که می‌توان در فضا ایجاد کرد تا کیفیت روشـنایی ارتقا یابد و خیرگی به حداقل برسـد. البته در این مقاله به تأثیر نحوه چیدمان کلاس‌ها و تأثیر آن بر کیفیت روشـنایی پرداخته نشد.

پی‌نوشت‌ها

۱. نرم‌افـــزار دیالوکس یکـــی از قدرتمندترین نرم‌افزارهـــا در زمینه طراحی روشنایی داخلی و خارجی است. تمام پلان‌ها و پرسپکتیوها و جداول مندرج در این مقاله در نرم‌افزار دیالوکس تهیه و تدوین شده‌اند.

فهرست مراجع

۱. شـــاتریان، رشـــا. (۱۳۸۸). *اقلیم و معماری. چاپ دوم* . تهران: انتشارات سیمای دانش.

۲. حســـین‌خانی، فریدون. (۱۳۸۷). *پروژه نرم افـــزار صرفه جویی انرژی در ساختمان* . تهران : انتشارات مرکز مطالعات انرژی ایران.

۳. احـــدی، امیـــن الـــه؛ و خانمحمدی،محمدعلـــی.(۱۳۹۳). عملکرد بهتر دانشـــجویان با بهره گیری مناســـب از نور روز در کلاسهای آموزشی بررسی موردی: دانشـــکده معماری دانشـــگاه علم وصنعت ایران، *فصلنامه معماری و شهرسازی* ، ۱۵، ۴۱-۲۵.

۴. قیابکلو، زهره ؛ و موذنی، محمدحسنی. (۱۳۹۳). شبیه سازی تاثیرگذاری سایه بانهای افقی بر توزیع نور روز و اسایش بصری(نمونه موردی: فضای اداری در شهر تهران) ، *اولین کنگره بین المللی پایداری در معماری شهرسازی-شهر مصدر*، کانون سراســـری انجمنهای معمار ایران، دانشـــگاه ازاد اسلامی واحد امارات، اسفند، امارات متحده عربی- دبی و ابوظبی.

۵. مهـــدوی نـــژاد، محمدجواد ؛ طاهبـــاز، منصوره ؛ و دولـــت آبادی، مهناز (۱۳۹۵) . بهینه ســـازی تناسبات و نحوه اســـتفاده از رف نوری در معماری کلاس های آموزشی، *هنرهای زیبا*، ۲(۲) , ۸۱-۹۲.

۶. محمدی تبـــار، آیت ؛ و فیاض،ریمـــا. (۱۳۹۱) . طراحی داخلی یک اتاق خواب نمونه برای استفاده بهینه از نورطبیعی. *فصلنامه معماری و شهرسازی*، ۸، ۲۱-۵.

7. British Standards Institution. (2008*). BS 8206-2, Lighting for Building, Part 2 Code of Practice for Daylighting.* UK: Author.

8. Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) (1999) *daylighting and window design*, London: Author.

9. Department for Education and Employment (DFEE) (1999) *Lighting Design for schools*, London: Author.

10. Reinhart, C. F. (2002). Effects of interior design on the daylight availability in open plan offices. *Proceedings of the 2002 American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 3, 309-322.

11. Kristensen, P. (2011). *Efficient use of day light in commercial buildings, Esbensen, Copenhagen.* Denmark: consulting engineers FIDIC.

12. Dubois,M.C. (2010). *Impact of solar shading devices on daylight quality: Measurements in Experimental office rooms*. Sweden: lund university.

13. Baker, N., Steemers, K., Compagnon, R., Crowther, D., Littlefair, P., Aschelhoug, O., ... & Parpairi, K. (2002). *Daylight Design of Buildings* (No. BOOK). James & James LTD, London.

14. Kellert, S., & Heerwagen, J. (2008). *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing building to life*. New jersey . John Wiely & sons.

15. Kuller,R. ,& Lindsten,C. (1992). Health and behaviour in classrooms with and without windows, *Journal of environmental psychology*, 12, 305-317.

ISSN 17359562 DOI: 10.30495/HOVIATSHAHR.2021.15863 © 2021 IAU

The Effect of Effective Applied Components on Designing Practical Classroom Window with Emphasis on Optimal Use of Daylight Reflection in Tehran

Sara Sadat Kargar, *Ph.D. Candidate of Architecture, Department of Architecture , North Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

Mahnaz Mahmoody Zarandi*, *Associate Professor, Faculty Member of Department of Architecture, North Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

Mahdi Khakzand, *Associate Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran.*

Abstract

Paying attention to environmental quality factors in designing educational spaces has a great impact on the performance of the main users of these spaces, i.e. students. In this context, One of the most effective environmental quality factors is the use of daylight in educational spaces, which in addition to affecting how users perform , also affects the amount of energy savings. The quality of daylight is the most important factor affecting student performance. Considering all the features, designers should design the daylight and artificial lighting from the initial stage of design so that they can provide a comfortable and healthy environment. Adequate clarity is a prerequisite for performing visual tasks but in many cases, visual vision is still dependent on other factors depends. To properly distribute light, it is important to know that the amount of light in a space is determined by the reflection of surfaces and direct ambient light. The goal of interior architecture in practical classes is to improve the physical and mental function of the space to facilitate its activity. Color, light, textures, furniture, and all the factors in the workshop are an integral part of interior architecture. One of the various factors that affect architecture is the light factor, which in this article deals with the visual quality of this important factor. The purpose of this research is to achieve the extent and effect of the direction and dimensions of the window on the proper use of daylight and the quality of lighting in a classroom in various situations. The main variables in this research for windows are the dimensions of the glass surface and the reflection of the materials, which have been studied as factors analyzed in the charitable design and the quality of lighting and the visual and non-visual effects of the window. This research is applied in terms of purpose and descriptive-quantitative in terms of type of research and analytical- numerical research method is based on computer modeling. The example of this research is a common class of practical courses that includes research variables and the software checked the quality of its lighting in different directions on the first day of each month then effect of window dimensions in the workshop was then evaluated by Dialux software. It should be noted that the case study of this article has many similarities in terms of design principles with most classes of practical courses in Iranian schools. Possible results suggest that not only the placement of the window in the classroom but also the dimensions of the window and the texture of materials and furniture can have a major impact on the quality and quality of lighting in practical classrooms and the designers of the studios will be aware of the quality of work and increase the efficiency of service and study, reduce errors and increase the accuracy of the staff, prevent the feeling of tiredness and maintain the health and vision of the users of the studios and motivate the design is.

Keywords: Daylight, Glare, Lighting quality, Window.

* Corresponding Author Email: mahnaz_mahmoody@yahoo.com