

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

دکتر سارا سادات کارگر**، دکتر مهناز محمودی زرنندی***، 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 روشنی 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 روشنی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر 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 روشنی 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 روشنی در کلاس می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی

نور روز، خیرگی، کیفیت روشنی، 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 تأکید بر عوامل کالبدی مؤثر در استفاده بهینه از نور روز» در دانشگاه آزاد تهران شمال، با راهنمایی خانم دکتر مهناز محمودی زرنندی 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

Email: mkhakzand@iust.ac.ir

****دانشیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.

مقدمه

یکی از این عوامل کیفی، توجه به نور روز است. قرار گرفتن 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، خانمحمودی، 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 به صورت 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، (محمودی 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 در نظر گرفتن 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 بهره‌گیری از نور روز در فضای مورد مطالعه 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 پیش‌از این اشاره شد مطالعات انجام شده تاکنون در مورد استفاده از روشنایی طبیعی عمدتاً معطوف به تعیین سطح بهینه نورگیرهای سقفی و طراحی سایبان‌های خارجی بوده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار کالکیولوکس (Kristensen, 2011). محققینی نیز بر روی تأثیرگذاری اجزا الحاقی سطوح نور گذر بر دریافت نور روز کار کرده‌اند. 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. (مهدوی نژاد 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. (محمودی 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 روز را لحاظ روانی و جسمی بسیار بیشتر از تأمین روشنایی با برق است. در همین راستا تحقیقات و مطالعات بی‌شماری در سراسر دنیا در رابطه با بهره‌گیری از نور روز انجام گرفته است؛ مانند انجمن‌های روشنایی؛ مانند انجمن‌های روشنایی CIE؛ انجمن روشنایی آمریکا 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 درصد نما) پنجره با مدل‌سازی در نرم‌افزار دیالوکس ۱، که امکان شبیه‌سازی فضاهای معماری با در نظر گرفتن طول و عرض جغرافیایی شهر تهران، ابعاد فضاها، جنس جدارها، جنس شیشه، جهت‌گیری و سایر عوامل مؤثر، را دارد، در اولین روز هر ماه ابعاد نورگیر مناسب فضاها مشخص شود. ارزیابی برای هر کدام از حالت‌های پیش‌فرض مورد تحلیل و بررسی 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) انجام گرفته است و سپس بر مبنای استدلال استقرایی نتایج به دست آمده تعمیم داده شده و به صورت 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 می‌شود (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

$$D = \frac{TAwaM}{A(1-R^2a)}$$

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 قابل توجهی 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 نشان داده شده است.

شبیه‌سازی

در مقاله حاضر شبیه‌سازی از نرم‌افزار دیالوکس ۴/۱۲^۱ استفاده شده است. در این نرم‌افزار برای محاسبه روشنایی اطلاعات مربوط به ابعاد فضا، رنگ جدارها (سقف، کف، دیوارها) میزان آلودگی هوا، محل استقرار پروژه و نظایر اینها به عنوان اطلاعات ورودی داده می‌شود و آنگاه پس از وارد کردن 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 بهره‌گیری 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 آسمان در روز

جدول ۱. شدت روشنایی مناسب در فضاهای آموزشی (۱۹۹۹، ۲۳: ۰۰۰۰۰۰: ۰۰۰۰۰۰)

کاربری	شدت مورد نیاز (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 باتوجه به مبلمان در فضاهای آموزشی (منبع: ۲۰۰۸، ۲-۸۰۲۶: ۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰)

حداقل عامل نور روز قابل قبول	مقدار عامل نور روز مناسب	کاربری های مختلف آموزشی در مدارس و دانشگاه ها
۲	۵	میزهای کلاس درس
۰,۳	۱	سطح انجام کار در سالن گردهمایی
۲	۵	میزهای کار کارگاه ها

مورد مطالعه 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 می باشد (CIBSE, 1999)؛ که مساحت آن ۸ مترمربع می باشد. مشخصات مصالح و مبلمان موجود در کلاس که به عنوان اطلاعات پایه به نرم افزار داده شد در جدول های 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 زمان های بحرانی نیست و از پیش فرض های نرم افزار برای نور روز است) در جهات مختلف شمال، جنوب، شرق و غرب به وسیله نرم افزار دیالوگس محاسبه گردید. سپس شدت روشنایی بر روی وایت برد و میزهای کار تحلیل گردید. ۲- در حالت دوم شدت روشنایی حداکثر و حداقل

مورد نظر مشخص گردد. وضعیت آسمان در این نرم افزار به سه حالت آفتابی و نیمه ابری و تمام ابری است (شاتریان، ۱۳۸۸). شبیه سازی 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 اندازه گیری می شود، H ارتفاع پنجره از کف اتاق برحسب متر است، Rb متوسط ضریب انعکاس از کلیه سطوح داخلی اتاق شامل سقف، دیوارها و کف می باشد (CIBSE, 2011, 26). کلاس عملی

جدول ۳. مشخصات مصالح بکار رفته در کلاس عملی

دیوار	کف	سقف
دیوار گچی به رنگ کرم روشن با انعکاس ۸۰ درصد و زبری ۵۰ درصد	کف سنگ گرانیتی ابری به رنگ خاکستری با ضریب انعکاس ۵۰ درصد و زبری ۳۰ درصد	سقف کچی به رنگ خاکستری روشن با انعکاس ۷۰ 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 ۲×۱ متر	عرض ۴ متر و ارتفاع ۲ متر	ابعاد ۸۰×۱۲۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱/۱۰ متر	به ابعاد ۲×۳ متر	

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 تناسب فضا با توجه به 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 به خوبی روشن شود. این رابطه که شاخص نامیده می‌شود به صورت زیر است (CIBSE, 1999).

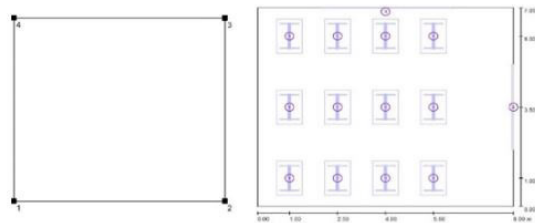
فرم کلی کلاس عملی موردنظر که مورد تحلیل قرار گرفته است به شکل ۱ می‌توان مشاهده کرد.

باتوجه به ابعاد و اندازه‌های فوق الذکر، موقعیت جغرافیایی شهر تهران با مختصات ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ضریب آلودگی ۷/۰ برای تهران و ضریب انعکاس ۷۰٪ برای سطوح براق (جدول ۵) و بدون در نظر گرفتن موانع خارجی برای عبور نور به داخل فضا در نظر گرفته

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 به دست آمده با جدول‌های استاندارد مقایسه می‌شود سپس با توجه به 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 در نظر گرفتن تابش مستقیم ضریب خورشید محاسبه می‌شود. (Baker et al., 2002, 73) تابش آفتاب و عرض جغرافیایی و موقعیت بستر طرح و فضا از نظر همجواری‌ها و بدنه‌ها و ارتفاع بدنه‌های کالبدی جلوی سطوح نورگیر بر عامل نور روز مؤثر است. مکان‌یابی ساختمان در محوطه، توجه به سایه اندازی‌ها، 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



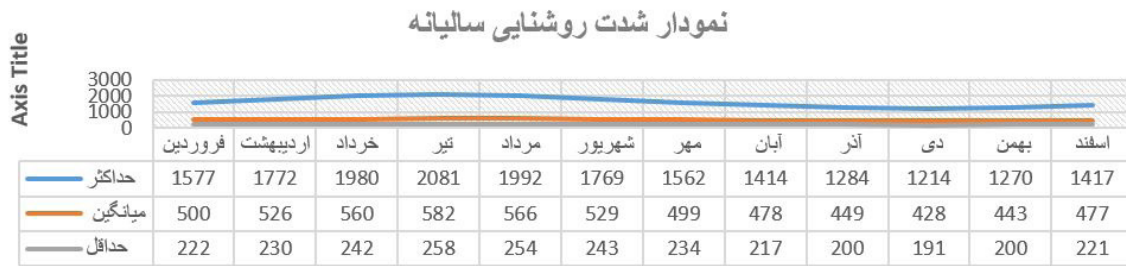
بخش مرزی: ۰,۰۰۰ m ارتفاع اتاق: ۳,۰۰۰ متر ضریب کاهش نور: ۰,۸۰ ارتفاع سطح انجام کار: ۰,۷۶۰ m

سطح	Rho	from ([m] [m])	towards ([m] [m])	طول [m]
کف	۶۷	/	/	/
سقف	۸۰	/	/	/
دیوار ۱	۷۰	(۰,۰۰۰ ۰,۰۰۰)	(۸,۰۰۰ ۰,۰۰۰)	۸,۰۰۰
دیوار ۲	۷۰	(۸,۰۰۰ ۰,۰۰۰)	(۸,۰۰۰ ۷,۰۰۰)	۷,۰۰۰
دیوار ۳	۷۰	(۸,۰۰۰ ۷,۰۰۰)	(۰,۰۰۰ ۷,۰۰۰)	۸,۰۰۰
دیوار ۴	۷۰	(۰,۰۰۰ ۷,۰۰۰)	(۰,۰۰۰ ۰,۰۰۰)	۷,۰۰۰

شکل ۱. تحلیل فرم کلی کلاس عملی

جدول ۵. فهرست اجزای مورد بررسی

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



شکل ۲. نمودار شدت روشنایی سالیانه

نور طبیعی نیاز هست بدین ترتیب اولویت برای استفاده از فاکتورهای 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.

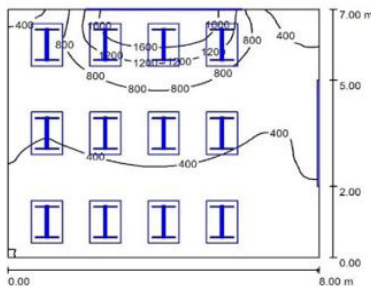
حالت نخست: شکل ۳ و ۴ و ۵ اولین حالت بررسی برای اول تیرماه و جهت شمال با ابعاد پنجره ۳۰٪ نما در نظر گرفته شد. براساس داده های جدول ۷ و ۶ شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۲۰۱۲ لوکس و حداقل ۲۷۱ لوکس و مقدار متوسط آن ۵۷۹ لوکس می باشد. عمق نفوذ نور کمتر از ۴ متر می باشد و اکثر میزکار شدت تابش قابل توجهی دارند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۶۱۴ است و کمترین شدت روشنایی مربوط به گوشه های دیوار پنجره است.

حالت دوم: در حالت دوم بررسی برای اول تیرماه در جهت جنوب با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. بر اساس داده های

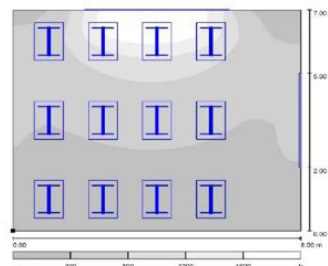
شد. بمنظور بررسی کیفیت نور در چهار جهت اصلی شمال و جنوب و شرق و غرب در ساعت ۱۰:۳۰ (پیش فرض نرم افزار) مدل سازی رایانه ای صورت گرفته است و نتایج آن با استانداردهایی که در بخش قبلی به آن اشاره شد مقایسه گردید. سپس با تغییر در ابعاد پنجره در مقیاس ۱.۵ تغییرات شدت روشنایی در آتلیه و عمق نفوذ نور مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود محور افقی بیانگر اولین روز هرماه می باشد و محور عمودی شدت روشنایی را نشان میدهد. باتوجه به موارد مذکور مشاهده می شود که بیشترین شدت روشنایی متوسط مربوط به روز یکم تیرماه با شدت لوکس ۲۰۸۱ است. بیشترین میزان شدت حداکثر و حداقل نیز مربوط به همین روز است. همچنین براساس داده های بدست آمده کمترین شدت روشنایی متوسط مربوط به روز یکم دی ماه با مقدار ۱۲۱۴ لوکس است. البته قابل ذکر است که در فصل تابستان کمتر از زمستان به



شکل ۳. تصاویر مدل سازی حالت اول



شکل ۵. تصاویر مدل سازی حالت اول



شکل ۴. تصاویر مدل سازی حالت اول

جدول ۶. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	E _{max} [lx]	E _{min} [lx]	E _{av} [lx]	r [%]
پلان کار	۰.۴۶۷	۲۰۱۲	۲۷۱	۵۷۹	/
کف	۰.۵۶۴	۱۰۱۸	۲۲۱	۳۹۱	۶۷
سقف	۰.۶۹۹	۳۷۱	۲۱۳	۳۰۴	۸۰
دیوار ۴	/	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 نور روز می‌باشد.

جدول ۷. نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	روشنایی متوسط [lx]		[%] فاکتور بازتابش	جهت
		مجموع	غیرمستقیم		
کف	۸۳	۳۹۱	۲۲۲	۶۷	۱۶۹
سقف	۷۷	۳۰۴	۳۰۴	۸۰	۰,۰۰
دیوار ۱	۹۰	۴۰۴	۲۲۶	۷۰	۱۷۸
دیوار ۲	۶۷	۲۹۹	۱۹۹	۷۰	۱۰۰
دیوار ۳	۶۶	۲۹۵	۲۹۵	۷۰	۰,۰۰
دیوار ۴	۹۴	۴۲۳	۲۶۲	۷۰	۱۶۰

ارتفاع اتاق: ۳ متر
 ضریب کاهش نور: ۰.۸۰
 ارزشها به لوکس، درمقیاس: ۱:۹۰ سهم روشنایی (مطابق با ۱۱۷۷) دیوارها: ۰.۵۷۳
 سقف/سطح کار: ۰.۵۳۸

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

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

هویت شهر

شماره چهارم و هفتم / سال پانزدهم / پاییز ۱۴۰۰

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 متوسط با استاندارد هماهنگی دارد. عمق نفوذ نور ۷ متر به اندازه عرض آتلیه می‌باشد و شدت متوسطی برابر استاندارد دارد و اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی دارند به جز میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی هستند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۶۲۵ است. شدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار آن ۳۱۰ لوکس می‌باشد. بر اساس داده‌ها در اول تیرماه بهترین جهت قرارگیری برای پنجره از نظر کیفیت و شدت روشنایی است.

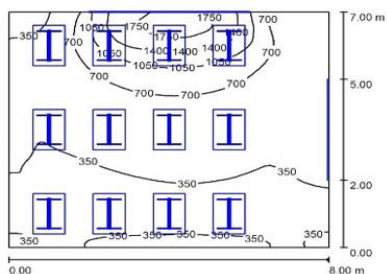
حالت چهارم: حالت چهارم بررسی برای اول تیرماه در جهت غرب

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

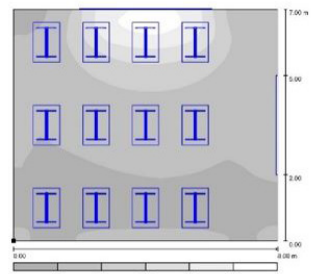
حالت سوم: شکل ۶ و ۷ و ۸ حالت سوم بررسی برای اول تیرماه در جهت شرق با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. بر اساس



شکل ۶. تصاویر مدل سازی حالت سوم



شکل ۸. تصاویر مدل سازی حالت سوم



شکل ۷. تصاویر مدل سازی حالت سوم

جدول ۸. نتایج مدل سازی

r [%]	E _{av} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	u0	a
/	۵۵۵	۲۷۱	۱۹۷۴	۰,۴۸۸	پلان کار
۶۷	۳۷۸	۲۱۲	۹۴۰	۰,۵۶۱	کف
۸۰	۲۹۷	۲۱۸	۳۶۱	۰,۷۳۶	سقف
۷۰	۳۴۸	۷۸	۵۹۱	/	دیوار ۴

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

جدول ۹. نتایج مدل سازی

سطح	متوسط روشنایی	[%] فاکتور بازتابش	روشنایی متوسط [lx]	
			مجموع	غیرمستقیم
کف	۸۱	۶۷	۳۷۸	۲۱۸
سقف	۷۶	۸۰	۲۹۷	۲۹۷
دیوار ۱	۸۹	۷۰	۴۰۱	۲۲۵
دیوار ۲	۷۰	۷۰	۳۱۶	۲۰۳
دیوار ۳	۶۶	۷۰	۲۹۵	۲۹۵
دیوار ۴	۸۵	۷۰	۳۸۰	۲۴۳

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

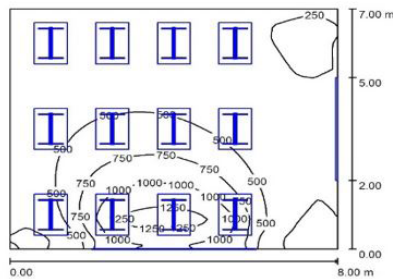
یکنواختی روی پلان کار (۱:۱۰) ۰,۱۳۷ و E_{min} / E_{max} و (۱:۲) ۰,۴۸۸ u0 :

حالت پنجم: شکل ۹ و ۱۰ و ۱۱ حالت پنجم بررسی برای اول دی‌ماه در جهت جنوب با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. باتوجه به داده‌های جدول ۱۰ و ۱۱ شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۱۴۱۶ لوکس و حداقل ۱۷۱ لوکس است و مقدار متوسط آن ۴۹۴ لوکس می‌باشد که تقریباً برابر با مقدار استاندارد می‌باشد. عمق نفوذ نور کمتر از ۵ متر می‌باشد اما شدت آن زیاد است و در این حالت بازتابش نور قابل توجه 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

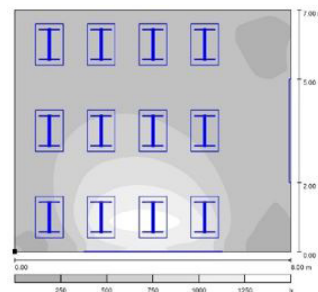
با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. باتوجه به داده‌های به‌دست آمده شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۱۲۲۳ لوکس و حداقل ۲۱۵ لوکس است و مقدار متوسط آن ۴۲۸ لوکس می‌باشد که کمتر از مقدار استاندارد می‌باشد. عمق نفوذ نور کمتر از ۳ متر می‌باشد اما شدت آن کم است و کمترین مقدار آن عمق کلاس است. اکثر میزهای کار شدت تابش قابل قبولی ندارند و میزهای کنار پنجره که دارای خیرگی هستند. نسبت روشنایی در این جهت ۰/۶۸۷ است. شدت تابش وایت برد متوسط است و مقدار آن ۴۲۰ لوکس می‌باشد و خیرگی ایجاد می‌کند.



شکل ۹. تصاویر مدل‌سازی حالت پنجم



شکل ۱۱. تصاویر مدل‌سازی حالت سوم



شکل ۱۰. تصاویر مدل‌سازی حالت سوم

جدول ۱۰. نتایج مدل‌سازی

سطح	u_0	$E_{max}[lx]$	$E_{min}[lx]$	$E_{av}[lx]$	$r[\%]$
پلان کار	۰,۳۴۷	۱۴۱۶	۱۷۱	۴۹۴	/
کف	۰,۵۰۴	۵۷۰	۱۶۳	۳۲۴	۶۷
سقف	۰,۶۳۳	۳۶۰	۱۶۹	۲۶۷	۸۰
دیوار ۴	/	۶۲۶	۵۰	۲۹۱	۷۰

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

جدول ۱۱. نتایج مدل سازی

سطح	متوسط روشنایی	روشنایی متوسط [lx]		فاکتور بازتابش [%]
		مجموع	غیرمستقیم	
کف	۶۹	۳۲۴	۱۹۳	۶۷
سقف	۶۸	۲۶۷	۲۶۷	۸۰
دیوار ۱	۴۹	۲۲۱	۲۲۱	۷۰
دیوار ۲	۴۵	۲۰۳	۱۶۲	۷۰
دیوار ۳	۸۶	۳۸۸	۲۰۷	۷۰
دیوار ۴	۷۸	۳۴۹	۲۳۴	۷۰

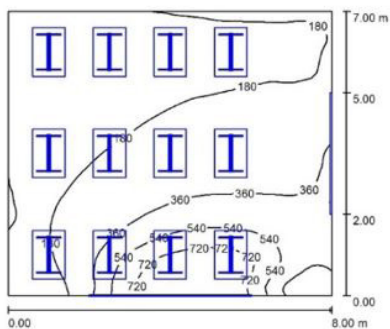
ارتفاع اتاق: ۳ متر
ضریب کاهش نور: ۰.۸۰
ارزشها در لوکس، مقیاس: ۱:۹۰
سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰.۶۰۵
سقف/سطح کار: ۰.۵۴۱

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

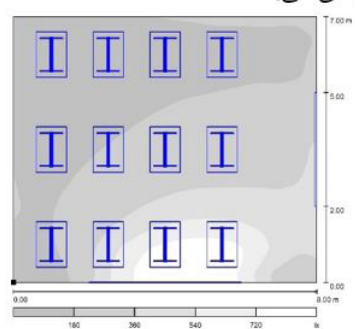
یکنواختی روی پلان کار: ((u0: ۰.۳۴۷ (۱:۳) و E_{min} / E_{max} : ۰.۱۲۱ (۱:۸)))

روشنایی در این جهت ۰/۶۳۲ است. شدت تابش و ایت برد متوسط است و مقدار آن ۲۲۰ لوکس می باشد.
حالت هفتم: شکل ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ حالت هفتم بررسی در جهت جنوب است در حالی که ابعاد پنجره ۱،۵ برابر حالت قبل یعنی ۱۲ مترمربع در نظر گرفته شد. باتوجه به داده های جدول ۱۴ و ۱۵ شدت روشنایی در این حالت حداکثر ۱۲۳۴ لوکس و حداقل ۱۷۴ لوکس است و مقدار متوسط آن ۴۳۱ لوکس می باشد که نزدیک به مقدار استاندارد می باشد و نسبت به مدل قبل (مساحت پنجره ۸ متر) بیشتر شده و به اندازه استاندارد نزدیک شده است. عمق نفوذ

آن ۲۵۰ لوکس می باشد.
حالت ششم: شکل ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ حالت ششم بررسی برای اول دی ماه در جهت شرق با ابعاد پنجره ۳۰ درصد نما در نظر گرفته شد. باتوجه به داده های جدول ۱۲ و ۱۳ شدت روشنایی در آتلیه حداکثر ۹۶۰ لوکس و حداقل ۱۰۸ لوکس است و مقدار متوسط آن ۲۷۸ لوکس می باشد که کمتر از مقدار استاندارد می باشد. عمق نفوذ نور ۷ متر به اندازه عرض آتلیه می باشد 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



شکل ۱۴. تصویر مدل سازی حالت ششم



شکل ۱۳. تصویر مدل سازی حالت ششم



شکل ۱۲. تصویر مدل سازی 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
دیوار ۴	/	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 نورروز میباشد.)

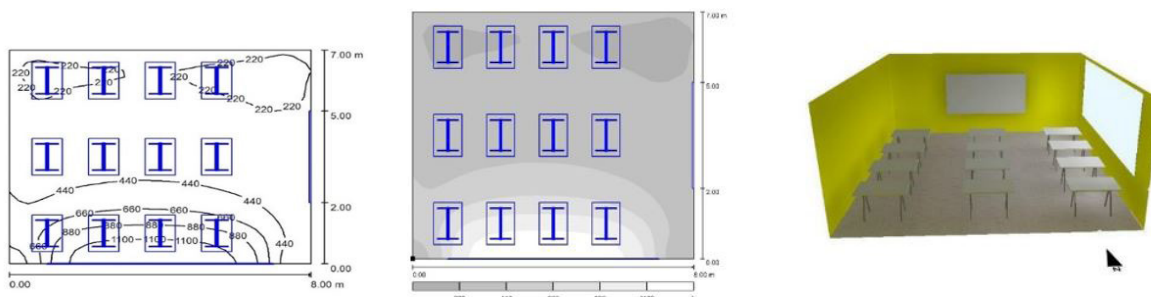
جدول ۱۳. نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	روشنایی متوسط [lx]		[%] فاکتور بازتابش
		مجموع	غیرمستقیم	
کف	۴۰	۱۸۸	۱۲۰	۶۷
سقف	۴۰	۱۵۶	۱۵۶	۰,۰۰
دیوار ۱	۳۴	۱۵۲	۱۵۲	۰,۰۰
دیوار ۲	۴۹	۲۲۲	۱۱۶	۱۰,۶
دیوار ۳	۴۲	۱۷۸	۱۱۹	۶۷
دیوار ۴	۳۵	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 مدل سازی

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
دیوار ۴	/	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 مدل سازی

سطح	متوسط روشنایی	بازتاب [%]	روشنایی متوسط [lx]	
			مجموع	غیرمستقیم
کف	۶۴	۶۷	۲۹۹	۱۶۹
سقف	۵۹	۸۰	۲۳۲	۰,۰۰
دیوار ۱	۵۲	۷۰	۲۳۲	۰,۰۰
دیوار ۲	۴۷	۷۰	۲۱۲	۱۵۰
دیوار ۳	۶۰	۷۰	۲۷۰	۱۶۶
دیوار ۴	۷۱	۷۰	۳۱۹	۲۰۳

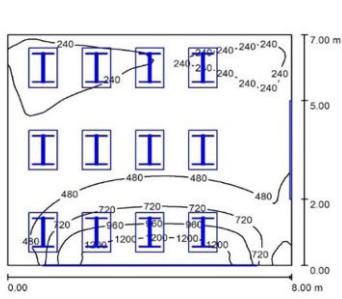
ارتفاع اتاق: ۳ متر
 ضریب کاهش نور: ۰,۸۰
 ارزشها در لوکس، مقیاس: ۱:۹۰
 سهم روشنایی (مطابق با LG7) دیوارها/سطح کار: ۰,۶۰۱
 سقف/سطح کار: ۰,۵۳۷

E _{av} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	u0	E _{min} / E _{max}
431	174	1234	0.405	0.141

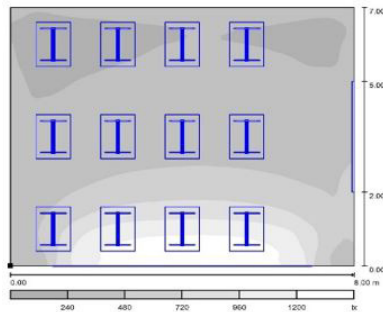
یکنواختی روی پلان کار: ((u0: ۰,۴۰۵ (۱:۲) و E_{min} / E_{max}: ۰,۱۴۱ (۱:۷)))

حالت هشتم: شکل ۱۸ و ۱۹ و ۲۰ حالت هشتم بررسی در جهت شرق درحالی که ابعاد پنجره ۱.۵ برابر حالت قبل یعنی ۱۲ مترمربع در نظر گرفته شد. باتوجه به داده های جدول ۱۶ و ۱۷ شدت روشنایی در این حالت حداکثر ۱۳۵۹ لوکس و حداقل ۱۹۲ لوکس است و مقدار متوسط آن ۴۶۷ لوکس می باشد که نزدیک به مقدار استاندارد می باشد و نسبت به مدل قبل (مساحت پنجره ۸ متر) بیشتر شده و به اندازه استاندارد نزدیک شده است. عمق نفوذ نور ۷ متر به اندازه کل عرض کلاس می باشد. شدت آن قابل قبول است و قسمت تاریک در

نور ۷ متر به اندازه کل عرض کلاس می باشد اما در مدل قبلی عمق نفوذ نور حدود ۴ متر بود و مناسب نبود. شدت آن قابل قبول است و قسمت تاریک در گوشه هایی 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 می باشد و خیرگی ایجاد نمی کند. پس ابعاد بزرگ تر در این جهت شرایط را به استاندارد نزدیک می کند.



شکل ۱۸. تصویر مدل‌سازی حالت هشتم



شکل ۱۹. تصویر مدل‌سازی حالت هشتم



شکل ۲۰. تصویر مدل‌سازی حالت هشتم

جدول ۱۶. نتایج مدل‌سازی

سطح	u0	E _{max} [lx]	E _{min} [lx]	E _{av} [lx]	r [%]
پلان کار	۰,۴۱۰	۱۳۵۹	۱۹۲	۴۶۷	/
کف		۷۶۱	۱۶۱	۳۲۷	۶۷
سقف		۳۵۸	۱۶۲	۲۵۱	۸۰
دیوار ۴	/	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 نور روز میباشد.)

جدول ۱۷. نتایج مدل‌سازی

سطح	متوسط روشنایی	روشنایی متوسط [lx]		بازتاب [%] فاکتور بازتابش	متوسط روشنایی	جهت
		مجموع	غیرمستقیم			
کف	۷۰	۲۳۲۷	۱۸۳	۶۷	۱۴۴	
سقف	۶۴	۲۵۱	۲۵۱	۸۰	۰,۰۰	
دیوار ۱	۵۵	۲۴۸	۲۴۸	۷۰	۰,۰۰	
دیوار ۲	۵۸	۲۶۰	۱۷۳	۷۰	۸۷	
دیوار ۳	۶۶	۲۹۵	۱۸۵	۷۰	۱۱۱	
دیوار ۴	۶۵	۲۹۲	۲۰۳	۷۰	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 _{av} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	u0	E _{min} / E _{max}
467	192	1359	0.410	0.141

یکنواختی روی پلان کار: (۱:۷) E_{min} / E_{max}: ۰,۱۴۱ و (۱:۲) u0: ۰,۴۱۰

روز مورد بررسی قرار گرفت. سپس میزان استاندارد متوسط نور روز و نیز شدت روشنایی روز در واحد لوکس، در فضاهای اصلی آموزشی یعنی کلاس‌ها که وجود نور روز کافی در آن مهم است، باتوجه به استانداردهای معتبر استخراج شد. پس از بیان استانداردها و مقادیر مطلوب روشنایی در کلاس‌های عملی مدل‌سازی بر مبنای فاکتور نور روز و شدت روشنایی برای محاسبه خیرگی با نرم‌افزار دیالوکس انجام شد. بر اساس بررسی انجام شده نتیجه کلی بر اساس موارد فوق در جدول ۱۸ و ۱۹ دسته‌بندی 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 محاسبات در نظر می‌گیرد و نتایج آن دقیق‌تر است. از طرفی باتوجه به این ابعاد پنجره، میزان روشنایی متوسط این فضاها بر حسب لوکس، در روزهای اول از هر ماه، و جهات جغرافیایی (جنوب، شمال، شرق و غرب) در هشت مدل بر کیفیت روشنایی نور روز مورد تحلیل

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

نتیجه‌گیری

نتایج نهایی بر اساس توجه به تأثیر نور روز بر روی عملکرد دانش آموزان در فضاهای آموزشی و سلامتی آنها که در بخش‌های قبل به آن اشاره شد با در نظر گرفتن این موضوع و باتوجه به اهمیت نور روز در بهبود کیفیت محیطی، بررسی عوامل مختلفی مانند جهت و ابعاد و تأثیرات بصری و غیر بصری پنجره‌های آتلیه‌ها بر کیفیت روشنایی در شهر تهران، به منظور بهره‌گیری از نور روز مناسب، مورد نظر این نوشته بوده است. به این منظور ابتدا عوامل تأثیرگذار در کیفیت نور

جدول ۱۸. مقایسه شدت روشنایی کلاس در اول دی ماه

برحسب LX	جبهه جنوبی		جبهه شرقی	
	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل
کف	۵۷۰	۱۶۳	۴۷۸	۹۱
سقف	۳۶۰	۱۶۹	۲۴۴	۹۸
دیوار ۱			۲۲۱	
دیوار ۲			۲۰۳	
دیوار ۳			۳۸۸	
دیوار ۴			۳۴۹	

جدول ۱۹. مقایسه شدت روشنایی کلاس در اول تیرماه

برحسب LX	جبهه شمالی		جبهه شرقی	
	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل	متوسط روشنایی حداکثر	متوسط روشنایی حداقل
کف	۱۰۱۸	۲۲۱	۹۴۰	۲۱۲
سقف	۳۷۱	۲۱۳	۳۶۱	۲۱۸
دیوار ۱			۴۰۴	
دیوار ۲			۲۹۹	
دیوار ۳			۲۹۵	
دیوار ۴			۴۲۳	

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

همچنین متوسط نور روز، توسط فرمول ریاضی مربوط به آن، محاسبه شده است که نتایج محاسبات متوسط نور روز توسط فرمول ریاضی، نتایج نرم افزار را مورد تأیید قرار داده است. نتایج مطالعات نشان داد که مهم‌ترین عامل در عمق نفوذ نور در آتلیه‌ها ابعاد پنجره می‌باشد. عدم توجه به جهت‌گیری مناسب پنجره در آتلیه‌ها باعث کیفیت نامناسب نور و روشنایی طبیعی است. بر اساس تحلیل‌های انجام شده عواملی که بر طراحی پنجره و ایجاد خیرگی مؤثر هستند عبارت است از: ابعاد پنجره، جهت پنجره، سایبان، بافت مصالح که برای نیمه اول سال مناسب‌ترین جهت برای پنجره‌ها ابتدا جهت شرق و سپس جهت شمال می‌باشد که شدت روشنایی متوسط آن نزدیک به مقدار استاندارد می‌باشد. لازم به ذکر است که روشنایی آتلیه بدون در نظر گرفتن پروتهای 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 مناسب است و شدت روشنایی به مقادیر مطلوب در فضای آموزشی نزدیک است. هرچند به علت کوتاه بودن ساعات روز در این موقع از سال، این روشنایی به سرعت 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. با این وجود، 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 مدل‌سازی (در زمان اعتدالین) ۱ مهر و ۱ فروردین (بیشتر است). سپس در تحلیل دیگر تأثیر ابعاد پنجره مورد تحلیل قرار گرفت و مشخص گردید با افزایش مساحت پنجره عمق نفوذ نور تا ۵۰٪ در کلاس بیشتر می‌شود و مقدار شدت روشنایی با افزایش ۳۰ درصدی به ۲۳۲۷ لوکس می‌رسد و باعث می‌شود قسمت‌های تاریک در کلاس کمتر گردد و قسمت‌هایی که خیرگی ایجاد می‌کنند بیشتر می‌شود. بطور کلی در تمام حالت‌های مورد مطالعه میزهای کار که در مجاور پنجره بودند با دارا بودن شدت تابشی حداقل ۷۲۰ لوکس خیرگی ایجاد می‌کردند و نیاز به سایبان 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 خشک تهران که در تابستان نیاز به جلوگیری از تابش مستقیم خورشید، و در زمستان به علت کاهش دما نیاز به جذب تابش خورشید دارد، با طراحی پنجره رو به شرق و در نظر گرفتن سایه‌بان مناسب، امکان بهره‌گیری از روشنایی مطلوب روز در فصول مختلف سال و نیز گرمای حاصل از تابش خورشید در زمستان به وجود می‌آید. در این زمینه پنجره‌های رو به جنوب اولویت بعدی هستند.

پیشنهادهات

بر اساس 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.
- استفاده از رنگ‌های روشن 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 باشد تا از ایجاد سایه در وسط کلاس جلوگیری شود.
- استفاده از بازتابنده نور در آتلیه‌ها برای جلوگیری 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 یادآور می‌شود که توزیع پراکندگی نور در آتلیه‌ها یکسان نمی‌باشد و برخی نقاط نور بیشتری دریافت می‌کنند و برخی نور کمتر، این همان نکته‌ای است که در پلان توزیع نور روز مشاهده 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 از این‌رو استفاده از مصالح غیر صیقلی و مات که بازتابش پراکنده داشته باشند مورد لزوم است. موارد ذکر شده در این مقاله تغییراتی است که می‌توان در فضا ایجاد کرد تا کیفیت روشنایی ارتقا یابد و خیرگی به حداقل برسد. البته در این مقاله به تأثیر نحوه چیدمان کلاس‌ها و تأثیر آن بر کیفیت روشنایی پرداخته نشد.

پی‌نوشت‌ها

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 Wiley & sons.

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

۱. نرم‌افزار دیالوکس یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارها 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. شاتریان، رشا. (۱۳۸۸). *اقلیم و معماری*. چاپ دوم. تهران: انتشارات سیمای دانش.

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

۳. احدی، امین‌اله؛ و خانمحمدی، محمدعلی. (۱۳۹۳). عملکرد بهتر دانشجویان با بهره‌گیری مناسب از نور روز در کلاسهای آموزشی بررسی موردی: دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، *فصلنامه معماری و شهرسازی*، ۱۵، ۴۱-۲۵.

۴. قیابکلو، زهره؛ و موذنی، محمدحسینی. (۱۳۹۳). شبیه‌سازی تاثیرگذاری سایه بانهای افقی بر توزیع نور روز و اسایش بصری (نمونه موردی: فضای اداری در شهر تهران)، *اولین کنگره بین‌المللی پایداری در معماری شهرسازی-شهر مصدر*، کانون سراسری انجمنهای معمار ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امارات، اسفند، امارات متحده عربی-دبی و ابوظبی.

۵. مهدوی نژاد، محمدجواد؛ طاهباز، منصوره؛ و دولت آبادی، مهناز. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی تناسبات و نحوه استفاده از رف نوری در معماری کلاس‌های آموزشی، *هنرهای زیبا*، ۲(۲)، ۸۱-۹۲.

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

7. British Standards Institution. (2008). *BS 8206-2, Lighting*

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