تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۰٤
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۲/۰٦

امین‌اله احدی،[۱] محمدعلی خان‌محمدی[۲]

عملکرد بهتر دانشجویان با بهره‌گیری مناسب از نور روز در کلاس‌های آموزشی بررسی موردی: دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران[۳]

چکیده
توجه به عوامل کیفی محیطی در طراحی فضاهای آموزشی دانشگاهی، تأثیر بسیاری بر عملکرد کاربران اصلی این فضاها یعنی دانش‌آموزان و دانشجویان دارد. در این زمینه، یکی از عوامل کیفی محیطی بسیار مؤثر، بهره‌گیری از نور روز در طراحی کلاس‌های آموزشی است که علاوه بر تأثیر بر چگونگی عملکرد کاربران، بر سلامت آنها و نیز میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز مؤثر است. در این نوشته، ابتدا شرایط نور روز مناسب برای کلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی بیان شده است، سپس اطلاعات مرتبط با عملکرد و رضایت‌مندی دانشجویان در خصوص روشنایی روز از طریق پرسش‌نامه جمع‌آوری شده و در انتها عوامل مؤثر در فراهم‌کردن نور روز مناسب برای کلاس‌های آموزشی با استفاده از نرم‌افزار نورپردازی دیالوکس،[۱] در کلاس‌ها و کارگاه‌های دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است و البته باید گفت نمونه موردی این مقاله که شباهت‌های بسیاری به‌لحاظ اصول طراحی با اغلب دانشگاه‌های ایران دارد. همچنین راهکارهایی در زمینه بهبود کیفیت نور روز این کاربری‌ها ارائه شده که در طراحی مناسب این‌گونه فضاها مفید است. روش تحقیق این مقاله توصیفی تحلیلی و نیز مدل‌سازی رایانه‌ای بر پایه پژوهش موردی است.

کلیدواژه‌ها: نور روز، کلاس‌های آموزشی، بهبود عملکرد کاربران، دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت.

[۱] دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه هنر اصفهان، استان اصفهان، شهر اصفهان (نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail: Ahadi6688@yahoo.com
[۲] استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، استان تهران، شهر تهران
E-mail: Khanmohammadi@iust.ac.ir
[۳] این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد امین‌اله احدی با عنوان «مجموعه درمانی اعصاب و روان با رویکرد بهره‌گیری از شفابخشی نور روز در معماری» به راهنمایی دکتر محمدعلی خان‌محمدی در دانشگاه علم و صنعت ایران است.

مقدمه

توجه به نور و روشنایی در طراحی فضاهای معماری بسیار مهم است. در محیط‌های آموزشی، به‌دلیل میزان بالای فعالیت‌های بصری که در اکثر موارد در طول روز انجام می‌شود، توجه به نور و به‌خصوص روشنایی طبیعی اهمیت بیشتری دارد. فعالیت در کلاس‌های تاریک و فاقد روشنایی روز، در درازمدت باعث به‌وجود آمدن مشکلات فیزیکی و روانی در کاربران فضاهای آموزشی می‌شود.

سابقه مطرح شدن 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. با شروع دهه ۱۹۶۰، در این‌باره بحث‌هایی مطرح شد. مهندسین ساختمان به علت نیاز به تهویه مطبوع با استفاده از شیشه‌های وسیع در نما و سقف‌های بلند مخالف بودند. همچنین گران تمام شدن ساخت چنین کلاس‌هایی مورد انتقاد بود. در نتیجه کلاس‌هایی با پنجره‌های کوچک و سقف 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 دانش‌آموزان و دانشجویان در کلاس‌ها انجام شد (Heschong Mahone Group, 1999).

مطالعات موردی در فضاهای آموزشی نشان داده است که دانش‌آموزانی که در کلاس‌های دارای نور روز مناسب تحصیل می‌کنند، به‌لحاظ سلامت روحی در وضعیت بهتری قرار دارند (Kuller & Lindsten, 1992,305-317). در تحقیقاتی که در آمریکا صورت گرفت، مشخص شد که سطح نمرات دانش‌آموزان کلاس‌های پرنور از کلاس‌های کم‌نور همان مدارس بالاتر است (Nicklas & Bailey, 1997). در تحقیقات دقیقی که در سه مدرسه و بر روی تعداد زیادی از دانش‌آموزان در آمریکا صورت گرفت، تأثیر شرایط مختلف روشنایی روز با تیپ‌بندی کلاس‌ها و پنجره‌ها بر روی عملکرد دانش‌آموزان – با کنترل سایر عوامل مؤثر نظیر مهارت معلم‌ها در آموزش، جمعیت دانش‌آموزان در کلاس و .... – مورد تحقیق قرار گرفت. در نتیجه بیان شد که تفاوت معنی‌داری در نمرات آزمون‌های استاندارد و یکسان آن‌ها مشاهده شده است به‌طوری که کلاس‌های پرنور که از پنجره‌های وسیع و نورگیر سقفی بهره‌مند بودند به مراتب عملکرد بهتری داشتند (Heschong et al., 2002, 101–114). محققان بر این باور هستند که این تحقیقات به سایر کاربری‌ها نیز قابل تعمیم است (Heschong et al., 2002, 101–114). همچنین تحقیقات متعددی در خصوص دلایل عملکرد بهتر دانشجویان و دانش‌آموزان در کلاس‌های دارای روشنایی طبیعی مناسب انجام شده است. نور روز با برخورد به شبکیه چشم و تأثیر بر غده هیپوتالاموس و کنترل ترشح هورمون ملاتونین (که هورمونی خواب‌آور است) ریتم شبانه‌روزی بدن را کنترل می‌کند. در روشنایی، سطح ملاتونین کاهش می‌یابد و در تاریکی، ملاتونین ترشح می‌شود (Joseph et al., 2001). در این زمینه تحقیقات متعددی در کلاس‌های آموزشی نشان داده است که در کلاس‌هایی که نور روز کافی وجود ندارد، سطح ملاتونین خون دانش‌آموزان و دانشجویان بسیار بیشتر از کلاس‌های با روشنایی مناسب است این عامل، باعث احساس خواب‌آلودگی در بین دانش‌آموزان و دانشجویان و تضعیف عملکرد آن‌ها می‌شود (Leslie et al., 2010, 3). همچنین چندین مطالعه معتبر تأثیرات مثبت نور روز را بر بهبود خلق و خو و قوه ادراک انسان و همچنین احساس آرامش و راحتی نشان داده است (Kellert et al., 2008 & Wasserman, 2011). از طرفی استفاده از روشنایی روز در کاربری‌هایی که در طول روز مورد استفاده هستند مانند محیط‌های آموزشی، از طریق کاهش استفاده از منابع نور الکتریکی، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. در

این نوشته علاوه بر بررسی تأثیر نور روز بر عملکرد دانشجویان که در تحقیقات متعددی به آن پرداخته شده است، عوامل مرتبط با معماری محیط‌های آموزشی که منجر به بروز چنین حالتی می‌شود نیز بررسی شده است.

در این مقاله، با بررسی و مدل‌سازی فضاهای مورد نظر نمونه موردی یعنی کارگاه‌ها و کلاس‌های آموزشی دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، به این سؤالات پاسخ داده می‌شود که: کیفیت بهره‌گیری از نور روز در فضای نمونه موردی مورد مطالعه چگونه است؟ چه عواملی باعث مطلوب یا نامطلوب شدن کیفیت نور روز این فضاها شده است؟ با چه روش‌های معماری، عوامل نامطلوب‌کنندهٔ کیفیت نور روز اصلاح می‌شود؟ این نتایج در طراحی‌های جدید و یا اصلاح کالبدی کاربری‌های مشابه مفید است.

روش تحقیق و جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش، ابتدا با اتکا به منابع کتابخانه‌ای و اسنادی معتبر به‌طور خلاصه شرایط و ویژگی‌های نور روز مناسب در فضاهای آموزشی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس به‌منظور سنجش تأثیر نور روز بر عملکرد دانشجویان از طریق پرسش‌نامه از ۸۲ دانشجو که در پنج گروه تحصیلی در طول یک ترم تحصیلی به‌صورت متناوب و در زمان‌های مختلف از پنج نوع موجود کلاس‌ها و کارگاه‌های دانشکده استفاده می‌کردند، در خصوص عملکرد آن‌ها در کلاس و کارگاه، وضعیت روشنایی و رضایت‌مندی آن‌ها از روشنایی کلاس‌ها و کارگاه‌ها نظرسنجی شده است؛ همچنین در ادامه به دسته‌بندی کلاس‌ها و کارگاه‌ها اشاره می‌شود. سپس کیفیت نور روز کلاس‌ها و کارگاه‌های نمونه موردی این مقاله، به‌وسیله مدل‌سازی رایانه‌ای در نرم‌افزار دیالوکس ارزیابی شده و عواملی که باعث نامطلوب‌شدن کیفیت روشنایی روز در آن‌ها شده است، بررسی شده و راهکارهایی در جهت اصلاح آن و یا عدم تکرار آن در موارد طراحی مشابه ارائه گردیده است. بنابراین روش تحقیق این مقاله توصیفی تحلیلی و نیز استفاده از مدل‌سازی رایانه‌ای بر پایه پژوهش موردی است.

شرایط نور روز مناسب و عوامل مؤثر بر آن در کلاس‌های آموزشی

نور روز[۲] ترکیبی از نور آسمان[۳] و نور بازتاب شده[۴] از زمین و اجسام اطراف است. نور آسمان نوری است که در اثر برخورد پرتوهای خورشید به مولکول‌ها و ذرات معلق در هوا پخش می‌شود (CIBSE, 1999, 86-88). 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 سایه‌اندازی‌ها، جهت‌گیری ساختمان، جنس مصالح نازک کاری دیوارهای داخلی و اندازه، مکان و نوع شیشه پنجره‌ها بر کیفیت نور روز فضاهای داخلی مؤثر است (CIBSE, 1999). مقدار نور روز موجود در فضاهای داخلی، با روش‌های محاسبه شدت روشنایی فضا با واحدهای لوکس و کندل بر فوت و نیز محاسبه عامل نور روز (DF)[۵] قابل بررسی است. در این پژوهش از هر دو روش محاسباتی استفاده می‌شود.

عامل نور روز، درصدی است حاصل تقسیم میزان روشنایی داخلی فضا به روشنایی بیرون و بدون در نظرگرفتن تابش مستقیم خورشید محاسبه می‌شود (Baker & Steemers, 2002, 73). بر خلاف شدت روشنایی روز، این درصد در روزهای مختلف سال ثابت است. برای محاسبه ریاضی عامل نور روز از رابطه ۱ و ۲ استفاده می‌شود، حاصل محاسبات ریاضی در رابطه ۱ در ضریب جهت‌گیری[۶] که برای جهت‌های نورگیری شمال، جنوب، شرق و غرب به‌ترتیب برابر ۰,۹۷، ۱,۵۵، ۱,۱۵ و ۱,۲۱ ضرب می‌شود.

رابطه ۱. محاسبه عامل نور روز (CIBSE, 2006)

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

رابطه ۲. محاسبه ضریب بازتاب سطوح (CIBSE, 2006)

$$R_a = \frac{A_c R_c + A_f R_f + A_w R_w + A_{\text{win}} R_{\text{win}} + A_o R_o}{A}$$

در این رابطه‌ها: w، سطح جداره پنجره و T، ضریب شفافیت شیشه است. حد شفافیت برای T، بستگی به نوع شیشه دارد. α، زاویه‌ای است که رأس آن نقطه وسط پنجره، و اضلاع آن اولین وآخرین پرتو نور قابل رؤیت است. این زاویه برای پنجره بدون مانع ۹۰ درجه در نظر گرفته می‌شود. A، مساحت تمام سطوح اتاق مشتمل بر کف، سقف، دیوارها و پنجره است و R نیز متوسط پرتوهای نور باز تابش شده است. این موارد، به‌عنوان عوامل مؤثر در نور روز شناخته می‌شوند (CIBSE, 2006). در خصوص مقادیر R، برای کاهش هرچه بیشتر نفوذ انرژی حرارتی و در عین حال بهره‌گیری بیشتر از نور طبیعی، باید از مصالحی در نازک‌کاری استفاده شود که حداکثر ضریب بازتاب نور را دارند (Simm& Coley, 2011). در نمونه موردی این مقاله در بسیاری از فضاها از سقف تیره رنگ استفاده شده است.

همچنین عمق اتاق‌ها (با افزایش عمق اتاق فضا تاریک‌تر می‌شود)، ارتفاع پنجره‌ها (با افزایش ارتفاع پنجره عمق و مقدار نور روز زیاد می‌شود)، نوع سایه‌بان‌ها (سایه‌بان داخلی، خارجی و یا شیشه‌های کنترل‌کننده پرتو مستقیم خورشید) و خصوصیات شیشه از عوامل مؤثر در میزان فاکتور نور روز است (ICAEN, 2004, 80). مقدار استاندارد فاکتور نور روز در حد استاندارد خود برای همهٔ کاربری‌ها یکسان نیست و هر کاربری مقدار مختص به خود دارد.

به‌طور کلی چنانچه میزان نور روز زیر ۲% باشد فضا تاریک و افسرده به‌نظر می‌آید و در اغلب اوقات نیاز به استفاده از وسایل الکتریکی است (حالت نورگیری ضعیف). اگر این مقدار بین ۲% تا ۵% باشد نورگیرها نور قابل‌توجه‌ای وارد فضا کرده‌اند، ولی همچنان در بعضی اوقات نیاز به وسایل الکتریکی است (حالت نورگیری متوسط) و اگر بالای ۵% باشد نور روز زیادی در فضا وجود دارد (UK Building Research Energy Conservation Support Unit, 1998, 7). در تحقیقاتی دیگر فضاهای با متوسط نور روز زیر ۱%، فاقد پتانسیل لازم برای بهره‌گیری از نور طبیعی و به‌طور غیرقابل‌قبولی تاریک دانسته شده است. برای فضاهای با متوسط نور روز ۱% تا ۲%، پتانسیل کمی برای بهره‌گیری از نور روز وجود دارد و این مقدار حداقل قابل قبول برای نور روز است، مقدار متوسط نور روز ۲٫۵% مناسب و مقدار ۵% بسیار خوب و مناسب برای مطالعه و کار در نظر گرفته شده است (Dubois, 2001). همچنین برای مقدار عامل نور روز بر پایه مطالعات تجربی و محاسبات ریاضی معیارهای استانداردی وجود دارد. جدول ۱ مقدار عامل نور روز مناسب را برای فضاهای آموزشی نشان می‌دهد.

جدول ۱. عامل نور روز مناسب در فضاهای آموزشی

موقعیت اندازه‌گیری نور روز	حداقل عامل نور روز قابل قبول (٪)	عامل نور روز مناسب (٪)	کاربری مختلف آموزشی در مدارس و دانشگاه‌ها
ارتفاع میزها	۲	۵	کلاس درسی
ارتفاع میزها	۲	۵	آزمایشگاه آموزشی
ارتفاع سطح انجام کار	۰٫۳	۱	سالن‌های گردهمایی
ارتفاع کف پله‌ها	۰٫۶	۲	راهروها و پله‌ها
ارتفاع میزهای کار	۲	۵	کارگاه‌ها

منبع: British Standard 8026-2, 2008

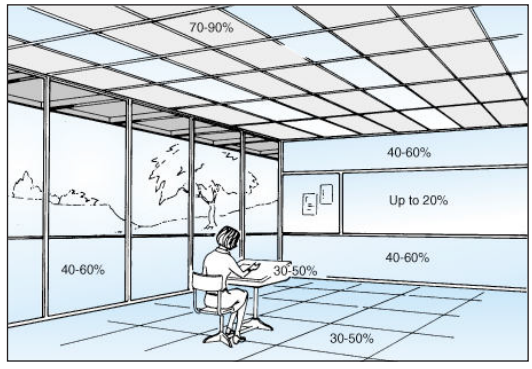
همچنین شدت نور روز مناسب برای فضاهای آموزشی بر حسب لوکس در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. شدت روشنایی مناسب در فضاهای آموزشی

کاربری	شدت نور مورد نیاز (لوکس)
کلاس‌های آموزشی عمومی	۳۰۰
کلاس‌های آموزشی برای کارهای دقیق مانند کارگاه‌های معماری	۵۰۰
راهروها و پله‌ها	۱۲۰
هال ورودی	۲۵۰–۱۷۵

منبع: DFEE, 1999, 23

علاوه بر مقدار مناسب نور و روشنایی طبیعی، باید تابش مستقیم آفتاب کنترل شود تا باعث خیرگی چشم و نیز بر هم خوردن تعادل حرارتی فضاها، به‌خصوص در تابستان نشود، همچنین توجه به دیدهای و مناظر مناسب در اطراف و ضریب بازتاب سطوح داخلی دارای اهمیت است (DFEE, 1999, 19-22). شکل ۱ ضریب بازتاب مناسب برای فضاهای آموزشی را نشان می‌دهد.

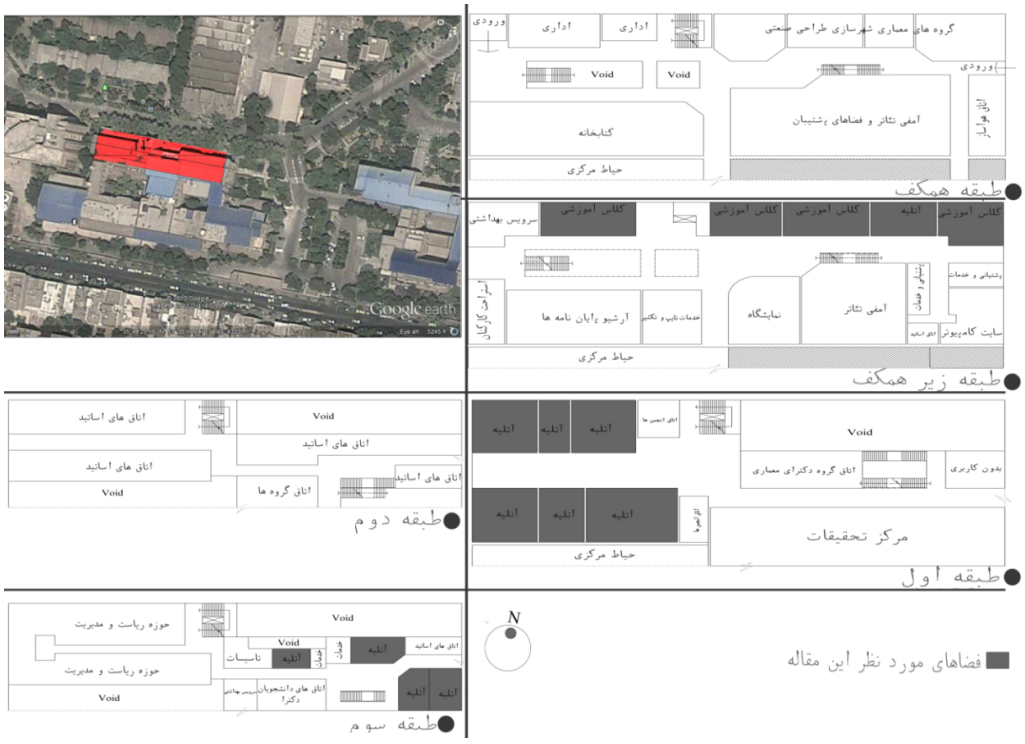


شکل ۱. ضریب مناسب بازتاب سطوح در فضاها. این مقدار برای سقف، ۷۰ تا ۹۰ درصد، برای کف ۳۰ تا ۵۰ درصد برای دیوارها، ۴۰ تا ۶۰ درصد و برای تخته آموزشی بالای ۲۰ درصد مناسب است.

منبع: IESNA, 2000, 510

شناخت وضع موجود کلاس‌ها و کارگاه‌های دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت همانند سایر دانشکده‌های این دانشگاه دارای جهت‌گیری شمال جنوبی با حدود ۱۰ درجه چرخش به سمت شرق است. تمامی‌کلاس‌ها و کارگاه‌های این دانشکده رو به جنوب و یا شمال هستند. شکل ۲ دیاگرام کلی فضاهای این دانشکده را نشان می‌دهد.



شکل ۲. دیاگرام کلی فضاهای دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت. قسمت‌های مورد نظر این مقاله یعنی کارگاه و کلاس‌های آموزشی در این دیاگرام‌ها مشخص شده است. این فضاها در طبقات زیرهمکف، اول و سوم قرار دارند.

منبع: نگارندگان

با توجه به مکان و جهت نورگیری و خصوصیات مشترک، کلاس‌ها و کارگاه‌های این نمونه موردی در پنج گروه دسته‌بندی می‌شوند: کلاس‌ها و کارگاه‌های طبقه زیرهمکف رو به شمال، کارگاه‌های طبقه اول رو به شمال، کارگاه‌های طبقه اول رو به جنوب، کارگاه‌های طبقه سوم رو به شمال و کارگاه‌های طبقه سوم رو به جنوب. با توجه به این دسته‌بندی از پنج گروه از دانشجویانی که در طول یک ترم تحصیلی و در زمان‌های مختلف به‌طور متناوب از این کلاس‌ها و کارگاه‌ها استفاده می‌کردند، در پایان نیم‌سال اول تحصیلی (مهرماه تا بهمن‌ماه و در خصوص تمام روزهای طول ترم)، مرتبط با رضایت‌مندی‌شان از روشنایی طبیعی و مصنوعی کلاس‌ها، تمایلشان به نوع روشنایی و نیز شاخص‌هایی که بر عملکرد آنها مؤثر است - داشتن حالات خواب‌آلودگی، خستگی و کسل‌بودن در کلاس‌ها و کارگاه‌ها - از طریق پرسش‌نامه نظرسنجی شده است. جدول ۳ پرسش‌ها، تعداد شرکت‌کنندگان و نتایج پرسش‌نامه را نشان می‌دهد.

جدول ۳. پرسش‌ها، تعداد شرکت‌کنندگان و نتایج پرسش‌نامه ارزیابی کیفیت روشنایی طبیعی نمونه موردی مقاله

پرسش‌نامه ارزیابی کیفیت روشنایی طبیعی کلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت					
سؤالات	نتایج به‌دست آمده از کلاس‌ها و کارگاه‌های مختلف				
	طبقه زیرهمکف رو به شمال	طبقه اول رو به شمال	طبقه اول رو به جنوب	طبقه سوم رو به شمال	طبقه سوم رو به جنوب
تعداد پرسش شوندگان	۲۳	۱۶	۱۷	۱۲	۱۴
۱. چه میزان (از نظر مدت زمان) در کلاس یا کارگاه شما روشنایی مصنوعی استفاده می‌شود؟					
به‌طور معمول استفاده نمی‌شود ☐	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)
گاهی اوقات استفاده می‌شود ☐	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۱۴ (٪۸۲)	۰ (٪۰)	۱۱ (٪۷۹)
معمولاً استفاده می‌شود ☐	۵ (٪۲۲)	۴ (٪۲۵)	۳ (٪۱۸)	۳ (٪۲۵)	۳ (٪۲۱)
به‌طور دائم استفاده می‌شود ☐	۱۸ (٪۷۸)	۱۲ (٪۷۵)	۰ (٪۰)	۹ (٪۷۵)	۰ (٪۰)
۲. میزان رضایت شما از روشنایی طبیعی کلاس یا کارگاه چه میزان است؟					
خیلی زیاد ☐	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۱ (٪۶)	۰ (٪۰)	۸ (٪۵۷)
زیاد ☐	۳ (٪۱۳)	۰ (٪۰)	۵ (٪۳۰)	۰ (٪۰)	۴ (٪۲۹)
متوسط ☐	۵ (٪۲۲)	۵ (٪۳۱)	۸ (٪۴۶)	۵ (٪۴۲)	۲ (٪۱۴)
کم ☐	۱۵ (٪۶۵)	۱۱ (٪۶۹)	۳ (٪۱۸)	۷ (٪۵۸)	۰ (٪۰)
۳. میزان رضایت شما از روشنایی مصنوعی کلاس یا کارگاه، چه میزان است؟					
خیلی زیاد ☐	۳ (٪۱۳)	۲ (٪۱۳)	۲ (٪۱۲)	۰ (٪۰)	۲ (٪۱۴)
زیاد ☐	۸ (٪۳۵)	۵ (٪۳۱)	۹ (٪۵۳)	۲ (٪۱۷)	۱۰ (٪۷۲)
متوسط ☐	۱۰ (٪۴۳)	۹ (٪۵۶)	۶ (٪۳۵)	۷ (٪۵۸)	۲ (٪۱۴)
کم ☐	۲ (٪۹)	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۳ (٪۲۵)	۰ (٪۰)
۴. آیا در کلاس یا کارگاه، دچار حالات خواب‌آلودگی، خستگی و کسل‌بودن، می‌شوید؟					
خیر، این حالات را ندارم ☐	۵ (٪۲۲)	۵ (٪۳۱)	۱۰ (٪۵۸)	۳ (٪۲۵)	۸ (٪۵۷)
به‌ندرت این حالات را دارم ☐	۸ (٪۳۵)	۵ (٪۳۱)	۴ (٪۲۴)	۵ (٪۴۲)	۶ (٪۴۳)
معمولاً دچار این حالات می‌شوم ☐	۱۰ (٪۴۳)	۶ (٪۳۸)	۲ (٪۱۲)	۳ (٪۲۵)	۰ (٪۰)
به‌طور دائم این حالات را دارم ☐	۰ (٪۰)	۰ (٪۰)	۱ (٪۶)	۱ (٪۸)	۰ (٪۰)
۵. کدام نوع روشنایی را برای انجام فعالیت‌های خود در کلاس یا کارگاه مطلوب‌تر می‌دانید؟					
روشنایی مصنوعی ☐	۶ (٪۲۶)	۴ (٪۲۵)	۵ (٪۲۹)	۴ (٪۳۳)	۴ (٪۲۹)
روشنایی طبیعی ☐	۱۵ (٪۶۵)	۱۲ (٪۷۵)	۱۱ (٪۶۵)	۸ (٪۶۷)	۹ (٪۶۴)
فرقی نمی‌کند ☐	۲ (٪۹)	۰ (٪۰)	۱ (٪۶)	۰ (٪۰)	۱ (٪۷)

گزینه یا گزینه‌هایی که اکثر دانشجویان با آن موافق بوده‌اند با رنگ مشخص شده است.

منبع: نگارندگان

نتایج پرسش‌نامه و مشاهدات عینی نشان می‌دهد که به‌طور کلی اکثر دانشجویان تمایل به استفاده از روشنایی طبیعی دارند. همچنین کلاس‌ها و کارگاه‌های طبقه زیرهمکف که رو به شمال هستند، به‌لحاظ روشنایی طبیعی کم‌نور هستند و در روزها و ساعات مختلف از روشنایی مصنوعی استفاده می‌کنند، همچنین تمایل به استفاده از این کلاس‌ها از طرف دانشجویان و استادان کمتر است و حالت‌های خستگی، کسل بودن و خواب‌آلودگی دانشجویان در این کلاس‌ها بیشتر دیده می‌شود. از طرفی چنانچه این حالت ناشی از عوامل مرتبط به فرد نظیر عدم علاقه یا شب بیداری و... بوده باشد، در کلاس‌های نورگیر نیز اتفاق می‌افتاد که این حالت رخ نداده است. هرچند در پرسش‌نامه موارد کمی هم وجود دارد که حالات خواب‌آلودگی در کلاس‌های پرنور هم است، که احتمالاً ناشی از دلایل منحصر به آن افراد برای مثال شب بیداری است که بررسی آن مورد نظر این مقاله نبوده است.

در این فضاها، عبور کانال‌های تأسیسات از بالای دیوار نورگیر باعث شده است که پنجره‌ها در میانه دیوار قرار بگیرند و شکل افقی داشته باشند. رنگ سقف در کارگاه‌ها و بعضی از کلاس‌ها خاکستری و تاریک است. کارگاه‌های رو به شمال در طبقات اول و سوم نیز شرایط مشابه با کلاس‌های طبقه زیرهمکف دارد. در این کارگاه‌ها از نورگیرهای سقفی نیز استفاده شده است. شکل ۳ نمونه‌هایی از این کلاس‌ها و کارگاه‌ها را در دو حالت استفاده از نور طبیعی و مصنوعی در یک روز با آسمان صاف نشان می‌دهد. در کارگاه‌های رو به جنوب در طبقات اول و سوم که در شکل ٤ مشخص شده است، روشنایی مصنوعی کمتر استفاده می‌شود و دانشجویان و استادان تمایل بیشتری برای استفاده از این کارگاه‌ها دارند. تابش مستقیم خورشید به داخل این کارگاه‌ها در برخی اوقات باعث می‌شود که با کشیدن پرده‌ها، از روشنایی مصنوعی استفاده شود. همچنین حالت‌های خستگی، کسل بودن و خواب‌آلودگی دانشجویان در این کلاس‌ها به‌ندرت دیده می‌شود. شکل ٤ نمونه‌هایی از این کارگاه‌ها و کلاس‌ها را نشان می‌دهد. همچنین در شکل ٥ نورگیرهای سقفی کارگاه‌های طبقه اول نشان داده شده است. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده عملکرد بهتر و رضایت بیشتر دانشجویان در کلاس‌ها و کارگاه‌های رو به جنوب است.

شکل ۳. وضعیت روشنایی طبیعی نامطلوب کلاس‌ها و کارگاه‌های رو به شمال و روشنایی فضاها در حالت استفاده از نور مصنوعی؛ شکل a مربوط به یکی از کلاس‌های طبقه زیر همکف؛ شکل b مربوط به یکی از کارگاه‌های طبقه اول و شکل c مربوط به یکی از کارگاه‌های طبقه سوم است.

منبع: نگارندگان

شکل ۴. وضعیت روشنایی کلاس‌ها و کارگاه‌های رو به جنوب؛ شکل a مربوط به روشنایی مطلوب کارگاه‌های طبقه سوم؛ شکل b مربوط به روشنایی مطلوب یکی از کلاس‌های طبقه اول و شکل c مربوط به روشنایی نامطلوب یکی از کارگاه‌های طبقه اول است که رنگ سقف در آن تیره و مکان و اندازه پنجره نامناسب است.

منبع: نگارندگان

شکل ۵. نورگیرهای سقفی کارگاه‌های طبقه اول؛ شکل a مربوط به عملکرد مطلوب نورگیرهای سقفی در یکی از کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول با نورگیرهای تمیز و سالم است؛ شکل b مربوط به عملکرد نامطلوب نورگیرهای سقفی در یکی از کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول با نورگیرهای کثیف و آسیب دیده است.

منبع: نگارندگان

در جدول ٤ انواع کلاس‌های آموزشی و کارگاه‌ها بر اساس مکان آنها دسته‌بندی شده است و متوسط ابعاد فضایی و مساحت پنجره‌ها نشان داده شده است. این ابعاد در مدل‌سازی رایانه‌ای مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

جدول ۴. متوسط ابعاد فضایی، ابعاد پنجره، ارتفاع کف پنجره و مصالح نازک کاری کلاس‌ها و کارگاه‌های مختلف در دو جهت شمالی و جنوبی

ارتفاع کف پنجره (متر)	ارتفاع پنجره (متر)	متوسط مساحت پنجره (متر مربع)	ارتفاع (متر)	میانگین طول و عرض کلاس‌ها (متر)	میانگین مساحت کف کلاس‌ها (متر مربع)	تعداد	کاربری
۱	۰,۸۲	۵,۲۸ ۱۷,۹٪ از دیوار نورگیر	۳,۱۰ (سقف مسطح)	۵,٤۰ در ۹,۵۰ نورگیری از طول	۵۱,۳۰	۵	کلاس‌ها و کارگاه‌های طبقه زیرهمکف رو به شمال
۱	۰,۹۰	۲,٦٦ ۱۲,۱٪ از دیوار نورگیر	از ۲,۷ تا ۳,۸ (سقف مسطح و شیبدار)	٦,۵۰ در ۸,۱۰ نورگیری از طول	۵۲,٦۵	۳	کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول دارای نورگیر سقفی
۱	۰,۹۰	۲,۵۰ ۱۰٪ از دیوار نورگیر	از ۲,۷ تا ۳,۸ (سقف مسطح و شیبدار)	۹,۲۰ در ۸,۱۰ نورگیری از طول	۷٤,۵۲	۳	کارگاه‌ها و کلاس‌های رو به جنوب طبقه اول دو کارگاه دارای نورگیر سقفی
۰,۸۵	۱	۳,۱۵ ۱۳,۸٪ از دیوار نورگیر	۲,۹۰ تا ۳,۸۰ (سقف شیبدار)	٦ در ۸,٤۰ نورگیری از عرض	۵۰,٤	۲	کارگاه‌های رو به جنوب طبقه سوم
۱	۱	۲,٤۰ ۱۲٪ از دیوار نورگیر	۲,۹۰ تا ۳,۸۰ (سقف شیبدار)	۵,٤۰ در ٦,۲۵ نورگیری از عرض	۳۳,۷۵	۲	کارگاه‌ها رو به شمال طبقه سوم

منبع: نگارندگان

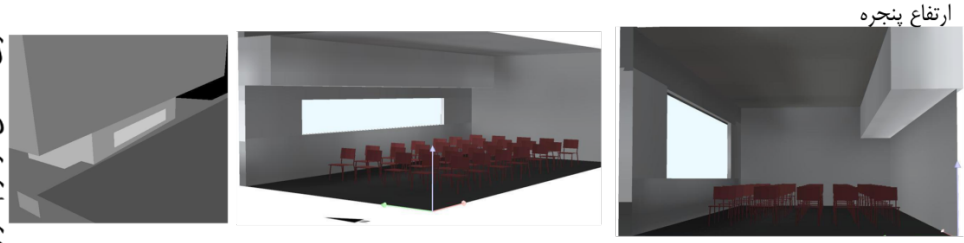
بررسی کیفیت نور روز و عوامل مؤثر بر آن در کلاس‌ها و کارگاه‌های نمونه موردی مقاله

با توجه به ابعاد و اندازه‌های نشان داده شده در جدول ٤، جهت‌گیری فضاها، موقعیت جغرافیایی تهران یعنی عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ۳٦ دقیقه تا ۳۵ درجه و ٤٤ دقیقه عرض شمالی؛ ضریب آلودگی هوا که برای شهرهایی مانند تهران در نرم‌افزار ۰,۷ است؛ جنس پوشش سطوح داخلی و نیز جنس شیشه با ضریب شفافیت ۷۰ درصد؛ وجود نورگیر سقفی در بعضی از فضاها؛ موانع اطراف ساختمان و همچنین کانال‌های تأسیساتی که از بالای دیوار نورگیر عبور می‌کند و همچنین مبلمان مختص هر فضا؛ به‌منظور بررسی کیفیت نور روز بر اساس فاکتور نور روز و همچنین شدت روشنایی بر حسب لوکس در ۲٤ روز از سال و در روزهای اول و وسط از هر ماه در نرم‌افزار دیالوکس، مدل‌سازی رایانه‌ای صورت گرفته است و نتایج آن با مقادیر استاندارد که در بخش ۲ به آن اشاره شد، مقایسه شده است. محاسبات شدت روشنایی در ساعت ۱۰,۳۰ صبح انجام شده است و این ساعت پیش‌فرض نرم‌افزار است، همچنین اغلب کلاس‌ها در این زمان تشکیل شده است. علاوه بر این، در این ساعت در تمام روزهای سال، نور روز در فضا موجود است و این ساعت از نظر روشنایی جز زمان‌های بحرانی نیست. همچنین برای روزهای مهم سال نظیر انقلاب زمستانی و تابستانی در تمام ساعات روز این محاسبات و مدل‌سازی صورت گرفته است.

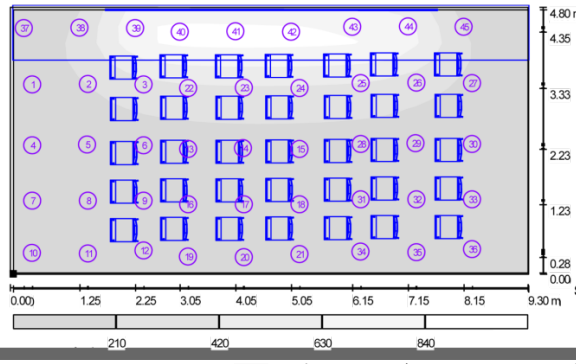
میزان تأثیر عوامل مؤثر در روشنایی روز مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت دلایل مطلوب یا نامطلوب بودن روشنایی روز بررسی شده است. با توجه به کاربری فضاها، محاسبات نور روز، در ارتفاع انجام کار صورت گرفته است. در ادامه، نتایج این مدل‌سازی‌ها نشان داده شده است.

مدلسازی کلاس در نرم افزار

تغییر مکان کانال تاسیسات و دو برابر کردن ارتفاع پنجره



محاسبات فاکتور نور روز



Calculation Points List

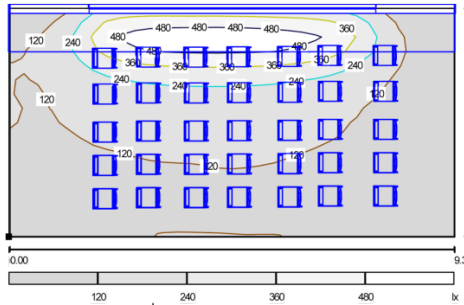
No.	Designation	Value [%]
1	Daylight factor 2	0.75
2	Daylight factor 2	1.21
3	Daylight factor 2	1.85
4	Daylight factor 2	0.60
5	Daylight factor 2	0.70
41	Daylight factor 2	7.04
42	Daylight factor 2	6.88
43	Daylight factor 2	6.69
44	Daylight factor 2	5.92
45	Daylight factor 2	1.22

Summary of Results: D_{av}: 1.69 %, D_{min}: 0.50 %, D_{max}: 7.04 %
Horizontal illuminance outdoors E_o: 16847 lx

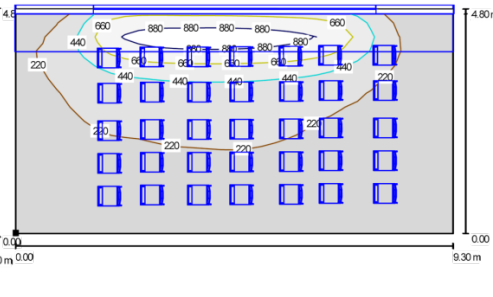
محاسبات شدت نور روز

شدت نور و شکل توزیع نور در دو روز از ۲۴ روز محاسبه‌شده

روز ۳۰ آذر



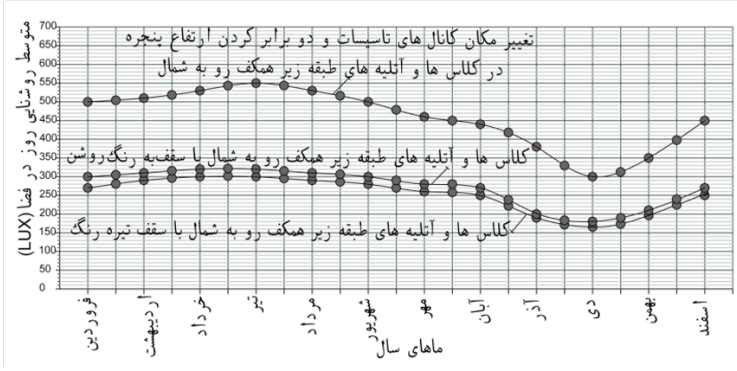
روز ۳۱ خرداد



Surface	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Workplane	177	68	667

Surface	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Workplane	323	124	1354

نمودار محاسبات شدت نور روز

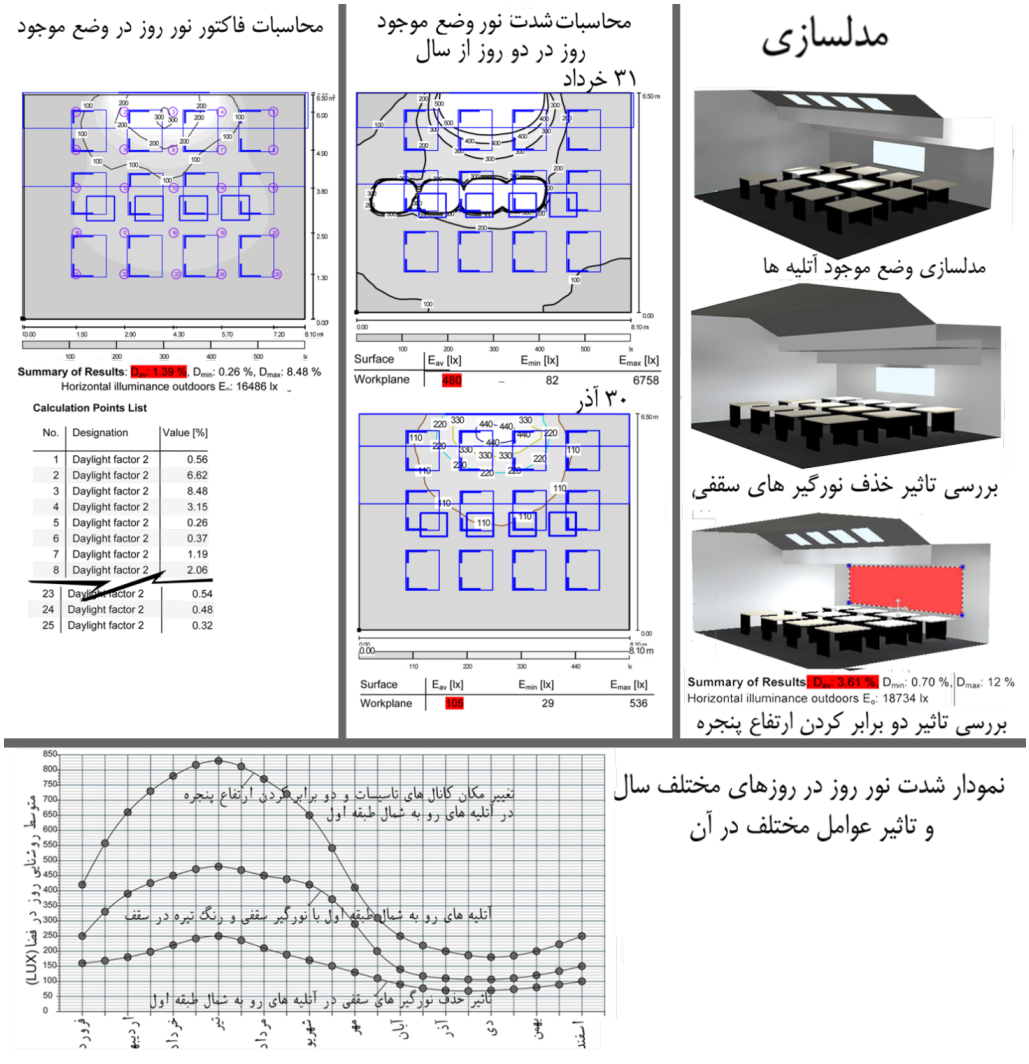


نمودار محاسبه شدت نور روز بر حسب لوکس در ۲۴ روز از سال (روز های اول و وسط از هر ماه) و تاثیر عوامل مختلف بر آن

شکل ۶. مدل‌سازی کلاس‌های رو به شمال طبقه زیرهمکف در نرم‌افزار دیالوکس

منبع: نگارندگان

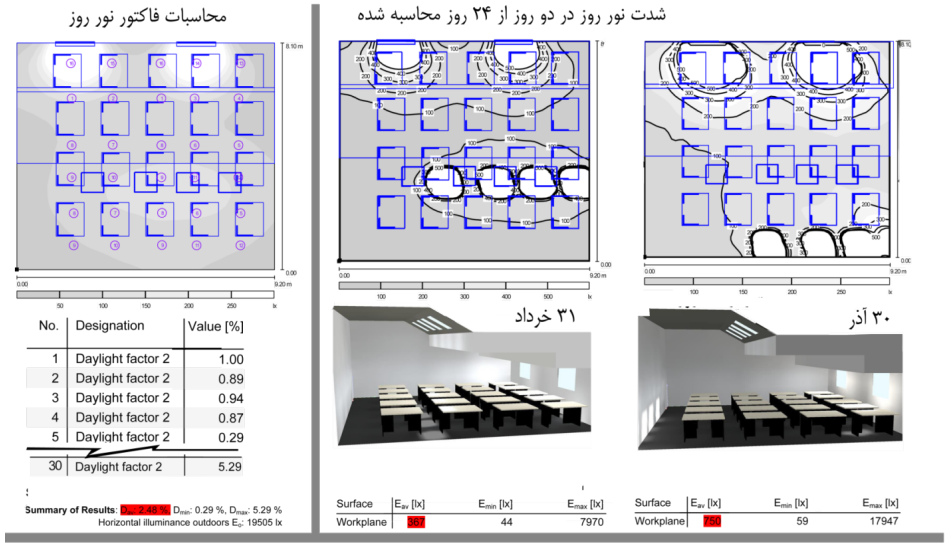
در خصوص مدل‌سازی نشان داده شده در شکل ٤، محاسبات نشان می‌دهد که فاکتور نور روز در کلاس‌های رو به شمال طبقه زیرهمکف، کمتر از حداقل مناسب آن (۲%)، و برابر ۱,٦۹% است، این مقدار در کلاس‌هایی که رنگ سقف آن‌ها تیره رنگ است، ۱,٦۰% است. به‌لحاظ شدت نور، بر اساس محاسبات انجام شده در روزهای اول و وسط از هر ماه، شدت نور بین ۱٦۰ تا ۳۱۰ لوکس (اکثر روزها زیر ۳۰۰ لوکس) در روزهای مختلف سال متغیر است، این مقدار در کلاس‌های با رنگ سقف روشن حدود ٦,۱% بیشتر می‌شود. با توجه به حداقل شدت روشنایی مطلوب در این کاربری (جدول ۲)، شدت روشنایی فضا برای کلاس‌های عمومی‌آموزشی اغلب نامناسب و برای کارگاه‌ها در تمام اوقات نامناسب است و نیاز به استفاده از روشنایی مصنوعی است. از طرفی مکان نامناسب کانال تأسیسات (بالای پنجره‌ها) عامل محدود کننده ارتفاع پنجره است، نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که با افزایش دو برابری ارتفاع پنجره، شدت نور نزدیک به دو برابر بیشتر می‌شود.



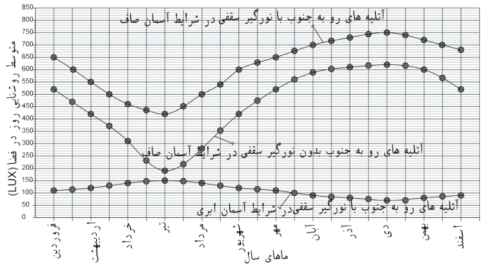
شکل ۷. مدل‌سازی کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول در نرم افزار دیالوکس

منبع: نگارندگان

در خصوص این فضاها که دارای نورگیر سقفی نیز هستند، محاسبات نشان می‌دهد که فاکتور نور روز در کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول، کمتر از حداقل مناسب آن (۲%)، و برابر ۱٫۳۹% است. به‌لحاظ شدت نور در وضع موجود، شدت نور بین ۱۰۰ تا ٤٨٠ لوکس (در تمام روزها زیر حد استاندارد ۵۰۰ لوکس) در روزهای مختلف سال متغیر است. از طرفی نقش نورگیرهای سقفی به‌کار رفته در میزان روشنایی، زیاد است و با حذف این نورگیرها میزان روشنایی فضاها حدود ۵۰% کاهش می‌یابد (در وضع موجود بسیاری از نورگیرها به علت تمیز نبودن، کارایی لازم را ندارند). محاسبات نشان می‌دهد که با تغییر مکان کانال تأسیسات و افزایش دو برابری ارتفاع پنجره، شدت نور، (به ۱۸۰ تا ۸٤۰ لوکس)، و فاکتور نور روز (به ۳٫٦۱%) افزایش می‌یابد ولی همچنان در بسیاری از روزها نیاز به روشنایی مصنوعی است.



No.	Designation	Value [%]
1	Daylight factor 2	1.00
2	Daylight factor 2	0.89
3	Daylight factor 2	0.94
4	Daylight factor 2	0.87
5	Daylight factor 2	0.29
30	Daylight factor 2	5.29



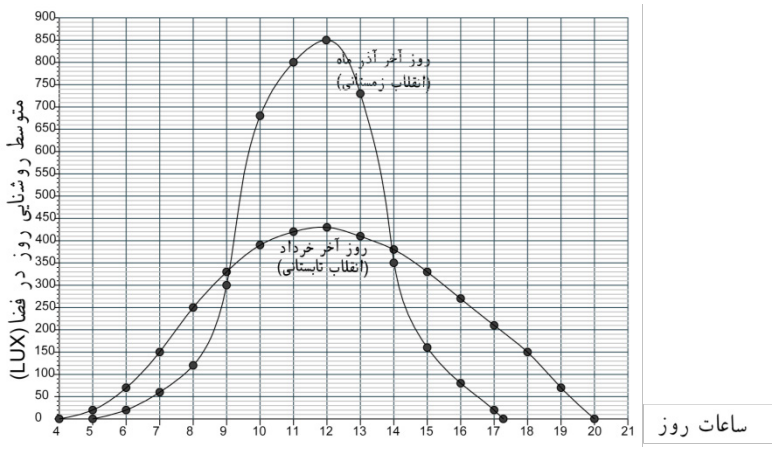
نمودار شدت روشنایی روز در روزهای مختلف سال در شرایط آسمان صاف و ابری و همچنین تاثیر حذف نورگیر های سقفی

شکل ۸. مدل‌سازی کارگاه‌های رو به جنوب طبقه اول در نرم‌افزار دیالوکس

منبع: نگارندگان

نتایج مدل‌سازی و محاسبات نشان داده شده در شکل ٦ نشان می‌دهد که فاکتور نور روز در کارگاه‌های رو به جنوب طبقه اول، بیشتر از حداقل مناسب آن (۲%)، و برابر ۲٫٤۸% است. به‌لحاظ شدت نور، بر اساس محاسبات انجام شده در روزهای اول و وسط از هر ماه، در وضع موجود، شدت نور بین ٤۰۰ تا ۷۵۰ لوکس (در بعضی روزها زیر حد استاندارد ۵۰۰ لوکس) در روزهای مختلف سال متغیر است. از طرفی نقش نورگیرهای سقفی به‌کار رفته در همین میزان روشنایی، قابل توجه است و با حذف این نورگیرها میزان روشنایی فضاها حدود ۵۰% در تابستان و حدود ۲۰% در زمستان کاهش می‌یابد. در شرایط آسمان صاف، بیشترین روشنایی به‌علت نفوذ بیشتر تابش

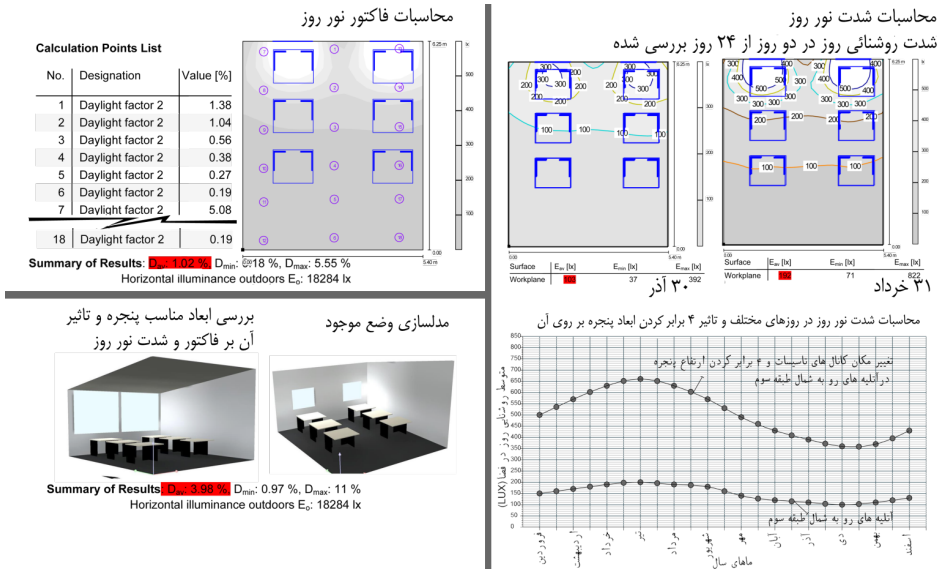
خورشید (به‌علت تابش مایل‌تر) در روز ۳۰ آذر و کمترین روشنایی در روز ۳۱ خرداد به علت نفوذ کمتر نور خورشید به داخل (به‌علت عمودی‌ترین تابش خورشید) است (برعکس نورگیری از سمت شمال). ولی چنانچه شرایط آسمان را ابری در نظر بگیریم بیشترین نورگیری در ۳۱ خرداد و کمترین آن در ۳۰ آذر اتفاق می‌افتد. این موارد در نمودار متوسط شدت نور سالیانه نشان داده شده است.



شکل ۹. شدت روشنایی دو روز ۳۱ خرداد و ۳۰ آذر در ساعات مختلف روز در کارگاه‌های رو به جنوب طبقه اول

منبع: نگارندگان

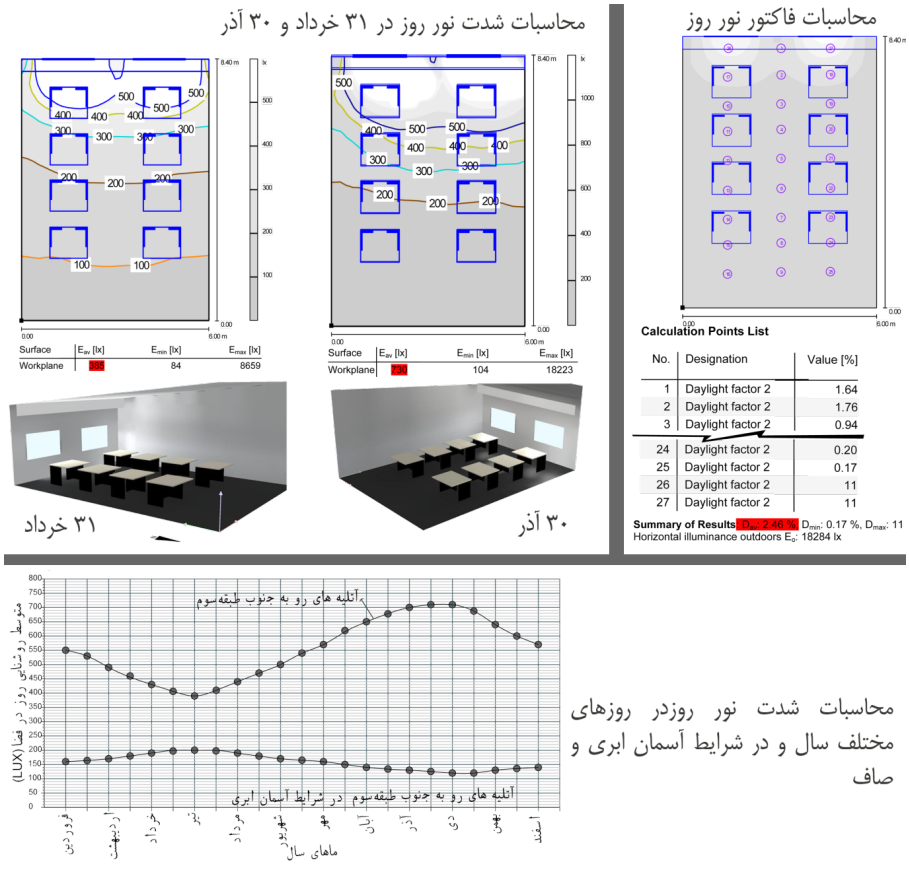
با توجه به نمودار شکل ۷ در کارگاه‌های رو به جنوب، به علت نفوذ بیشتر تابش خورشید در حالت تابش مایل‌تر، شدت روشنایی در ۳۰ آذر در برخی از ساعات بیشتر است. هرچند این شدت روشنایی در روزهای ابری وجود ندارد. در تهران در زمستان اغلب روزها ابری و نیمه ابری است (سازمان هواشناسی تهران). همچنین در مقایسه با شدت روشنایی متعادل در روز ۳۱ خرداد، شدت روشنایی روز ۳۰ آذر، به‌سرعت کاهش می‌یابد. شکل ۸ و ۹ همین بررسی‌ها را در کارگاه‌های رو به شمال و جنوب در طبقه سوم نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. مدل‌سازی کارگاه‌های رو به شمال طبقه سوم در نرم‌افزار دیالوکس

منبع: نگارندگان

محاسبات شکل ۸ نشان می‌دهد که فاکتور نور روز کارگاه‌های رو به شمال طبقه سوم، کمتر از حداقل مناسب آن (۲%)، و برابر ۱,۰۲% است. به‌لحاظ شدت نور، بر اساس محاسبات انجام شده در روزهای اول و وسط از هر ماه، در وضع موجود، شدت نور بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ لوکس (در تمام روزها زیر حد استاندارد ۵۰۰ لوکس) در روزهای مختلف سال متغیر است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که برای داشتن میزان شدت مطلوب نور روز، مساحت پنجره‌ها در این کارگاه‌ها باید ٤ برابر وضع موجود باشد. در این حالت شدت نور روز و فاکتور نور روز حدود ٤ برابر افزایش می‌یابد.



محاسبات شدت نور روزدر روزهای مختلف سال و در شرایط آسمان ابری و صاف

شکل ۱۱. مدل‌سازی کارگاه‌های رو به جنوب طبقه سوم در نرم‌افزار دیالوکس

منبع: نگارندگان

محاسبات نشان می‌دهد که فاکتور نور روز در کارگاه‌های رو به جنوب طبقه سوم ،بیشتر از حداقل مناسب آن (۲%)، و برابر ۲,٤٦% است. به‌لحاظ شدت نور، بر اساس محاسبات انجام شده در روزهای اول و وسط از هر ماه، در وضع موجود، شدت نور بین ۳۹۰ تا ۷۱۰ لوکس (در بعضی از روزها زیر حد استاندارد ۵۰۰ لوکس) در روزهای مختلف سال متغیر است. همچنین در شرایط آسمان ابری شدت نور روز به مقادیر ۱۲۰ تا ۲۰۰ لوکس کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

با توجه به تأثیر نور روز بر روی عملکرد و سلامت دانش‌آموزان دانشجویان در کلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی و همچنین صرفه‌جویی در مصرف انرژی که در مقدمه به آنها اشاراتی

شده است، در این نوشته تأثیر عوامل مختلف بر روی کیفیت نور روز در یک نمونه موردی یعنی دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است و این کار از طریق مدل‌سازی رایانه‌ای در نرم‌افزار دیالوکس که در کارهای اجرایی و پژوهشی بسیاری استفاده شده صورت پذیرفته است. این بررسی‌ها در اصلاح کالبدی نمونه‌های اجرایی و نیز طراحی صحیح نمونه‌های جدید مفید است. به این منظور پس از بیان مقادیر استاندارد و مطلوب در روشنایی کلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی بر اساس فاکتور نور روز و نیز شدت نور روز، رضایت‌مندی دانشجویان از روشنایی طبیعی و مصنوعی کلاس‌ها، تمایلشان به نوع روشنایی و نیز شاخص‌هایی که بر عملکرد آنها مؤثر است نظیر داشتن حالات خواب‌آلودگی، خستگی و کسل‌بودن در کلاس‌ها و کارگاه‌ها از طریق پرسش‌نامه نظرسنجی شد. نتایج نشان‌دهنده رضایت‌مندی بیشتر و عملکرد بهتر دانشجویان در کلاس‌های دارای روشنایی طبیعی بیشتر و نیز تمایل بیشتر دانشجویان به داشتن نور طبیعی در کلاس و کارگاه بوده است. سپس مکان و ابعاد و اندازه‌های کلاس‌ها و کارگاه‌های نمونه موردی این نوشته بررسی شد و در قالب دیاگرام و جداولی ارائه گردید. این فضاها در پنج گروه کلاس‌ها و کارگاه‌های رو به شمال طبقه زیرهمکف، کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول، کارگاه‌های رو به جنوب طبقه اول، کارگاه‌های رو به شمال طبقه سوم و کارگاه‌های رو به جنوب طبقه سوم دسته‌بندی شد و محاسبات و مدل‌سازی رایانه‌ای بر اساس ابعاد و اندازه‌های میانگین در هر دسته انجام شده است. نتایج مطالعات نشان داد که مهمترین اشکال طراحی در این نمونه موردی، کم‌بودن مساحت پنجره‌های فضاهای آموزشی رو به شمال است. برابری نسبی مساحت پنجره‌ها در کارگاه‌های رو به شمال و جنوب، نشان‌دهنده عدم توجه به تأثیر جهت‌گیری در کیفیت روشنایی روز فضاهای این نمونه موردی است. همچنین عبور کانال‌های تأسیساتی از مکان نامناسب یعنی بالای پنجره‌ها، ارتفاع و مساحت پنجره‌ها را محدود کرده است. در خصوص مقادیر شدت و فاکتور نور روز، محاسبات نشان می‌دهد که در کلاس‌های طبقه زیرهمکف، فاکتور نور روز کمتر از حداقل مناسب آن (۲%)، و برابر ۱٫۶۹% است، این مقدار در کلاس‌هایی که رنگ سقف آن‌ها تیره رنگ است، ۱٫۶۰% است. به‌لحاظ شدت نور، بر اساس محاسبات انجام شده در روزهای اول و وسط از هر ماه، شدت نور روز این کلاس‌ها بین ۱۶۰ تا ۳۱۰ لوکس (اکثر روزها زیر ۳۰۰ لوکس) در روزهای مختلف سال است که در بسیاری از روزها کمتر از حد استاندارد مناسب برای کلاس‌های آموزشی (۳۰۰ لوکس) و در تمام روزها زیر استاندارد مناسب برای کارگاه‌ها (۵۰۰ لوکس) است. در کارگاه‌های رو به شمال طبقه اول با شدت نور روز بین ۱۰۰ تا ۴۸۰ لوکس و طبقه سوم دارای شدت نور ۱۰۰ تا ۲۰۰ لوکس نیز این شرایط برقرار است. در این فضاها در تمام زمان‌ها از نور مصنوعی استفاده می‌شود و حالت‌های کسل‌بودن و خواب‌آلودگی در میان دانشجویان بیشتر دیده می‌شود، همچنین تمایل کمتری به استفاده از این کلاس‌ها و کارگاه‌ها در میان دانشجویان و استادان وجود دارد. نتایج مدل‌سازی نشان داد که با تغییر مکان کانال‌های تأسیسات و افزایش دو برابری ارتفاع پنجره‌ها میزان روشنایی طبیعی این فضاها در اکثر روزها، بالاتر از حد استاندارد می‌شود؛ البته در کارگاه‌های رو به شمال طبقه سوم نیاز به افزایش چهار برابری مساحت پنجره‌ها وجود دارد. از طرفی تأثیر استفاده از رنگ تیره در سقف‌های کارگاه‌ها و کلاس‌های آموزشی ارزیابی شد که نتایج نشان‌دهنده افزایش حدود ۶ درصدی متوسط شدت نور روز کلاس‌ها و کارگاه‌ها در صورت استفاده از رنگ روشن با ضریب بازتاب مطلوب (۷۰ تا ۹۰ درصد) است. نورگیرهای کارگاه‌های طبقه اول در هر دو سمت تأثیر بسیاری بر افزایش متوسط شدت روشنایی این فضاها داشته است. نتایج مدل‌سازی نشان داد که در کارگاه‌های رو به شمال

با حذف نورگیرهای سقف، شدت نور در حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. در کارگاه‌های رو به جنوب این مقدار حدود ۲۰ درصد در زمستان و ۵۰ درصد در تابستان است. البته در وضع موجود تمیز نبودن نورگیرها عملکرد آنها را مختل کرده است. محاسبات و مدل‌سازی شدت نور روز و فاکتور نور روز در کارگاه‌های رو به جنوب در طبقات اول و سوم نیز انجام شده است که نتایج نشان‌دهنده مناسب بودن ابعاد پنجره و مؤثربودن نورگیرهای سقفی است. هرچند در روزهای ابری شدت روشنایی این فضاها به‌شدت کاهش می‌یابد و نیازمند استفاده از روشنایی مصنوعی هستند. فاکتور نور روز در این فضاها بالای ۲% و متوسط شدت نور روز در اغلب روزها بالای ۵۰۰ لوکس است. از طرفی اکثر کلاس‌های آموزشی و کارگاه‌ها رو به شمال مکان‌یابی شده‌اند و فضاهای رو به جنوب به فضاهایی مانند اتاق‌های استادان و کتابخانه اختصاص یافته‌اند. همچنین اختصاص طبقه زیرهمکف به کلاس‌ها و بعضی از کارگاه‌ها و اختصاص فضاهای طبقات همکف و دوم به کاربری‌هایی غیر از کاربری درجه یک این ساختمان به‌لحاظ استفاده بهینه از نور روز نامناسب بوده است.

پی‌نوشت‌ها

۱. Dialux 4.10، نرم‌افزار دیالوکس یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای برق، در زمینه طراحی روشنایی داخلی و خارجی است. در بسیاری از پروژه‌های اجرایی و مقالات تحقیقی از این نرم‌افزار استفاده شده و نتایج آن با واقعیت تطبیق داده شده است.

2. Daylight
3. Skylight
4. Reflected light
5. Daylight factor
6. Windows orientation factor

فهرست منابع

- Baker, N. & Steemers, K. (2002) *Daylight Design of Buildings,* James and James (Science Publishers), London.
- British Standards Institution (2008) *BS 8206-2, Lighting for Building, Part 2 Code of Practice for Daylighting,* British Standards Institution, UK.
- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) (1999) *Daylighting and window design,* CIBSE, London.
- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) (2006) *Environmental Design,* The Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
- DFEE (Department for Education and Employment) (1999) *Lighting Design for Schools,* Department for Education and Employment, London.
- Dubois, M.C. (2001) *Impact of Solar Shading Devices on Daylight Quality: Measurements in Experimental Office Rooms*, Lund University, Sweden.
- Heschong Mahone Group (1999) *Daylighting in Schools. An investigation into the relationship between daylight and human performanc*e, Detailed Report, Fair Oaks , CA.
- Heschong, L.; Wright, R.L. & Okura, S. (2002) "Daylighting impacts on human performance in school," *Journal Illuminating Engineering Society,* 41, 101–114.
- ICAEN (Institut Català d'Energia) (2004) *Sustainable Building- Design Manual: sustainable*

*building design practice*s, The Energy and Resources Institute, New Delhi.

- IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) (2000) *Lighting Handbook- Reference & Application*, IESNA, New York.
- Joseph S.; Takahashi, Fred W.; Turek, Robert & Moore, Y. (2001) *Handbook of Behavioral Neurobiology: Circadian Clocks, Volume 1*2,Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York.
- Kellert, S.; Heerwagen, J. & Mador, M. (2008) *Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life,* John Wiley & Sons, New jersey.
- Kuller R. and Lindsten, C. (1992) "Health and Behavior in Classrooms with and without Windows," *Journal of Environmental Psychology*, 12,305-317.
- Leslie, R.; Smith, A.; Radetsky, L. & Figueiro, M. (2010) *Patterns to Daylight Schools for People and Sustainability,* Rensselear Polytechnic Institute, New York.
- Nicklas, M.; Bailey, G. (1997) "Analysis of Performance of Students in Daylit Schools," *Proceedings of the American Solar Energy Society.*
- Simm, S.; Coley, D. (2011) "The relationship between wall reflectance and daylight factor in real rooms," *Architectural Science Review*, 54:4, 329-334.
- UK Building Research Energy Conservation Support Unit (1998*) Desktop guide to daylighting for architects*, Watford, UK.
- Wasserman, Danuta (2011) *Depression*, Oxford University Press, UK.
- http://www.tehranmet.ir / [accessed: September 2013].