ارزیابی شدت روشنایی در فضاهای اداری و ارائه راهکار مداخله‌گرانه برای کاهش خیره‌گی در آنها

(موردپژوهی: ساختمانی اداری در تهران)

اشکان خطیبی*[1]، مجید شهبازی[2] و زهره ترابی[2]

تاریخ دریافت: 1400/04/02
تاریخ پذیرش: 1400/12/16

چکیده: روشنایی یکی از عوامل فیزیکی محیط‌های کاری است که در حفاظت سلامت بینایی و پیش‌گیری از حوادث ناشی از کار نقش مهمی را ایفا می‌نماید. پژوهش حاضر با هدف بهینه‌سازی نور روز دریافتی و مطلوبیت روشنایی فضاهای اداری به ارزیابی وضعیت روشنایی اتاق‌های یک ساختمان اداری چهار طبقه در تهران می‌پردازد. این پژوهش که یک مطالعه کاربردی است، در مقطع زمانی سه‌ماهه بر روی کارکنان ساختمان مذکور انجام شده است. روش پژوهش ترکیبی از روش تحلیلی همراه با بهره‌گیری از شبیه‌سازی و مدل‌سازی نرم‌افزاری است. در بخش میدانی هم‌زمان با نظرسنجی از کارکنان، شدت روشنایی محیط مورد مطالعه در شرایط واقعی با استفاده از دستگاه نورسنج اندازه‌گیری شده است. نتایج ارزیابی‌های میدانی و نظرسنجی‌ها نشان می‌دهد در برخی از اتاق‌های این ساختمان شدت روشنایی موضعی از مقادیر استاندارد پیشنهادشده، بیشتر است و این امر موجب نارضایتی کاربران از وضعیت روشنایی و آسایش بصری شده است. راهکار پیشنهادی نویسندگان به‌کارگیری سیستم نمای متحرک در فضاها برای استفاده بهینه از نور روز و کارآمد سازی روشنایی در فضای داخلی است. این سیستم با قابلیت کنترل میزان نور دریافتی و تنظیم خیره‌گی نور در محیط، آسیب‌های بینایی ناشی از غیر استاندارد بودن روشنایی محیط را کاهش می‌دهد. در این روند با استفاده از یافته‌های حاصل از مدل‌سازی فضا در نرم‌افزار راینو و افزونه دیوا، تکنولوژی موجود در کشور برای طراحی یک نمای متحرک کاربردی به کار گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که اعمال یک پوسته پاسخ‌گو در برابر متغیر مشخص (نور خورشید)، امکان کنترل نور ورودی به داخل ساختمان را بر اساس تغییر فصول فراهم می‌کند و میزان خیره‌گی (DGP) را در ارزیابی‌های سالانه (پویا) فضا به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

واژگان کلیدی: خیره‌گی نور، شدت روشنایی، محیط اداری، سلامت بینایی، نمای متحرک.

[1] **دانشجوی دکتری**، گروه معماری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران، (نویسنده مسئول) Ashkan.Khatibi@iauz.ac.ir
[2] **استادیار**، گروه معماری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

1- مقدمه

با عنایت به اینکه امروزه، در مقایسه با گذشته، بخش زیادی از ساعات عمر روزانه افراد در فضاهای سرپوشیده می‌گذرد، برنامه‌ریزی برای استفاده کارآمد از نور طبیعی در این فضاهای بسته، برای ارتقای کیفیت زیستی و سطح سلامتی افراد و همچنین برقراری شرایط آسایش بصری کاربران امری ضروری به شمار می‌آید. البته بایستی در نظر داشت که فراهم نمودن چنین امکانی علاوه بر اعتقاد به نتایج سودمند آن، نیازمند تبیین فرایندهایی مشتمل بر پیش‌بینی‌ها و اتخاذ تدابیر سنجیده در عرصه سیاست‌گذاری و تصمیمات راهبردی، برنامه‌ریزی، طراحی و تدوین راهکارهای عملی و بالاخره اجراست که این امر اهمیت شناخت سازوکار و روابط حاکم بر این فرایندها و آگاهی از نحوه مدیریت آنها را بیش از پیش آشکار می‌کند (Pourdeihimi & Haji Seyyed Javadi, 2008)

کشف رابطه تنگاتنگ میان محیط داخلی ساختمان و سلامتی انسان به گذشته‌های دور باز می‌گردد. در اواسط سده نوزدهم با رواج شهرنشینی و محدودیت‌های ایجاد شده برای انسان در فضاهای محصور فیزیکی بسیاری از بیماری‌های شایع در آن زمان گسترش یافت. در سال 1986 اصطلاح سندروم ساختمان بیمار (SBS)[1] توسط سازمان بهداشت جهانی ارائه شد که عدم وجود نور طبیعی و روشنایی کافی در محیط را یکی از عوامل مؤثر در پیدایش سندروم ساختمان بیمار می‌دانست (Helena,2008). به مرورزمان و با طراحی ضعیف ساختمآنها ازلحاظ ورود نور طبیعی و کیفیت نامناسب هوای داخلی اثرات منفی ماندگاری در سلامتی ساکنین پدیدار شد، به‌طوری‌که سازمان بهداشت جهانی[2] در سال 1998 طی گزارشی ارتباط بیش از 30 درصد از ساختمآنهای جدید دنیا را با مشکلات سلامتی اعلام نمود (Khosravinejad et al., 2018).

پس از مطالعات مختلفی که بر روی محیط‌های کاری انجام پذیرفت، از جمله مطالعه بریل و همکارانش[3] برای شناسایی عوامل مؤثر بر بهره‌وری کارمندان (Brill et al.,1984) و پژوهش‌هایی که توسط کمیته معماری و ساخت محیط و اتحادیه ادارات بریتانیا انجام شد (El-Zeiny & Mahmoud, 2013)؛ مشخص شد، ویژگی‌های محیطی یک فضای کاری بر سطح تجربه افراد از خستگی ذهنی، سطح نشاط و عملکرد وی تأثیرگذار است و برخی مسائل ساده مثل نور کافی و روشنایی مناسب می‌توانند بهره‌وری را از 20 تا 28 درصد افزایش دهند. در این میان مقادیر مختلف شدت روشنایی و دمای رنگ به‌عنوان دو پارامتر بسیار مهم در روشنایی، اثرات روحی و روانی مختلفی در انسان ایجاد می‌کنند (Sahin et al., 2014).

در پژوهش‌هایی که تاکنون با هدف تعیین میزان شدت روشنایی محیط کاری انجام شده است، اغلب کارگاه‌های الکتریکی (kakooei & Poornajaf, 2006; Zare et al., 2018; Ziayi ghahnavieh et al., 2018) و صنعتی (Mokhtari andani, 2018)، سالن‌های چاپ و مطالعه (khajeh Nasiri et al.,2006; Bagheri et al.,2017; Forouzandeh shahraki et al., 2021) ، آرایشگاه‌ها (Golmohammadi et al.,2017) ، کارگاه‌های قالی‌بافی (Golmohammadi et al., 2017; Ranjbarian et al., 2015) مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان مطالعاتی که بر روی دفاتر اداری و دانشگاهی داخل ایران (Golmohammadi et al., 2020; Ghanbaran et al., 2017; Farokhzad et al., 2015) و فضاهای اداری در کشور چین (Chellappa et al., 2010) ، نروژ (Aries et al., 2018) ، هلند (Bringslimark et al., 2017) و فضاهای دانشگاهی در ترکیه (Ozdemir, 2010) انجام شده است؛ همگی بیانگر نامناسب بودن کیفیت روشنایی داخلی فضاها و وضعیت نگران‌کننده در محیط‌های کاری است. در پی این امر بسیاری از پژوهشگران به بررسی شرایط آزاردهنده محیط‌های کاری و اثرات ناشی از شدت روشنایی نامناسب آنها بر کیفیت خواب، میزان خستگی و آسیب‌های چشمی پرداخته‌اند. نتایج مطالعات اخیر و مد نظر قرار دادن این مطلب که یک محیط داخلی با روشنایی مطلوب می‌تواند آسایش بصری، بهره‌وری، سلامت و رفاه کارکنان را افزایش دهد (Golmohammadi et al., 2017)، ضرورت اجرای یک طرح ملی را برای رفع وضعیت نامطلوب روشنایی در محیط‌های کاری ایجاب می‌نماید.

اگرچه پژوهش‌های پردامنه‌ای درزمینه اهمیت نورپردازی و به‌خصوص نور طبیعی بر انسان صورت گرفته

و شواهد انکارناپذیری بر تأثیر مثبت نور روز و بهره‌مندی از منظر طبیعی بر سلامت، آسایش و بازدهی افراد به‌دست‌آمده است، اما جای تعجب است که چرا همچنان بسیاری از طراحان و معماران در نورپردازی فقط به رؤیت پذیری (وضوح) و قابلیت عملکردی (کارآمدی) توجه می‌کنند (Pourdeihimi & Haji Seyyed Javadi, 2008) و پنجره را عنصری فرمال در طراحی نما و حداکثر عاملی جهت ایجاد دید به خارج می‌دانند (Loe,2012). مسئله مهمی که متأسفانه جمع زیادی از معماران و طراحان از توجه به آن، غافل مانده‌اند. در این میان، استفاده روزافزون از نورپردازی الکتریکی که در دسترس و کنترل شدنی است، سبب شده که بسیاری از معماران و طراحان، تأثیر نور طبیعی در ساختمان را به فراموشی بسپارند و قابلیت نور طبیعی را در بهبود کیفیت معماری نادیده بگیرند (Makani et al.,2012).

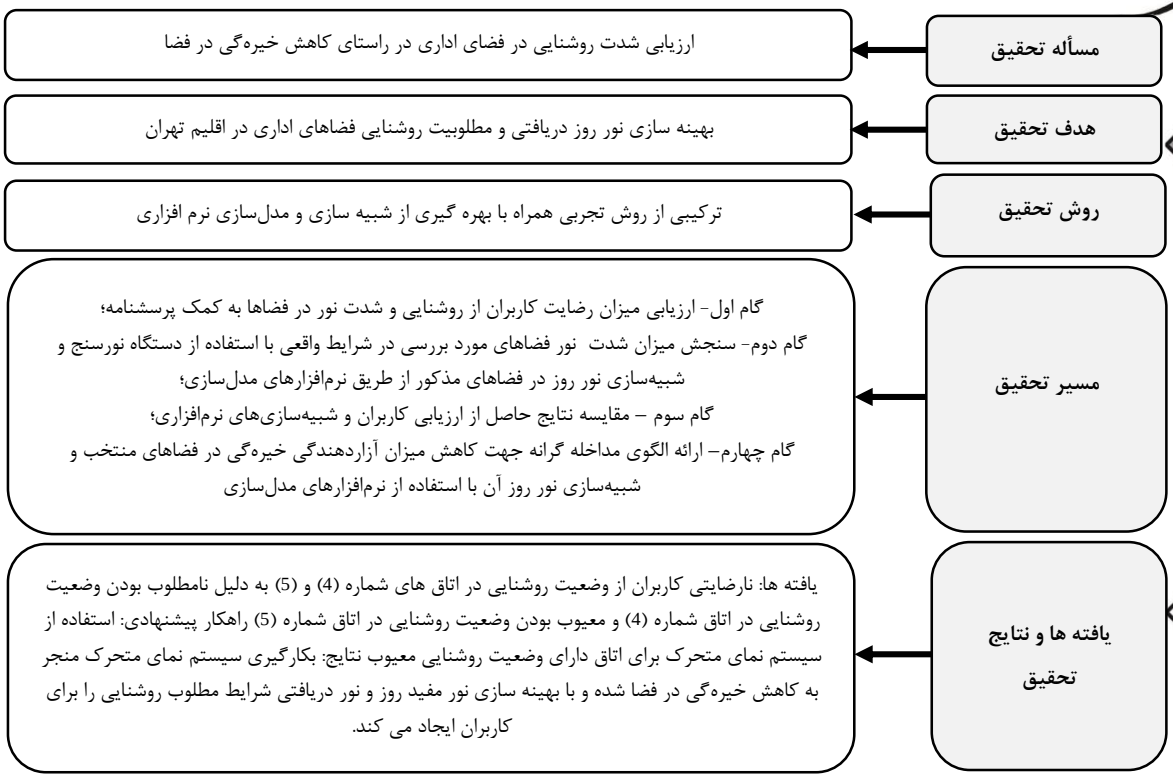
نکته قابل‌توجه دیگر عدم ارائه راهکار برای تأمین شدت روشنایی استاندارد و کاهش آسیب‌های ناشی از نامطلوب بودن روشنایی محیط در مطالعات پیشین است. ازاین‌رو وجه تمایز پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهشات مشابه استفاده از استراتژی‌های کنترل نور ورودی به فضا و تنظیم شدت روشنایی در محیط‌های کاری می‌باشد. الگوی پیشنهادی در این پژوهش استفاده از سیستم نمای متحرک است که نه‌تنها می‌تواند در ابتدای مرحله طراحی موردتوجه قرار گیرد بلکه امکان بازسازی بهینه محیط را نیز فراهم می‌نماید. این سیستم باقابلیت کنترل خودکار در افزایش کیفیت نور روز، بهبود کیفیت دید، به‌خصوص در فضاهای اداری و عمومی مؤثر می‌باشد (Rasuli et al., 2019)

پژوهش حاضر باهدف ارزیابی شدت روشنایی در محیط‌های کاری و به‌منظور کاهش آسیب‌های چشمی ناشی از خیره‌گی نور در فضاهای اداری به ارائه الگویی مناسب برای بازشوهای این نوع فضاها می‌پردازد. الگوی پیشنهادی که با تأکید بر استفاده از نور روز و به‌کارگیری سیستم نمای متحرک میزان نور دریافتی را کنترل می‌نماید، موجب کاهش خیره‌گی نور در فضا می‌شود. در راستای دستیابی به هدف پژوهش چندین پرسش مطرح می‌شود که عبارت از: 1- وضعیت روشنایی در فضاهای اداری ساختمان مورد مطالعه چگونه است؟ 2- آیا این وضعیت توانسته است رضایت کاربران را از لحاظ نور و آسایش بصری تأمین نماید؟ 3- راهکار پیشنهادی برای بهبود وضعیت روشنایی در فضاهای مورد مطالعه چیست؟

از آنجاکه ارزیابی عملکرد نور روز، یک راه اساسی در طراحی نور روز است و گروه بین‌المللی نور (CIE)[4] نیز، کمیت نور روز، کیفیت نور روز و خیره‌گی را سه عامل مهم در نورپردازی خوب معرفی می‌کند و دستیابی به آسایش بصری را وابسته به دو پارامتر یکنواختی و خیره-گی می‌داند (Seyedolaskari & Nasrolahi, 2014) روش کار در تمامی پژوهش‌ها، برآورد و شبیه‌سازی‌های نرم‌افزاری است(Mahdavinejad & Kia, 2019) که شامل مؤلفه‌های شدت روشنایی و خیره‌گی است؛ از این رو مسیر مطالعاتی پژوهش حاضر برای ارزیابی شدت روشنایی و خیره‌گی محیط مطابق شکل شماره (1) قابل ارائه است. بر اساس این شکل، محاسبه میزان نور روز دریافتی از بازشوها در شرایط واقعی و بررسی میزان شدت روشنایی و خیره‌گی نور در فضا از طریق سنجش با دستگاه و نظرسنجی توسط کاربران و شبیه‌سازی آن و در نهایت مقایسه وضع موجود با الگوی پیشنهادی، می‌تواند نویسندگان را به سمت پیاده‌سازی اهداف پژوهش سوق دهد.

2- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف مطالعه کاربردی است که در مقطع زمانی سه‌ماهه بر روی کارکنان یک ساختمان اداری چهار طبقه مستقر در زعفرانیه تهران انجام شده است. روش پژوهش مورد استفاده در این پژوهش ترکیبی از روش تحلیلی همراه با بهره‌گیری از شبیه‌سازی و مدل‌سازی نرم‌افزاری است. با عنایت به انتخاب نمونه مطالعاتی در اقلیم شهر تهران با مختصات 40:35 شمالی، 19:51 شرقی و با ارتفاع 1191 متر از سطح دریا که در گروه Bsk در مقیاس کوپن- گایگر[5] دسته‌بندی شده است، برای انجام تمام مراحل شبیه‌سازی از اطلاعات آب‌وهوایی ایستگاه شمیرانات واقع در شمال تهران در ارتفاع 1415 متری از سطح دریا (TMY_2) استفاده شده است (Rasuli et al., 2019).



شکل 1- مسیر مطالعاتی پژوهش

Fig. 1- Research path of research

بر اساس داده‌های آب‌وهوایی، آسمان تهران 67٪ صاف، 24٪ نیمه‌ابری و 9٪ تمام ابری در طول سال است. بنابراین پتانسیل تابش خورشیدی جهانی در تهران قابل توجه است. حداکثر و حداقل تابش مستقیم به ترتیب در ماه تیر و دی رخ می‌دهد در حالی که حداکثر تابش انتشاری خورشید در ماه مرداد و حداقل آن در ماه آذر رخ می‌دهد (Mofidi Shemirani & Mohammadi, 2008)

بررسی و تحلیل‌های میدانی بر روی فضاهای اداری ساختمان مورد مطالعه با زیربنای 330 متر که متشکل از 5 اتاق مجزای اداری است، انجام شده است. در این بخش پرسشنامه‌ای شامل 25 پرسش با طیف پنج گزینه‌ای لیکرت[6] تدوین شده است که بخش اول پرسشنامه مورد استفاده، پرسش‌های فردی را شامل می‌شود و سن، جنسیت، میزان حساسیت به نور شدید، ترجیحات نوری و نوع فعالیت فرد در فضا را مورد پرسش قرار می‌دهد. بخش دوم، پرسش‌هایی درباره میزان رضایت از روشنایی محیط، نحوه توزیع نور روز در فضا، میزان آزاردهندگی بصری ناشی از سطوح روشن اطراف کاربر و یا قرارگیری منابع نوری شدید در میدان دید را در برمی‌گیرد. بخش سوم شامل پرسش‌های پیرامون چهار مؤلفه استرین چشمی، اختلال دید، اختلال سطح چشم و مشکلات خارج چشمی در افراد مستقر در محیط کاری مورد مطالعه است.

پرسشنامه مورد استفاده در این پژوهش پرسشنامه استانداردی است که پایایی اولیه آن طی مطالعه‌ای با عنوان «طراحی و اعتبارسنجی پرسشنامه سنجش خستگی بینایی کاربران پایانه‌های تصویری (VDT)» به اثبات رسیده است (Habibi et al.,2011). با این‌حال برای اطمینان از ارزیابی پایایی و ثبات داخلی آن از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که با عنایت به مقدار آلفای به دست‌آمده معادل 0/758 برخورداری پرسشنامه از پایایی قابل قبول مورد تأیید قرار گرفت. برای تأیید روایی ابزارهای مورد استفاده نیز می‌توان به مطالعات بلقن آبادی و دهقان (Bolghan Abadi & Dehghan, 2015) و باقری و همکاران (Bagheri et al.,2017) اشاره نمود که ضمن بهره‌گیری از پرسشنامه استاندارد خستگی بینایی برای تشخیص ناراحتی‌های چشمی، از

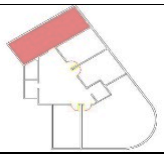
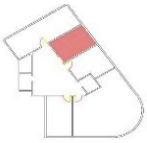
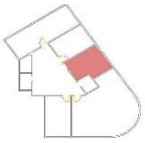
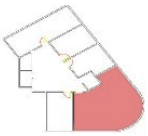
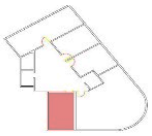
دستگاه سنجش روشنایی (لوکس متر) مدل Hagner EC1 برای اندازه‌گیری شدت روشنایی محیط کار و افزایش دقت شبیه‌سازی‌ها استفاده کرده‌اند.

جامعه آماری شامل 15 نفر (9 نفر مرد و 6 نفر زن) از کارکنان ساختمان اداری مورد مطالعه است که به مدت یک سال در آن ساختمان مشغول به فعالیت بودند. در پژوهش حاضر به دلیل انجام کارهای نظارتی و بازدیدهای میدانی توسط کارکنان، دسترسی به تمامی آنها در بازه زمانی محدود مورد مطالعه میسر نبود. لذا در این مطالعه امکان نمونه‌گیری به روش تصادفی محقق نشد. جدول شماره (1) مشخصات جامعه آماری و فضاهای مورد مطالعه پژوهش را نشان می‌دهد.

پرسشنامه‌های پژوهش در 15 مردادماه سال 1399 در وضعیت آسمان صاف و آفتابی به‌صورت تصادفی بین کارکنان توزیع شد و از آنان خواسته شد تا با توجه به شرایط سه ماه اخیر زمان حضورشان در محیط کار به پرسش‌های پرسشنامه پاسخ دهند. برای اطمینان از صحت نتایج شبیه‌سازی، هم‌زمان با پاسخ‌گویی کاربران به پرسشنامه، روشنایی محیط در ارتفاع سطح کار (80 سانتیمتر از کف) در شش نقطه حسگر از فضا با استفاده از نورسنج نور ST-1301 اندازه‌گیری شد که در جدول شماره (2) ارائه شده است. برای افزایش دقت و صحت عملیات اندازه‌گیری‌ها در شرایطی انجام پذیرفت که چراغ اتاق‌ها خاموش و پرده‌ها به صورت جمع شده بودند. مقایسه سطوح روشنایی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده با استفاده از معادله شماره (1) متوسط خطای 0/187 را نشان می‌دهد که در سطح قابل قبولی است؛ بنابراین اعتبار نرم‌افزارهای شبیه‌ساز تأیید می‌شود.

جدول 1 - یافته‌های توصیفی جامعه آماری و فضاهای موردمطالعه

Tab. 1- Descriptive findings of the statistical population and the studied spaces

	شماره	اتاق شماره 1	اتاق شماره 2	اتاق شماره 3	اتاق شماره 4	اتاق شماره 5
مشخصات فضا	پلان					
	موقعیت پنجره	ضلع جنوبی- شرقی	ضلع شرقی	ضلع شرقی	ضلع جنوبی- شرقی	ضلع جنوبی
جامعه آماری	مرد	2	0	2	4	1
	زن	1	2	1	1	1
	فراوانی	3	2	3	5	2
	درصد فراوانی	20	13/3	20	33/3	13/3

جدول 2- میزان شدت روشنایی در اتاق‌های اداری ساختمان مورد مطالعه

Tab. 2- The intensity of light in the office rooms of the studied building

فضای موردمطالعه	شدت روشنایی طبیعی Lux کل محیط			شدت روشنایی موضعی Lux (سطح بازتاب نمایشگر)		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
اتاق شماره 1	210	620	383	210	660	395
اتاق شماره 2	240	502	371	264	500	382
اتاق شماره 3	220	480	350	285	495	390
اتاق شماره 4	263	1233	748	330	1300	815
اتاق شماره 5	230	930	580	302	1045	673/5

معادله (1) $$MBE = \frac{1}{N}\sum_{K=1}^{N}\left(\frac{Es-Em}{Em}\right)$$

MBE= خطای متوسط، N= تعداد نقاط حسگر، Es = روشنایی شبیه‌سازی‌شده، Em= روشنایی اندازه‌گیری شده

ابزار مورد استفاده برای طراحی و مدل‌سازی در این پژوهش نرم‌افزار راینو (Rhino) و افزونه دیوا (Diva) ست که راینو یکی از نرم‌افزارهای رایج در معماری است و توسط طراحان و محققان زیادی مورد استفاده قرارگرفته است. افزونه دیوا (Diva) نیز یکی از معتبرترین افزونه‌های آنالیز تابش نور و انرژی ست که ابتدا توسط دانشگاه MIT تولید و سپس توسط شرکتSolemma توسعه‌یافته است. این افزونه باقابلیت نصب بر روی نرم‌افزار راینو (Rhino) و امکان بررسی حرکت خورشید به محاسبه میزان روشنایی روز (Daylight)، انرژی تابشی خورشید، میزان خیره‌گی نور در بازه‌های زمانی متفاوت، آنالیز انرژی زون‌ها در ساختمان و سایت‌های شهری می‌پردازد و نتایج به دست آمده را با استانداردهای روز دنیا مورد مقایسه قرار می‌دهد. در خصوص روایی این نرم‌افزارها می‌توان به مطالعات شفوی مقدم و همکاران (Shafavimoghadam et al.,2019) ، مفیدی شمیرانی و محمدی (Mofidi shemirani & Mohammadi,2019) ، پوراحمدی و همکاران (Pourahmadi et al.,2019) و مهدوی نژاد و همکاران (Mahdavinejad et al.,2019) اشاره کرد که در پژوهش‌های خود برای محاسبه شاخص‌های خیره‌گی ناشی از نور روز از افزونه دیوا (Diva)در Grasshopperو برای مدل‌سازی نیز از نرم‌افزار راینو (Rhino) استفاده نموده‌اند.

در نهایت پس از گردآوری نتایج اندازه‌گیری‌ها و تکمیل پرسشنامه‌ها در بازه زمانی سه‌ماهه، داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS19 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

3- نتایج و بحث

نتایج حاصل از نظرسنجی‌ها در خصوص وضعیت نوری محیط کاری و ناراحتی‌های چشمی ناشی از شدت روشنایی محیط در حین انجام فعالیت در جدول شماره (3) ارائه شده است. طبق اظهارات کارکنان اتاق‌های شماره (2) و (3) میزان اختلالات بینایی آنها در محیط کاری خود نسبت به کارکنان سایر اتاق‌ها کمتر بوده و از روشنایی موجود در اتاق‌هایشان رضایت داشتند. این درحالی که است که کارکنان اتاق‌های شماره (1) و (5) وضعیت نوری اتاق‌های خود را قابل تحمل گزارش نموده‌اند. با این حال با توجه به نورگیری اتاق شماره (1) از ضلع جنوبی که بهترین موقعیت نورگیری محسوب می‌شود مشکلات چشمی حاصل از نور زیاد در کارکنان این اتاق کمتر از اتاق شماره (5) است. همین امر موجب شده است که در مجموع وضعیت روشنایی محیط در اتاق شماره (1) نسبتا مطلوب گزارش شود.

با عنایت به نتایج حاصل از برداشت میدانی و سنجش شدت روشنایی نور محیط در جدول شماره (2) و (3) و مد نظر قرار دادن حدود الزامی[7] شدت روشنایی موضعی مورد نیاز برای مشاغل اداری، تحریری یا تایپی در حد 300 Lux و برای کارهای خیلی دقیق اعم از نقشه‌کشی و طراحی در حد 500 Lux می‌توان شرایط روشنایی اتاق‌های شماره (1)، (2) و (3) را مطلوب گزارش نمود.

جدول 3- نظرسنجی کارکنان در اتاق‌های اداری ساختمان مورد مطالعه

Tab. 3- Survey of employees in the office rooms of the studied building

	اتاق شماره 1	اتاق شماره 2	اتاق شماره 3	اتاق شماره 4	اتاق شماره 5
وضعیت نوری اتاق	قابل‌تحمل	قابل‌قبول	قابل‌قبول	آزاردهنده	قابل‌تحمل
استرین چشمی	متوسط	خیلی کم	خیلی کم	خیلی زیاد	متوسط
اختلال دید	زیاد	متوسط	کم	زیاد	زیاد
اختلال سطح چشم	متوسط	کم	متوسط	زیاد	زیاد
مشکلات خارج چشمی	کم	خیلی کم	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد
وضعیت روشنایی محیط	نسبتاً مطلوب	مطلوب	مطلوب	نامطلوب	معیوب

اگرچه اتاق شماره (5) دارای میزان شدت روشنایی بالاتر از حد استاندارد است اما با اقدامات اصلاحی و مداخله گرانه می‌توان آن را از وضعیت معیوب روشنایی خارج نمود. در این میان اتاق شماره (4) با داشتن پنج پنجره و بالاترین سطح نورگیری نسبت به سایر اتاق‌ها بیشترین شدت روشنایی را داراست. این اتاق به دلیل اختلاف فاحشی که با میزان استاندارد خود دارد دارای وضعیت نامطلوبی از روشنایی است که نیاز به بازطراحی و مداخله در سیستم روشنایی آنها ضروری به نظر می‌رسد. لذا با استناد به مطالعات پیشین و نتایج ارزیابی‌های انجام‌شده، در ادامه روند پژوهش ضمن معرفی الگوی پیشنهادی، اقدامات مداخله‌گرانه برای مناسب‌سازی وضعیت روشنایی در اتاق شماره (5) و اصلاح سیستم روشنایی آن ارائه می‌شود.

برای این امر اتاق شماره (5) به ابعاد 2/80*5*3 متری با پنجره‌ای به فاصله یک متر از کف اتاق و ابعاد 1/6* 2/3متری به‌عنوان فضای هدف پژوهش در نرم‌افزار راینو (Rhino) طراحی شد و با استفاده از نرم‌افزار دیوا (Diva)، روشنایی آن در ساعات اداری روزهای مشخصی از سال مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. نورگیری فضا از سمت جنوب اتاق بوده و پنجره‌ها به صورت چهار قسمتی در نظر گرفته شده که دو قسمت کناری ثابت و دو قسمت میانی متحرک است. شیشه پنجره به صورت شفاف، تک جداره و با انتقال‌پذیری 0/85 درصدی نور مرئی تعریف شده است. جنس جداره‌های داخلی و سقف، با مصالحی که از نظر بافت بسیار نزدیک به گچ دیوار و به رنگ سفید بود و کف فضا نیز با مصالحی نزدیک به موزاییک و به رنگ خاکستری باشد، شبیه‌سازی شده است.

راهکار پیشنهادی برای اصلاح روشنایی محیط و کاهش خیره‌گی در فضا استفاده از سیستم نمای متحرک است. این ایده الهام گرفته از عنصر مشربیه در معماری سنتی اسلامی است که در راستای بهره‌وری از نور مفید روز بر اساس بازه حرکتی و چرخش حول چند محور شکل‌گرفته است (Mahdavinejad & Masoudi Tonekaboni, 2019). عملکرد این نما به عنوان یک دیوار شفاف به فاصله یک متر بیرون دیوار خارجی ساختمان در یک قالب‌بندی مستقل قرارگرفته است که برای پاسخ‌گویی به حرکت خورشید به عنوان راهی برای تنظیم نور روز دریافتی و تابش خیره‌کننده برنامه‌ریزی شده است. در هنگام صبح که خورشید در شرق بالا می‌رود، سیستم سایه‌بان با خورشید به دور ساختمان حرکت می‌کند و به‌گونه‌ای باز و بسته می‌شود که بتواند تا حد ممکن در روزهای سال میزان نور لازم برای فضای اداری را تأمین و از خیره‌گی حاصل از نور زیاد در فضا جلوگیری نماید.

در فرایند انجام پژوهش حاضر، شبیه‌سازی سیستم پیشنهادی نمای متحرک در نرم‌افزارهای مدل‌سازی انجام شده و خروجی آنها در سه وضعیت مدل پایه، نمای متحرک در حالت پانل‌های بسته و نمای متحرک در حالت پانل‌های باز در جدول شماره (4)، ارائه شده است. همان‌طور که شکل های این جدول نشان می‌دهد در مدل پایه میزان خیره‌گی بالا و ورود نور غیر استاندارد به فضا زیاد است. این مسأله با وجود طیف نوری قرمز- نارنجی تأیید می‌شود. در حالت دوم با به‌کارگیری نمای متحرک رنگ‌ها از محدوده زرد- نارنجی به محدوده سبز- آبی تغییر پیدا می‌کند و میزان خیره‌گی کاهش می‌یابد. این حالت در شرایطی است که پانل‌های سیستم نمای بسته است به محض اینکه میزان تابش نور و شدت آن زیاد می‌شود. این پانل‌ها به طور خودکار باز می‌شوند و مانند یک سایبان عمل می‌کنند. در نتیجه میزان خیره-گی در فضا به حداقل رسیده و روشنایی مطلوب برای فضا فراهم می‌شود.

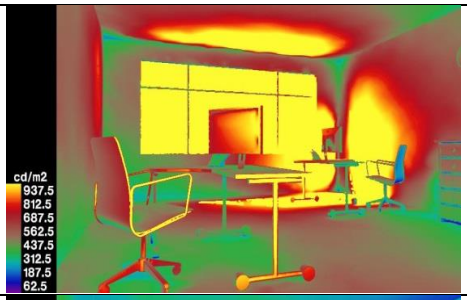
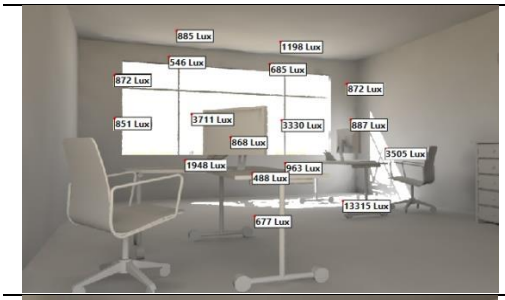
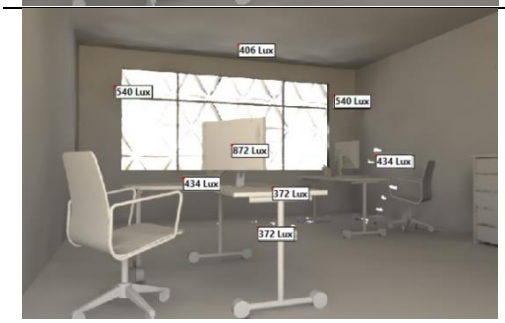
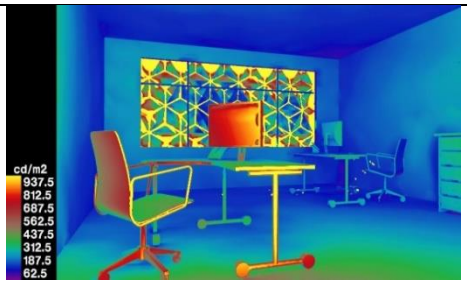
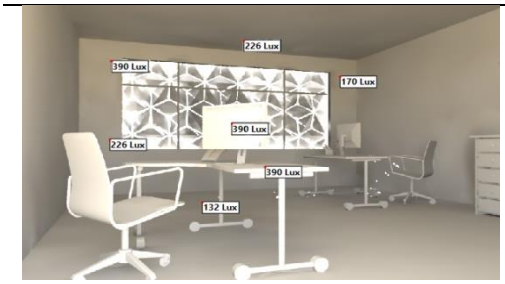
در ادامه روند پژوهش، میزان خیره‌گی نور روز در سه حالت؛ مدل پایه، استفاده از سیستم نمای متحرک، استفاده از سیستم نمای متحرک بهینه‌سازی شده مورد بررسی قرارگرفته و نتایج آن به صورت نمودارهایی بر اساس پارامتر DGP ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد بازه DGP بین 0/45-0/35 نوسان دارد که به میزان خیره‌گی در فضای مورد نظر اشاره دارد. در این محاسبات چنانچه مقادیر DGP پایین‌تر از 0/35 باشد، احتمال خیره‌گی نور روز نامحسوس خواهد بود. اگر این مقدار بین 0/40-0/35 باشد، وضعیت روشنایی قابل‌درک و میزان خیره‌گی در آن قابل‌تحمل است. میزان DGP در

مقادیر بین-0/40 0/45 نامطلوب و هر فضایی که شامل این میزان DGP باشد، در محدوده نور مزاحم قرار دارد و در نهایت هرچقدر میزان DGP بیشتر از عدد 0/45باشد، میزان خیره‌گی برای کاربران غیر قابل تحمل خواهد بود.

همان‌طور که در شکل شماره (2) مشاهده می‌شود، در محدوده ساعات کاری 16-8 در تمامی ماه‌های سال میزان احتمال خیره‌گی نور روز در حالت اول (مدل پایه)، بین بازه0/45-0/35 قرار دارد. این مقادیر در اوایل تیرماه تا اواسط آبان به بازه 0/45-0/35 محدود می‌شود.

جدول 4- مقایسه آنالیز نور روز در حالت استفاده از نمای متحرک و بدون استفاده از آن

Tab. 4- Comparison of daylight analysis in the mode of using kineticfacade and without using it

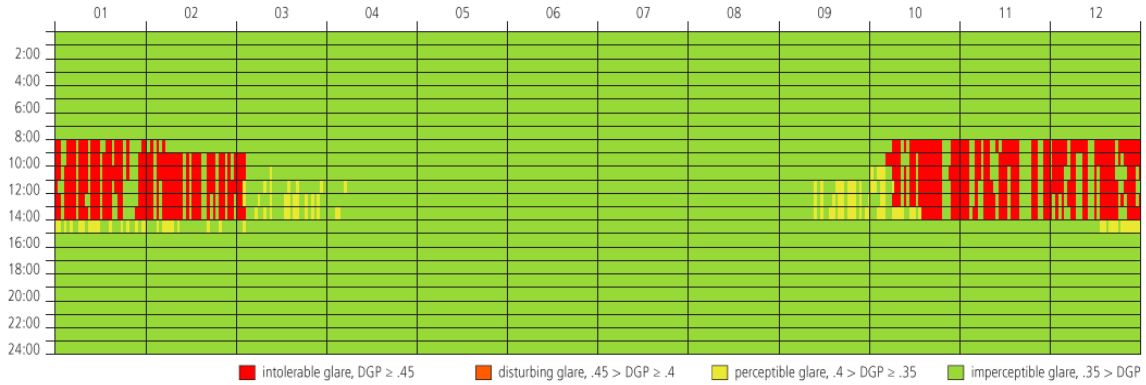
نمونه موردی	Falsecolor	مدل شبیه‌سازی
مدل پایه		
با نمای متحرک در حالت بسته		
با نمای متحرک در حالت باز		

شکل 2- داده‌های افزونه Diva برای آنالیز خیره‌گی در حالت بدون استفاده از سیستم نمای متحرک

Fig. 2- Diva plugin data for stunning analysis without the use of a kinetic façade

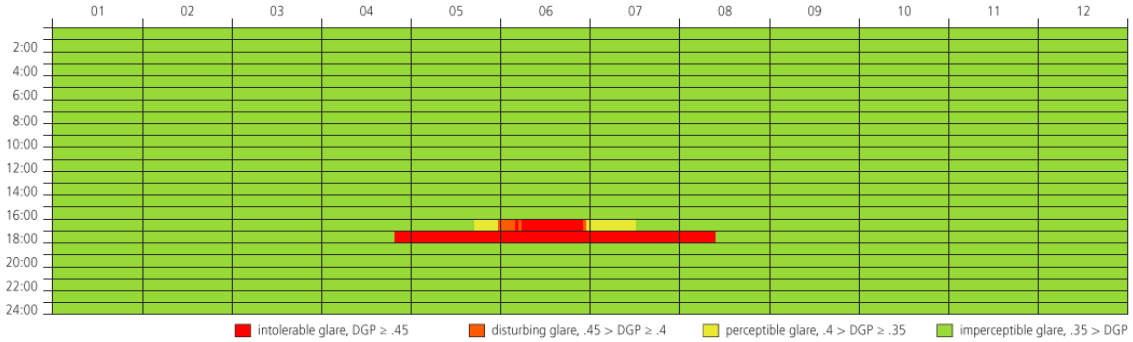
در حالت دوم؛ نمونه موردی برای شرایطی مورد بررسی قرار می‌گیرد که در آن از سیستم نمای متحرک استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در ساعات کاری 8- 16در ماه‌های فروردین و اردیبهشت میزان احتمال خیره‌گی نور روز بین بازه 0/35-0/45 قرار دارد. این مقادیر از اوایل خردادماه تا اوایل دی‌ماه به بازه پایین‌تر از 0/35 تغییر یافته و رفته‌رفته به سمت پایان سال یعنی از اواسط دی‌ماه تا پایان اسفندماه در محدوده 0/35- 0/45 قرار می‌گیرد. این امر نشان می‌دهد در حالت دوم (استفاده از سیستم نمای متحرک) میزان خیره‌گی نور روز در فضای موردنظر، در 7 ماه از سال به میزان قابل توجهی نسبت به مدل پایه کاهش پیدا می‌کند. شکل شماره (3) نتایج حاصله از بررسی میزان خیره‌گی نور روز در حالت دوم را نشان می‌دهد.

در حالت سوم؛ برای افزایش مطلوبیت فضا ازنظر میزان نور و روشنایی، سیستم نمای متحرک در حالت بهینه‌سازی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حالت پانل‌های نما به صورت باز است که میزان نور در آن کنترل شده. محاسبه میزان خیره‌گی نور در این فضا نشان می‌دهد میزان خیره‌گی نور روز در این حالت به میزان قابل توجهی در تمامی ماه‌های سال و ساعت‌های کاری کاهش پیدا کرده است. به‌طوری‌که تنها در ساعات کاری 17-18 فصل تابستان احتمال خیره‌گی در فضا وجود دارد. این میزان که در بازه 0/35-0/45 قرار دارد از اواخر تیرماه آغاز شده است و تا اواسط آبان ادامه دارد. در باقی ساعات روز در ماه‌های سال خیره‌گی در حالت نامحسوس است و آسایش بصری و روشنایی فضا در محدوده بسیار مطلوب و راحتی مخاطب قرار دارد. شکل شماره (4) نتایج حاصله از بررسی میزان خیره‌گی نور روز در حالت سوم را نشان می‌دهد.



شکل 3- داده‌های افزونه Diva برای آنالیز خیره‌گی در حالت استفاده از سیستم نمای متحرک

Fig. 3- Diva plugin data for stunning analysis with use of a kinetic facade



شکل 4-داده‌های افزونه Diva برای آنالیز خیره‌گی در حالت استفاده از سیستم نمای متحرک بهینه‌سازی شده

Fig. 4- Diva plugin data optimized for glare analysis with use of Optimized kinetic facade

4- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی شدت روشنایی در محیط‌های کاری کارکنان یک ساختمان اداری در تهران انجام شده است. بررسی‌های میدانی و ارزیابی نظرسنجی‌ها در خصوص وضعیت نوری محیط کاری و ناراحتی‌های چشمی ناشی از شدت روشنایی محیط نشان از رضایت کارکنان اتاق‌های شماره (2) و (3) از روشنایی وضعیت موجود و قابل تحمل بودن وضعیت نوری اتاق‌های شماره (1) و (5) و آزاردهندگی نور و روشنایی اتاق شماره (4)داشت؛ بنابراین اتاق‌های شماره (2) و (3) به دلیل وضعیت مطلوب و اتاق شماره (4) به دلیل وضعیت نامطلوب نور و روشنایی فضا از لیست بررسی‌ها حذف شدند. در میان اتاق‌های شماره (1) و (5) نیز، مشکلات چشمی حاصل از نور زیاد در کارکنان اتاق شماره (1) به دلیل بهترین شرایط نورگیری (جنوب) کمتر از اتاق شماره (5) بوده و وضعیت روشنایی آنها به ترتیب نسبتا مطلوب و معیوب گزارش شده است.

از این‌رو برای حل مشکل روشنایی در اتاق شماره (5) و رفع عیب آن اقدامات اصلاحی و مداخله‌گرانه‌ای پیشنهاد می‌شود که با اعمال تغییرات اندک در محیط کار می‌تواند شرایط استفاده بهینه از روشنایی نور روز را از طریق بازشوها فراهم نماید. این اقدام اصلاحی در پژوهش حاضر به‌کارگیری یک نمای متحرک در ساختمان مورد مطالعه بود که درستی این پیشنهاد طی عملیات شبیه‌سازی در نرم‌افزار راینو و افزونه دیوا، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به دست آمده از آنالیز شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد، در طی سال و در محدوده ساعات کاری، میزان خیره‌گی برای حالت پایه، بین بازه 0/45-0/35 قرار داشت که با تعبیه سیستم‌های نمای متحرک به حد استاندارد یعنی بین بازه 0/40-0/35 رسید و نور مزاحم تا حد قابل قبولی کاهش یافت. با بهینه‌سازی شرایط قرارگیری سیستم نمای متحرک در حالت بسته بودن پانل‌های نما، نتایج خیره‌گی نور روز به حالت مطلوب نزدیک‌تر شد و میزان آن به کمترین حد خود رسید به طوری‌که تنها در ساعات کاری 17-18 ماه‌های فصل تابستان احتمال خیره‌گی در مقادیر مابین 0/40 -0/35 در فضا وجود داشت و در سایر ساعات روز ماه‌های سال خیره‌گی در حالت نامحسوس بود.

بنابراین نتایج حاصل از بررسی و تحلیل راه‌حل پیشنهادی نشان می‌دهد که اعمال یک پوسته پاسخگو در برابر متغیر نور خورشید، امکان کنترل نور ورودی به داخل ساختمان را بر اساس تغییر فصول فراهم می‌نماید و با توزیع یکنواخت نور در فضا میزان خیره‌گی (DGP) را در ارزیابی‌های سالانه به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. از این رو به‌کارگیری سیستم نمای متحرک در فضاهای اداری راهکاری است که با کنترل میزان نور دریافتی و کاهش میزان خیره‌گی نور روز می‌تواند به استفاده بهینه از نور روز در فضاهای داخلی و بهبود وضعیت روشنایی در فضا کمک نماید. با عنایت به متفاوت بودن شرایط اقلیمی و جهت‌گیری فضاها نسبت به تابش نور میزان با کنترل میزان باز و بسته بودن نماها و تنظیم ابعاد و تناسبات آن شرایط مطلوب و آسایش محیطی فضا را ازلحاظ نور و روشنایی برای کاربران ایجاد نمود.

در پایان با عنایت به محدودیت‌های مطالعه حاضر اعم از بازه زمانی محدود پژوهش میدانی، تجهیزات مرتبط با اندازه‌گیری و دشواری‌های مرتبط با کار میدانی در محیط اداری و محدودیت دسترسی به کارکنان هدف پژوهش به دلیل عدم حضور آنها در محیط اداری پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، هرکدام از انواع کاربری‌ها در اقلیم‌های متفاوت با ارتفاع و تعداد طبقات مختلف مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین در انتخاب منطقه اقلیم و گروه‌های هدف پژوهش توجه بیشتری شود تا پژوهش مورد نظر ضمن برخورداری از دقت و صحت عملیات بالا نتایج قابل‌تعمیم‌تری داشته باشد.

پی نوشت

1 -Sick Building Syndrome
2 -WHO
3 - Brill et al
4 - CIE: Commission internationale de l'éclairage
5 -Köppen Klimaklassifikation
6 -likret
7- حدود مجاز مواجهه شغلی ویرایش چهارم 1395

منابع

Aries, M; Veitch, J; Newsham, GR. (2018). Windows, View, and Office Characteristics Predict Physical and Psychological Discomfort. Journal Environment Psycho. 30: 533.

Bagheri, S; Dastvar, A; Ghaljahi, M. (2017). Evaluation of the Intensity of Lighting and Its Relationship with Students' Visual Fatigue in Study Rooms of Zabol University of Medical Sciences in 2016. Ohhp, 1 (2):154-163. [In Persian]

Bolghan Abadi, S., dehghan, H. (2015). Assessing the intensity of general lighting and its association with computer sight syndrome in laptop users. Beyhagh, 20(2), 1-13. [In Persian]

Brill, M; Margulis, S; Konar, E. (1984). BOSTI.Using Office Design to Increase Productivity, Workplace Design and Productivity Buildings, 1, 495 -500.

Bringslimark, T; Hartig, T; Patil, G. (2017). Adaptation to Windowlessness: Do Office Workers Compensate for a Lack of Visual Access to the Outdoors? Enviro Behav. 43(4): 470.

Chellappa, SL; Steiner, R; Blattner, P; Oelhafen, P; Gotz, T; Cajochen, C. (2011). Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? PLoS One.6 (1): e16429.

El-Zeiny, A; Mahmoud, R. (2013). Interior design of workplace and performance relationship: private sector corporations in Egypt.

Farokhzad, M; Dehdashti, A; Tajik, F. (2015). Lighting assessment and effects on visual fatigue and psychological status of employees in Damghan velayat hospital wards. J Neyshabur Univ Med Sci, 3(1):37-48. [In Persian]

Forouzandeh Shahraki, N.; Ahmadi Joushghani, H., Nourkojouri, H., & zomorodian, Z. (2021). An Evaluation of Light Quantity and Quality in Reading Rooms, and Suggestions for Amendments; the Case of Shahid Beheshti University libraries. Soffeh, 31(4), 31-48. [In Persian]

Ghanbaran, A; Ebrahimpour, R; Payedar Ardakani, P; Tohidi Moghadam, M. (2018). The Role of Lighting, Window Views and Indoor Plants on Stress Reduction of Offices' Staffs by

Psychophysics method. Ioh, 14 (6):135-147. [In Persian]

Golmohammadi, R; Alizadeh, H; Motamedzade, M; Soltanian, AR. (2014). Assessment of Interior General and Local Lighting in Carpet Weaving Workshops in Bijar City. J Occup Hyg Engin,1(3):1-8. [In Persian]

Golmohammadi, R; Chahardoli, Z; Motamedzade, M; Farhadian, M. (2017). Evaluation of Artificial Lighting and its Relationship with Occupational Body Postures in Women's Hairdressers of Hamadan, Iran. J Occup Hyg Engin, 4(2):26-33. [In Persian]

Golmohammadi, R; Mehdinia, M; Shahida, R; Darvishi, E. (2017). The Effects of Lighting on Mental and Cognitive Performance: A Structured Systematic Review. Iran J Ergon, 5 (2):43-54. [In Persian]

Habibi, E; Pourabdian, S; Rajabi, H; Dehghan, H; Merati, M. R. (2011). Development and Validation of a Visual Fatigue Questionnaire for Video Display Terminal Users, Journal of Health System Research, 7(4), 492-503. [In Persian]

Helena, B.H. (2008). Daylight in glazed office buildings, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment, Lund University.

Kakooei, H; Poornajaf, A. (2006). Assessment of illumination in Tehran electrical industries. Sjsph, 4 (2):81-87. [In Persian]

Khajeh Nasiri, F; Nasiri, P; Kakui, H. (2006). Public lighting evaluation of Keihan Printing Institute, Tehran. Journal of the School of Medicine, 63(11), 937-940. [In Persian]

Khosravinejad, A; Sayehmiri, K, Kazemy, M; Shirmohamadi, N; Abyaz, M; Kurd, N. (2018). Evaluation of Sick Building Syndrome prevalence among Mustafa Khomeini hospital staff in Ilam, 2015. Sjimu, 25 (5):1-9. [In Persian]

Loe, D. (2012). Daylighting Design in Architecture, CADDET Energy Efficiency, Newsletter No. 4. Philips Forum Background.

Mahdavinejad, M., & Masoudi Tonekaboni, S. (2019). Self-shading and High-Performance Architecture, Case Studies: Configuration of Contemporary Buildings of Tehran. Armanshahr Architecture & Urban Development, 11(25), 201-208. [In Persian]

Pourdeihimi, S., Haji Seyyed Javadi, F. (2008). Daylight and the Human Being: Perception and Biopsychology of Daylight. Soffeh, (17)2-1. [In Persian]

Ranjbarian, M; Gheibi, L; Hatami, H; Khodakarim, S. (2015). Lighting conditions and vision status in carpet weaving workshops and workers at the city of Takab in 2013. Iran J Ergon, 2 (4) :11-17. [In Persian]

Rasuli, M; Shahbazi, Y; Matini, M. (2019). Horizontal and Vertical Movable Drop-Down Shades Performance in Double Skin Facade of Office Buildings; Evaluation and Parametric Simulation. Naqshejahan, 9 (2):135-144. [In Persian]

Sahin, L; Wood, BM; Plitnick, B; Figueiro, MG. (2014). Daytime light exposure: effects on biomarkers, measures of alertness, and performance. Behav Brain Res. 274:176-85.

Shafavi Moghaddam, N., Zomorodian, Z. S., & Tahsildoost, M. (2019). Ability of daylight Indicators in estimating adequate lighting in space based on user assessments Case study: Architecture design studios in Tehran. Soffeh, 29(3), 37-56. [In Persian]

Seyedolaskari, M; Nasrolahi, N. (2014). Examining the importance of using daylight to optimize energy consumption. Mashhad: The second national conference on sustainable city architecture and landscape. [In Persian]

Zare, A; Malakouti Khah, M; Garosi, E; Gharib, S; Zakerian, S A. (2018). The effect of increased light intensity on workload, sleepiness, eye fatigue, and the degree of satisfaction of individuals from the light conditions in the control room of a power plant. J Health Saf Work, 8 (3):237-250. [In Persian]

Ziayi Ghahnavieh, N; Sharifian, Z; Dehghan, H. (2018). The relationship between lighting and visual eye fatigue and sleep quality in video display terminals users. J Shahrekord Univ Med Sci, 20 (4):45-52. [In Persian]

Mahdavinejad, M., Arbab, M., Arbab, M. (2019). Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization External Louvers in High-performance Office Buildings. Journal of Architectural Thought, 3(5), 214-235. [In Persian]

Mahdavinejad, M., Kia, A. (2019). Contemporarization of traditional facade skins (lattice) in Iranian architecture for optimization of daylight and energy. Case study: Tehran office buildings. Journal of Architecture in Hot and Dry Climateis, 7(9), 69-82. [In Persian]

Makani, V. Khorram, A. & Ahmadipur, Z. (2012). Secrets of Light in Traditional Houses of Iran, International Journal of Architecture and Urbanism, 2(3), 50-45. [In Persian]

Mofidi Shemirani, M; Mohammadi, F. (2019). Multi-objective optimization of the window shape in order to simultaneously provide the components of visual comfort and energy efficiency through the genetic algorithm (case study: elementary classroom in Tehran). Geography of the land. 17(68), 1-20. [In Persian]

Mokhtari Andani, A; Judgment, R; Gudari, J; Dashtinejad, B. (2018). Evaluation of the lighting intensity of the work environment and the plan of corrective interventions in the administrative offices of one of the oil and gas industries in the south of the country in 2016. Oil and gas exploration and production. 8(16), 68-66. [In Persian]

Ozdemir, A. (2010). The effect of window views' openness and naturalness on the perception of rooms' spaciousness and brightness: A visual preference study. Sci Res Essays.5 (16): 2275.

Pirmoradi, Z; Golmohammadi, R; Motamedzade, M; Faradmal, J. (2020). Assessing lighting and color temperature in the office workplaces and relationship to visual Comfort. Ioh, 17 (1):1-10. [In Persian]

Pour Ahmadi, M., Khanmohammadi, M., Mozaffar, F. (2019). Evaluation of Glare Indices in Educational Buildings in Hot and Dry Climate of Iran. Journal of Architecture and Urban Planning, 11(23), 29-50. [In Persian]