

ارزیابی بکارگیری الگوی بهینه انتشار نور روز بر میزان رضایت از کیفیت محیط و ادراک روانشناختی کارمندان

علی ذبیحی^۱، رضا میرزایی^{۲*}، علی یظهري کرمانی^۳، احمد حیدری^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه هنر و معماری، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.

^۲ استادیار، گروه هنر و معماری، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران. نویسنده مسئول.

^۳ استادیار، گروه هنر و معماری، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.

^۴ استادیار، گروه هنر و معماری، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴

چکیده

یکی از مسائلی که امروزه مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته استفاده از نور روز در ساختمان های اداری، به منظور افزایش بهره وری روشنایی طبیعی می باشد. با توجه به تأثیرگذاری شرایط محیطی بر ساختمان، ویژگی های محیط ساخته شده نیز به میزان قابل توجه ای ساکنین فضا را تحت تأثیر قرار می دهد. نور روز به عنوان یکی از موثرترین مؤلفه های طراحی محیط محسوب می شود که اثرات بصری و غیربصری بسیاری بر کاربران دارد. هدف این پژوهش ارزیابی بکارگیری الگوی بهینه انتشار نور روز به منظور دریافت نور روز مطلوب و تأثیر آن بر رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روان شناختی کارمندان می باشد. روش تحقیق این پژوهش توصیفی و تحلیلی بوده است. به منظور شبیه سازی و بهینه سازی از نرم افزارهای راینو، گرس هاپر، لیدی باگ، هانی بی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در این پژوهش ۷۶ نفر از کارکنان ساختمان اداری کرمان در دو مرحله قبل و بعد از تغییرات محیطی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. جهت ارزیابی و تحلیل داده های پرسشنامه، از آزمون های پارامتری t جفتی در نرم افزار SPSS 26 استفاده شد. نتایج حاصل از مقایسه داده های گردآوری شده از پرسشنامه قبل از تغییرات (وضع موجود) و بعد از تغییرات (الگوی بهینه انتشار نور روز نصب شده بر روی شیشه) نشان داد که رضایت از کیفیت محیط ۴۷٪ افزایش، احساس مثبت ۳۵٪ افزایش و احساس منفی ۲۸٪ کاهش (ادراکات روان شناختی) یافته است. نتایج این مطالعه می تواند در بکارگیری از این عناصر متناسب با معماری امروز در جهت بهره برداری بهینه و مطلوب از نور روز و تأثیر آن بر رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روان شناختی کارمندان راهگشای طراحان و سازندگان باشد.

واژگان کلیدی: نور روز، خیرگی، رضایتمندی، ادراکات روانشناختی

* نویسنده مسئول: E-mail: aaabbccd@yahoo.com

^۱ این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان "بررسی تطبیقی جریان های فکری تأثیرگذار بر شکل گیری معماری ایران و ازبکستان در دوره معاصر" می باشد که به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین انجام شده است.

مقدمه

در دهه های اخیر کارشناسان با توجه به لزوم کاهش مصرف انرژی و تأثیر مثبت فیزیکی و روانی نور طبیعی بر کاربران استفاده از نور طبیعی در ساختمان ها را عنوان یکی از جنبه های اصلی طراحی مطرح می کنند. حضور نور در فضای معماری در طول دوره های مختلف تاریخی علاوه بر جنبه عملکردی آن، عاملی برای روشنایی و حیات بخشی به فعالیت های روزانه بوده و از جنبه معنوی در مباحث اعتقادی ادیان نیز همواره مورد توجه و استفاده فراوان بوده است. امروزه بهره گیری عاقلانه از نور طبیعی، به منظور بهبود کیفیت زندگی ساکنان و افزایش رضایتمندی آنها در فضای معماری ضروری به نظر میرسد. توجه به آموزه ها و تجارب گذشتگان در مورد استفاده مناسب از نور طبیعی در فضای معماری موجب بهبود کارایی و کیفیت برنامه ریزی فضای داخل ساختمان و همچنین صرفه جویی در مصرف روشنایی الکتریکی می شود. در همین راستا الگوهای متفاوت انتشار نور در فضای داخلی ساختمان و جداره های نور گذر، معیارهای معمارانه ای هستند که تأثیر تأمل برانگیزی بر ادراک انسان دارند. با وجود تأثیرپذیری، به نظر میرسد که معماران به گونه ای منظم و دقیق، از اثرات ادراکی الگوهای نور در فضای داخلی ساختمان ها مطلع نیستند. استفاده بیش از حد از نورپردازی الکتریکی و کاهش استفاده از نور طبیعی در بناها، باعث افزایش هزینه های مصرف انرژی و کاهش سلامت، رضایتمندی، راحتی و کارایی افراد می شود.

امروزه به دلیل دسترسی آسان و کنترل شده نورپردازی الکتریکی، بسیاری از معماران و طراحان تأثیر نور طبیعی در ساختمان را به فراموشی سپرده و به بهبود آن توجه نمی کنند. در نتیجه، به منظور کاهش هزینه های مصرف انرژی و بهبود سلامت، راحتی و کارایی افراد، استفاده مناسب از نور طبیعی در طراحی ساختمان ها حائز اهمیت است. امروزه با پیشرفت مصالح ساختمانی و روش های هوشمند سازی و بهینه سازی، می توان راه حل های جدید برای بهره گیری از فن آوری های کنترلی نوین ارائه نمود.

در این مطالعه به قسمتی از راهبردهای موثر جهت دریافت نور روز و کاهش مصرف انرژی روشنایی مصنوعی که در واقع با عنصر پنجره به عنوان جداره نور گذر و عناصر اضافه شده تحت عنوان ساز و کارهای نورگیر در ارتباط است. در همین راستا با توجه به موارد بیان شده و تأثیر نور روز بر ادراک و تأثیرات غیربصری که بر انسان دارد اهمیت فراوانی دارد. این مهم در ساختمان های اداری که قسمت عمده ای از فعالیت های ساکنین در طول روز فعال هستند و پتانسیل فراوانی بر رضایتمندی و سلامت روان کارمندان و همچنین کاهش مصرف روشنایی مصنوعی دارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در همین راستا یکی از اصلی ترین ویژگی های نور روز که ممکن است بر علاقه بصری و بهره وری مطلوب نور روز تأثیر گذار باشد، الگوی هندسی انتشار آن است. الگوهای هندسه انتشار نور روز معمولاً توسط موانع بیرون یا داخلی فضا مانند سایه سازها شکل می گیرد که بر میزان دریافت بهینه، بهره وری مطلوب از نور روز و بهبود کیفیت بصری نیز موثر است (Abboushi, 2018: 100). بهره وری مطلوب از نور روز در فضا می تواند ۵۰ تا ۸۰ درصد مصرف نور مصنوعی را کاهش دهد این در حالی است که روشنایی الکتریکی در حدود ۴۰ درصد کل مصرف انرژی را در ساختمان شامل می شود (Zomorodian and Nasrollahi, 2013: 49).

در سال های اخیر با توجه به چالش های جدید مطرح شده در ارتباط با چگونگی دریافت نور برای فضاهای اداری، کیفیت محیط برای کارمندان با مشکلاتی از جمله مسایل روان شناختی، فیزیکی و عملکردی روبرو شده است. که با بررسی تحقیقات پیرامون موضوع می توان مسائل و مشکلات بیان شده را با استفاده از راهکارهایی، بهره وری مطلوب از نور و سلامت روان در فضای اداری را برای کارمندان بهبود بخشید. استفاده مناسب از نور طبیعی و ایجاد شرایط روشنایی مطلوب علاوه بر کاهش مصرف انرژی الکتریکی، منجر به افزایش راندمان و رضایت کارمندان در فضاهای اداری نیز می شود. شواهد حاکی از آن است ساکنین فضاهای با دریافت نور روز نسب به فضاهای که نور روز دریافت نمی کنند، مشکلات کمتری در ارتباط با سلامت و رضایتمندی را دارا هستند (Lee, 2010:1595). در همین راستا ساختمان های اداری موجود در شهر کرمان با توجه به عدم

توجه به ابعاد بهینه بازشوها و عدم بکارگیری سایه سازها، باعث شده نور و انرژی خورشید (۲۵۰۰ لوکس) بالاتر از میزان استاندارد وارد فضا شود که ارائه راهکاری مناسب جهت ورود میزان نور استاندارد در فضای اداری (حداقل ۳۰۰ لوکس) امری ضروری است.

در همین راستا مکانیسم نحوه دریافت نور و نورگیرها و سایه سازها در معماری سنتی ایران، از تدابیر نسبتاً کارا و راهکار متناسب با آن زمان بوده که از شکل های هندسی و گره چینی از جمله شباک، بالکانه و ارسی ها استفاده شده است.

که می توان روش استفاده از گره چینی و مواردی مانند آن و همچنین نحوه استفاده از کیفیت نور در سایه سازها و نورگیرها و پنجره ها را در هندسه دانست و چگونگی استفاده از هندسه در سایه سازها و نورگیرها و پنجره ها را کاوش کرد. در همین راستا به منظور بیان نحوه دریافت و انتشار نور در فضا از لحاظ بصری و شکلی از کلمه الگو استفاده می شود. با این تفصیل در حال حاضر ما دانش محدود و اطلاعات بسیار کمی در مورد تأثیر هندسه الگوهای انتشار نور روز در ساختمان های اداری موجود بر میزان بهره وری مطلوب از نور و رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روانشناختی کارمندان در محیط واقعی وجود دارد که پرداختن به این شکاف مفید است. یکی از مؤلفه های اصلی اثر گذار بر زندگی و حیات انسان در ساختمان ها حضور نور روز در محیط داخلی است که می توان تأثیر آن را از دو منظر زیست شناسی روانی و روانشناسی ادراکی پیگیری و بررسی نمود. این پژوهش تلاش دارد با در نظر گرفتن مولفه های بومی مؤثر بر بهره وری مطلوب از نور روز در ساختمان اداری موجود مورد مطالعه شهر کرمان هندسه الگوی انتشار نور روز بهینه سازی شده و تأثیر آن را قبل و بعد از تغییرات بر بهره وری مطلوب از نور روز، رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روانشناختی ساکنین مورد سنجش و ارزیابی قرار دهد.

مطلوبیت فضای کار از دو جنبه فیزیکی و روانی قابل بررسی است. از منظر جنبه فیزیکی نورپردازی کلی و موضعی برای فعالیت های مورد استفاده است. علاوه بر این جنبه کارکردی فضا باید از نور مناسبی جهت برآورده سازی نیازهای اساسی انسان برخوردار باشد. نور بر ادراک، خلق و رفتار تأثیر می گذارد (Aries, 2005:7). از رکن های اصلی زندگی انسان سلامت و ابعاد مختلف آن است که منجر به مطلوبیت و رضایت از زندگی و بقاء نسل می شود که بدون آن امکان زیستن از انسان گرفته می شود. در همین راستا این پژوهش بدنبال پاسخ به این سوال است که آیا الگوهای انتشار نور بهینه سازی شده بر رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روانشناختی کارمندان تأثیرگذار باشد؟

پیشینه پژوهش

رضایتمندی و احساسات ساکنین در محیط کار

تقریباً ۶۰ درصد از جمعیت جهان شاغل هستند. همه کارگران حق داشتن محیطی امن و سالم در محل کار را دارند. بررسی و شناخت رفتار انسان در ارتباط با محیط ساخته شده در چهارچوب روانشناسی محیط مطرح می شود. در همین راستا جیفورد در تعریف روانشناسی محیط اینگونه بیان می کند که بررسی و ارزیابی ارتباط متقابل بین فرد با محیط پیرامون می داند. فرد با قرار گیری در محیط آن را دگرگون می کند و همچنین به طور همزمان تجربه ها و رفتار افراد توسط محیط متحول می شود (Gifford, 1997: 441). محیط های کاری ایمن و سالم نه تنها یک حق اساسی است، بلکه به احتمال زیاد تنش و درگیری ها در محل کار را به حداقل می رساند و عملکرد کاری و بهره وری را بهبود می بخشد (Berg et al., 2021: 40,54). عوامل محیط پیرامون انسان از طریق های مختلفی چه مثبت و چه منفی بر سلامت و رضایت انسان تأثیر می گذارد. محیط کار فیزیکی شامل تمام اشیاء و محرک هایی است که کارکنان در کار خود با آنها مواجه می شوند (Sander et al., 2019:342). کار در محیط های مدرن از نظر اپیدمیولوژیک با انواع بیماری ها مرتبط است. بسیاری از این بیماری های مرتبط با استرس هستند، مانند افسردگی، اضطراب، فشار خون بالا، و بیماری های روده و برخی دیگر به کمردرد، برخی اختلالات خواب و مشکلات تنفسی که بیشتر به شرایط فیزیکی مربوط می شوند (Figueiro et al., 2017, Zhang et al., 2015). روسکامز و هاینز در این رابطه استدلال کردند که محیط محل کار یک سیستم پیچیده روانی است که نه تنها محرک های فیزیکی عینی

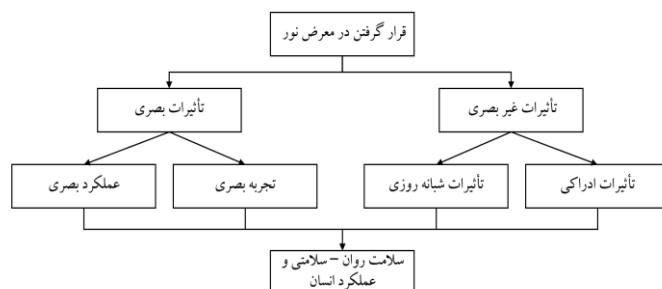
در محیط کار، بلکه روش هایی را نیز در بر می گیرد که در آن این محرک ها به طور ذهنی توسط افراد ساکن درک می شوند (Roskams and Haynes, 2020:142). در همین راستا از تعاریف فوق می توان این نتیجه را بیان نمود که محیط فیزیکی و رفتار انسان ها با یکدیگر ارتباط نزدیک به هم دارد.

انسان ها اغلب فضاها را با یک احساس یا عاطفه مرتبط می دانند و یک محیط را «آرام بخش» یا «افسرده کننده» می نامند. این احساسات می توانند مثبت یا منفی باشند و بر نحوه تجربه یک فضا تأثیر بگذارند. حسی که یک مکان به کاربران القا می کند همه چیز به انتخاب های طراحی مربوط می شود، از قرار دادن پنجره ها گرفته تا چیدمان مبلمان. عواملی مانند کنترل ادراک شده، تعامل با طبیعت، و فضای شخصی، بهزیستی روانی را ارتقا می دهند. همانطور که سندر و همکاران توضیح داد، واکنش کارکنان به محیط فیزیکی کار را می توان با پاسخ های شناختی، عاطفی و رابطه ای آنها به کل محیط اداری یا ویژگی های خاص ارزیابی کرد (Day et al., 2019, Sander et al., 2019). از مولفه ها مهم برای سنجش و ارزیابی وضعیت سلامت یک جامعه سلامت روان است، که می توان با شاخص ها گوناگون آن را ارزیابی کرد. بسیاری از روانشناسان بر این عقیده اند که ویژگی های فردی، فشارهای محیطی و روانی، کیفیت اوضاع اجتماعی، خانوادگی و اقتصادی، نداشتن انگیزه و دست نیافتن به اهداف در زندگی از عواملی هستند که می تواند بر سلامت روان افراد تأثیر گذار باشد (یوسفی و محمد خانی، ۱۳۹۲، Boubekri et al., 2019). خلق و خوی یک حالت عاطفی ذهنی یا احساسی است. خلق و خو نیز به مجموعه ای از حالات روحی و احساساتی که در طول زندگی فرد شکل می گیرد، گفته می شود (Borisuit et al., 2015, Adamsson et al., 2018). طبق گفته استات پرلز، خلق و خو به عنوان یک لحن احساسی فراگیر و پایدار تعریف می شود که در درون خود تحمل می شود و تقریباً بر تمام جنبه های رفتار یک فرد در دنیای بیرونی تأثیر می گذارد. اختلالات خلقی با اختلالات مشخص در احساسات توصیف می شوند (افت شدید به نام افسردگی یا اوج گرفتن به نام جنون یا هیجان زیاد (Sekhon and Gupta, 2023). بنابراین تأثیر محیط کار فیزیکی بر رضایتمندی و سلامت روان کارکنان بستگی به پاسخ های روانی و فیزیولوژیکی افراد به ویژگی های فیزیکی محل کار دارد (Danielsson, 2008:606).

ادبیات طراحی محل کار به نتایج بهداشت روانی توجه چندانی نکرده است، در عوض بر جمعیت های سالم تمرکز کرده است. برعکس، ادبیات بهداشت روانی به سهم بالقوه طراحی محل کار در پیشگیری از مشکلات سلامت روان توجه کمی می کند. اقداماتی وجود دارد که می توان در طراحی و بهره برداری از محیط های ساخته شده برای بهبود رضایتمندی و سلامت روان در هر شرایطی انجام داد.

تأثیر نور روز بر انسان

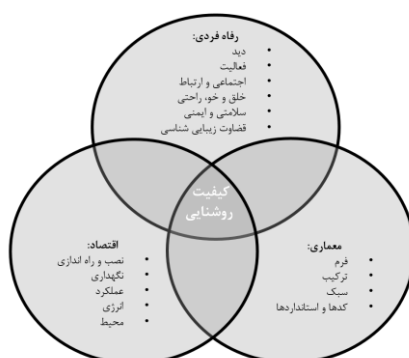
بشر از ابتدا برای روشنایی به نور روز وابسته بوده است. یکی از عناصری که امروزه در زندگی بشر کم رنگ و حتی مورد فراموشی قرار گرفته وجود نور طبیعی روز و قرار گرفتن در معرض نور می باشد. امروزه با توجه به زندگی پر مشغله و مکانیکی، بیشتر انسان ها ساعات بسیار زیادی در طول روز را در ساختمان ها سپری می کنند. در همین راستا استفاده بهینه از نور روز طبیعی در طراحی کلیه ساختمان ها امری ضروری و غیر قابل اجتناب است. نور روز مطلوب در فضا باعث شادابی و سرزندگی کاربران می شود (منصوری و ضیابخش، ۱۴۰۳). نور را می توان به عنوان یک حس انسانی مطرح کرد، عنصری که برای تحریک این حس ضروری است تابش الکترومغناطیسی است که از طریق شبکه چشم منتقل می شود. نور روز می تواند بر هر جنبه ای از فیزیولوژی انسان تأثیر گذار باشد که اثرات فیزیولوژی اولیه نور روز از سه طریق بصری، جذب مستقیم پوست و تأثیر غیر بصری روی ساعت شبانه روزی مغز و سایر مسیرهای عصبی بر بدن انسان اثر می گذارد (Münch et al., 2017:16). رضایت ساکنین در محیط های روشن با سطح روشنایی استاندارد و روشنایی مناسب بالاتر بود (Kim and Lee, 2024). بنابراین همان طور که در شکل ۱ قابل مشاهده است، تأثیرات نور روز بر بدن انسان به دو دسته تأثیرات بصری و تأثیرات غیر بصری تقسیم می شود.



شکل ۱. مسیرهای مختلف برای تأثیر بالقوه نور بر عملکرد انسان، (Smolders, 2013:4)

نور روز و فضای اداری

همانگونه که لوئی کان بیان نموده است، تنها نوری که معماری را می‌سازد، نور طبیعی است. (به نقل از نوریس، ۲۰۱۲). رابطه نور و معماری یک رابطه غیر قابل انکار است. این نور روز است که باعث میشود فضا آشکار شود و فضا ویژگی‌های پویا پیدا کند (Steane and Steemers, 2004:16). علاوه بر این، برای اکثر اعمالی که در یک ساختمان انجام می‌شود نور طبیعی اهمیت خاصی دارد. نور طبیعی برای تامین آسایش و کنترل محیطی عاملی ضروری است. قطعاً یکی از اهداف معماران استفاده صحیح از نور روز در معماری است. نور روز به این دلیل حائز اهمیت است که در صورت بی‌توجهی کردن به استفاده از نور طبیعی افراد تحت تأثیر قرار می‌گیرند، که میتواند بر کیفیت جنبه‌های روانی و فیزیکی محیط ساختمان و ساکنان آن تأثیر بسزایی بگذارد. نور روز هم یک عنصر طراحی و هم یک سیستم محیطی است (Robbins, 1986). بسیاری از الزامات معماری میتوانند با کمک هدایت نور روز به داخل ساختمان شکل گیرند. نور روز در معماری به عنوان یک جنبه ضروری مورد توجه قرار گرفته است. هدایت نور روز به داخل ساختمان می‌تواند به دستیابی به سه الزام مختلف در معماری کمک کند: آسایش بصری، بهره‌وری انرژی و تحولات ساختمان سبز (Li, 2010:2109). نور روز هم از نظر کمیت و هم از نظر طیف بر تنظیم محرک ساعت شبانه‌روزی اثرگذار است (Acosta et al., 2023:20). کیفیت نور طبیعی با مدل کیفیت نور در شکل ۲ ارائه شده، که در ویرایش نهم کتاب راهنمای روشنایی IESNA (2000) نشان داده شده است.



شکل ۲. مدل یکپارچه کیفیت نور

بهترین گزینه موجود برای نورپردازی یک فضا در طول روز نور طبیعی است، مگر اینکه با توجه به عملکرد فضا قابل حذف باشد. نور طبیعی را از این نظر میتوان منبع با ارزشی دانست، زیرا بدون مصرف انرژی میتواند رنگ، شدت و تنوع بیش از هر چیز را فراهم کند. در حالی که، باز تولید هیچ یک از اینها دقیقاً توسط نور مصنوعی امکان پذیر نیست.

به طور کلی اهمیت بالایی که وجود نور در فضای کار و آموزش دارد غیر قابل انکار است. نور روز ارائه دهنده طیف کامل رنگی است و به همین علت تأثیرات روانی مثبتی بر روی انسان میگذارد و چون دارای کیفیت بالای طیف رنگی، تنوع و تغییر آن در طول زمان است، سبب تحریک محرکهای محیطی و دید مناسب در محیط کار شده و باعث کاهش میزان استرس میشود. دو فاکتور اساسی که باعث ایجاد حس رضایتمندی در بین کاربران میشوند: دسترسی به پنجره با نور کافی و نیز دید به فضای بیرونی در محیط کار است. مشاهداتی که بر روی فعالیت افراد انجام شده است، اثبات کرده است که تغییرات میزان و کیفیت نور تأثیر مستقیمی بر رفتار و حرکات کاربران دارد و تحقیقات نشان داده است که افرادی که دسترسی به پنجره، نور طبیعی و دید به فضای بیرون ندارند میزان استرس و ناراضی روانی و جسمانی بیشتری دارند. قسمت دیگری از مطالعات که در کشور آمریکا صورت گرفته است، نشان میدهد که عامل بسیار مهمی در کاهش راندمان کارایی کارکنان تأثیر دارد کمبود نور روز در ساختمانهای اداری است. در حقیقت در محیطهای اداری آسایش بصری حائز اهمیت است و آن هم به دلیل استفاده زیاد کارکنان از کامپیوتر و صفحات نمایش است.

نور روز علاوه بر اینکه از لحاظ کیفیت با پاسخ های دیدار انسان بیشترین تطابق را دارد بر سلامت روان و احساس آرامش افراد در فضا موثر است در معماری سنتی و معماری نوین در اکثر مناطق دنیا به پنجره ها و مزیت آنها به صورت ویژه توجه شده است. بررسی های انجام شده معماری سنتی در نقاط مختلف ایران بیانگر این است در همه اقلیم ها سطوح باز شو شفاف مشابه نبوده است و عواملی چون شرایط اقلیمی، میزان اتلاف گرما از باز شو و نیز تابش خورشید در فصول مختلف تعیین کننده این سطوح بوده اند. تحقیقات بسیاری در رابطه با پنجره ها انجام پذیرفته است و این تحقیقات شامل دامنه وسیعی از این بحث میشوند.

امروزه برای سنجش روشنایی روز داخل ساختمانها علاوه بر کمیت روشنایی کافی روز از کمیت جدیدی بنام نور روز مفید^۱ روز نیز استفاده میشود. روشنایی کافی روز به درصدی از سال کاری اطلاق میشود که نور روز به تنهایی قادر به تأمین روشنایی استاندارد کارگاه (عمدتا ۵۰۰ لوکس) باشد. واضح است که در این مدت احتیاج نیست که از روشنایی مصنوعی استفاده شود بنابراین در مصرف انرژی صرفه جویی خواهد شد.

نور روز مفید به درصدی از زمان کار اطلاق میشود که روشنایی داخلی کارگاه در محدوده مفید بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس باشد، روشنایی مفید روز به سه محدوده اصلی تقسیم میشود.

الف) روشنایی روز بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ لوکس هم به صورت ترکیب با روشنایی مصنوعی، به عنوان روشنایی مؤثر در نظر گرفته شده و برای برخی از مشاغل مناسب است.

ب) روشنایی روز در محدوده ۲۰۰ - ۵۰۰ لوکس اغلب به عنوان روشنایی مطلوب برای بسیاری از مشاغل بوده و یا حداقل، قابل تحمل محسوب میشود.

ج) روشنایی روز بیش از ۲۰۰۰ لوکس غیر قابل قبول بوده و سبب خیرگی و ناراحتی شاغلین شده و نیز باعث افزایش بار برودتی کارگاه میشود (Brembilla and Mardaljevic:154).

در همین راستا مقدار زیاد درخشندگی نور طبیعی در فضا زمینه ساز عدم آسایش بصری و ایجاد خیرگی^۲ می شود. که منجر به تأثیرات منفی بر ساکنین در محیط ساختمان می شود.

در همین راستا میتوان از نورگیرها به عنوان یک عامل که دارای توانی بالقوه برای بهره گرفتن از نور روز جهت روشنایی فضای داخلی ساختمانها و عاملی جهت صرفه جویی در مصرف انرژی یاد کرد. در بسیاری از کشورها یکی از الزامات قانونی اندازه گرفتن کمی شدت روشنایی و انرژی مورد مصرف است. این بدان علت است که بتوان تمهیدات و استراتژیهای مورد نیاز را جهت کاهش انرژی مصرفی در حال حفظ کیفیت روشنایی بخصوص شدت روشنایی، به دست آورد (Almeida and Martins,).

^۱ Useful Daylight Illuminance (UDI)

^۲ Glare (GA)

5:2014). امروزه مهمترین و حیاتی ترین حس انسان، بینایی به حساب میاید. برای داشتن دید خوب به روشنایی نیاز داریم. کم بودن یا زیاد بودن آن ناراحتیهای گوناگونی چون خستگی چشم، سردرد، نقص بینایی، خیرگی، خستگی جسمی و نیز اثرات روانی را به دنبال خواهد داشت. به هر میزان که وظایف شغلی شخص دقیقتر باشد توجه به میزان روشنایی محیط کار او اهمیت بیشتری خواهد داشت. همواره بخش جدایی ناپذیری از محیط زندگی انسان را نور پردازی تشکیل داده است و ارتباط دیداری با محیط حدود ۸۰٪ تا ۸۵٪ از تأثیرات ما از جهان را شامل میشود (Shekarisoleimanloo and Golmohammadi, 2009:31). نور روز عاملی موثر در ایجاد احساس آرامش و همچنین افزایش میزان رضایت داشتن و افزایش بازدهی بیشتر در محیط های کاری است.

از آنجا که قسمت مهمی از زندگی تعداد کثیری از مردم، در دفاتر کاریشان سپری میشود، بنابراین در طراحی دفاتر همچنان که بر رفع نیازهای عملکردی و زیبایی شناسانه فضا توجه میشود، باید به تأثیرات آن بر سلامت روحی و جسمی ساکنین، بازدهی کارکنان و رضایتمندی هم توجه بسزایی به عمل آید. ازجمله عوامل تأثیر گذار در پیشرفت و یا کاهش کیفیت فضا از نظر کارایی، زیبایی و سلامت جسمی و روانی ساکنین، میتوان به دو عامل که نور پردازی به طور عام و نیز نحوه دسترسی به روشنایی به طور خاص است، اشاره کرد. با توجه به نوع کاربری فضا، در مکانهایی که نور طبیعی منبع اصلی روشنایی به حساب می آید، میتوان یافت که چه میزان و یا محدوده معینی از روشنایی مورد نیاز است (Reinhart and Weissman, 2012:161). همچنین برای دو علت که یکی از آنها، تأثیر نور طبیعی که وارد ساختمان میشود بر آسایش حرارتی، بصری و روانی ساکنان است و دیگری میزان مصرف انرژی در ساختمان است، این مقدار مشخص نور روز نباید از حد معینی بیشتر و یا کمتر باشد. بنابراین هر زمان که سخن از روشنایی مناسب در ساختمان به میان می آید، مهندسان و طراحان باید هر سه پارامتر میزان مناسب نور، آسایش ساکنین و مصرف انرژی به طور همزمان مورد توجه خود قرار دهند (میری و کمپانی سعید، ۱۳۹۹: ۱۱۰). همچنین لازم به یادآوری است دید به بیرون که معمولا به همراه طراحی نور روز، دید به بیرون هم مطرح میشود که نقش قابل توجهی و بسزایی در افزایش شادابی، سلامت روانی و حتی جسمی ساکنین ساختمان دارد (Veitch and Galasiu, 2011:35). در ادامه برخی از پژوهش های انجام شده پیرامون موضوع در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. بررسی پژوهشهای انجام شده (نگارندگان)

نویسنده/سال	عنوان	روش پژوهش	خلاصه یافته ها
(Smolders, 2013)	قرار گرفتن در معرض نور در طول روز: اثرات و ترجیحات	پرسشنامه / تجربی / واریانس	نور روز از طریق تأثیرات بصری و غیر بصری بر بدن انسان اثر گذار است. تأثیر بصری و مستقیم بر روی کیفیت دید است و تأثیر غیر بصری بر روی فیزیولوژی، خلقیات، احساس سر زندگی و ریتم شبانه روزی افراد موثر است.
(Omidfar et al., 2015)	استفاده از زیبایی شناسی محیطی در ارزیابی ذهنی کیفیت نور روز در ساختمان های اداری	پیمایشی / پرسشنامه / محیط مجازی دوبعدی / کاربری اداری	شش الگوی انتشار نور روز بررسی شد. که اهمیت سنجش همزمان شاخص های کیفی و کمی نور روز به منظور ارزیابی جامع و مطلوب فضاهای بهره مند از نور دالت دارد.
(صفاییتبار، مژده et al., 1396)	تحلیل و ساخت الگوهای پارامتریک در ایجاد نمای دوم به منظور کنترل نور در فضای داخلی مسکن	شبیه سازی/ محیط مجازی / کاربری مسکونی	با افزودن پوسته طبقه اول و دوم نورگیری به میزان بهینه می رسد و در طبقه چهار و پنجم خیرگی تا حد زیادی کاهش پیدا می کند.
(Rockcastle et al., 2017)	اقدامات کنتراست برای پیش بینی اثرات ادراکی نور روز در رندهای معماری	پیمایشی / پرسشنامه / مشاهده / محیط مجازی IVR سه بعدی	الگوهای متفاوت انتشار نور روز تأثیر معناداری بر شاخص خوشایندی، جذابی و هیجان دارد.

- بررسی راحتی بصری و علاقه بصری ساکنین نسبت به الگوهای نور خورشید در دفاتر روشنایی روز / پیمایشی / پرسشنامه / سه نوع الگوی انتشار نور روز بررسی شد. و مشخص شد الگوی انتشار فراکتال به میزان معناداری از جذابیت بصری و ترجیح کاربری اداری بصری برخوردار است. (Abboushi, 2018)
- و تاثیر نور (طبیعی و مصنوعی) بر خلق و خوی روان انسان در معماری داخلی / مطالعات کتابخانه روش کیفی / حضور نور در فضای داخلی بر ادراک محیط و رفتار محیطی که از جنبه های روانشناختی محیطی است تاثیر گذار است. (شیریوی میرزاده، ۱۳۹۸)
- اثرات ادراکی الگوهای نور روز در معماری / تجربی / محیط واقعیت مجاری VR / الگوهای نور روز بر تجربه فضایی تاثیر گذار است. و به طور قابل توجهی بر رضایت از میزان دید، روشنایی درک شده، هجیان آرامش تاثیر گذار است. (Chamilothori, 2019)
- ارزیابی الگوهای نوری موثر بر کیفیت زندگی ساکنین واحدهای مسکونی با بهره گیری از هندسه فراکتال / پرسشنامه / محیط مجازی دوبعدی / شبیه سازی / خردگرایانه و استدلالی کاربری مسکونی / پنجره و نورگیری که در آن از الگو های هندسی فراکتال استفاده شده بر کیفیت زندگی ساکنینی موثر است. (مودنی و ستارزاده، ۱۳۹۹)
- راهکارهای طراحی نور روز در جهت افزایش شادمانی در مجتمع های مسکونی / پرسشنامه / ردینس / نور روز تاثیر معناداری بر شادمانی ساکنان ساختمان های مسکونی دارد و راهکارهای طراحی نور روز در فضای نشیمن و ابعاد پنجره ارائه شد. (جوانی، ۱۳۹۸)
- شناسایی و تحلیل رویکرد متناهی آمیخته در تحلیل ناهمگنی در مطالعه رابطه شدت روشنایی نور روز در فضاهای مسکونی و شادمانی ساکنان / پرسشنامه / شبیه سازی / محیط مجازی دوبعدی / کاربری مسکونی / یافته ها نشان داد در میزان روشنایی ۵۰۰ لوکس بر شادمانی تاثیر مثبت دارد و میزان ۲۰۰۰ لوکس تاثیر منفی بر شادمانی ساکنین دارد. (جوانی و فاطمه، ۱۴۰۰)

روش تحقیق

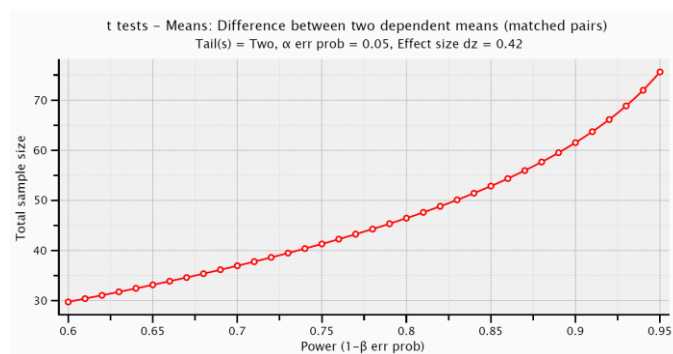
روش تحقیق این پژوهش توصیفی و تحلیلی و به منظور شبیه سازی و بهینه سازی از نرم افزارهای راینو، گرس هاپر، لیدی باگ، هانی بی و الگوریتم ژنتیک و ابزار جمع آوری اطلاعات از طریق پرسشنامه بوده است. داده ها حاصل از پرسشنامه (رضایت از کیفیت محیط و اراکات روانشناختی)، که ساکنان طی دو مرحله در وضع موجود قبل از تغییرات (پنجره با شیشه ساده) و بعد از تغییرات (شیشه با برچسب الگوی بهینه نصب شده) مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفتند که با توجه به فرضیه های پژوهش از آزمون پارامتری t جفتی در نرم افزار SPSS استفاده شد. این مطالعه در یک ساختمان اداری پنج طبقه محدوده مرکزی شهر کرمان در اقلیم گرم و خشک ایران انجام شد. مطالعه با ۷۶ نفر از ساکنان اداری در دو مرحله تکمیل شد.

حجم نمونه و روش برآورد

زمانی که تحقیق از نوع همبستگی است و یا دو یا چند گروه را مورد مقایسه قرار میدهم، نمیتوانیم از فرمول کوکران استفاده کنیم. در چنین موقعیتی از نرم افزارهای جدید مانند SPSS Sample Power و G-power استفاده میشود که توانایی این را دارند که در شرایط مختلف تحقیق، حجم نمونه را به صورت دقیق مورد محاسبه قرار دهند. در این تحقیق بدلیل مقایسه شاخص ها در دو حالت از آزمون t جفتی استفاده می شود و با توجه به این آزمون حجم نمونه در نرم افزار G-power بصورت زیر می باشد (Kang, 2021).

اندازه اثر = ۰/۴۲، مقدار خطا (آلفا) = ۰/۰۵ (با ۹۵ درصد اطمینان) و توان آزمون = ۰/۹۵

با توجه به این مقادیر حجم نمونه نهایی کل برابر ۷۶ محاسبه شده است (شکل ۳). این نرم افزار توانایی این را دارد که عوامل موثر بر حجم نمونه را در نظر گرفته و در موقعیت های متفاوت و متناسب با روشهای آماری بررسی داده، بهترین حجم نمونه را تخمین بزند.



شکل ۳. محاسبه حجم نمونه (نرم افزار GPower 3.1)

شبیه سازی و بهینه سازی

فضای اداری به علت عمومی بودن و گستردگی فعالیت در بازه زمانی روز در پژوهش فوق انتخاب شده است. با توجه به این که فضای مورد بررسی بخشی از یک مطالعه در محیط واقعی است ورودی های مدل سازی در محیط راینو^۳ در جدول شماره ۲ ارائه شده است. به منظور شبیه سازی از پلاگین های گرس هاپر^۴، هانی بی^۵، ریدینس^۶ و در نهایت جهت بهینه سازی از الگوریتم تکاملی ژنتیک^۷ استفاده شده است. در این مطالعه اطلاعات آب و هوایی کرمان از سایت کلایمت وان بیلدینگ^۸ جهت شبیه سازی استخراج و مورد استفاده قرار گرفته است. مقادیر شاخص های نور روز و خیرگی آیتم تأثیرگذار در شبیه سازی است که مربوط به بازتاب سطوح داخلی و خارجی ساختمان است. در جدول ۲ مقادیر فوق مطابق با پیشنهادهای مقررات ملی ساختمان و مبحث نوزده در نظر گرفته شده است. همچنین سطح کار کارمندان دیوار روبرو و دو طرف دیوار با پنجره قرار دارد.

جدول ۲. ورودی ها و مقادیر مفروض برای بازتاب سطوح مدل سازی (نگارندگان)

ورودی	فضا
جنوب	موقعیت فضا
۱/۸۰ * ۲/۴۶ متر	۳ پنجره به ابعاد پنجره
۱۰/۳۶ * ۵/۳۶ متر*	ابعاد فضا
دیوار جانبی و مقابل پنجره	موقعیت سطح کار کارمندان
مقدار بازتاب	جداره
۰/۲	زمین
۰/۵	دیوار
۰/۲	کف

^۳ Rhino

^۴ Grasshopper

^۵ Honeybee

^۶ Radiance

^۷ Evolutionary algorithm (genetic)

^۸ Climate.one.building.org

سقف

۰/۷

سایبان‌ها و جداره‌های بیرونی

۰/۳

موقعیت سنسورها

هر ۰/۵ متر مربع در ارتفاع ۰/۷۶ متری (ارتفاع میز

کاربر)

با توجه به هدف مطالعه که بهینه سازی نورگیر شباک است از شاخص مقدار روشنایی استفاده شده و جهت ارزیابی و محاسبه این شاخص از راهنمای استاندارد لیید که طبق آن ارزیابی در زمان اعتدالین در دو ساعت ۹ صبح و ۱۵ بعد از ظهر شبیه سازی انجام شده است. طبق استاندارد لیید محدوده مناسب روشنایی روز دریافتی فضا در این شاخص ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس می باشد، اما با توجه به پیشینه پژوهش مقادیر نزدیک به ۳۰۰۰ احتمال وقوع خیرگی وجود دارد، که حد فوقانی این شاخص ۱۵۰۰ لوکس در نظر گرفته شده است.

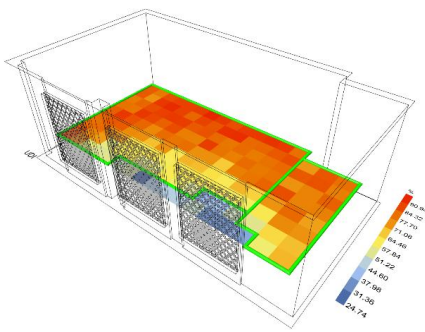
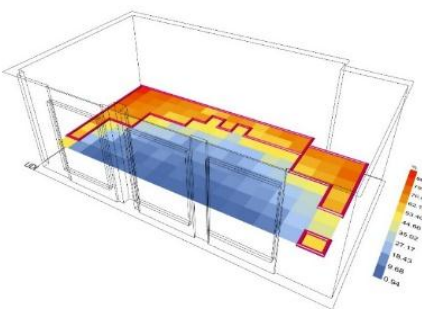
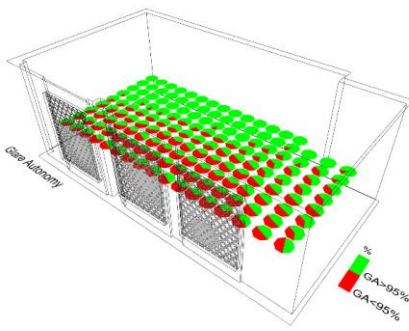
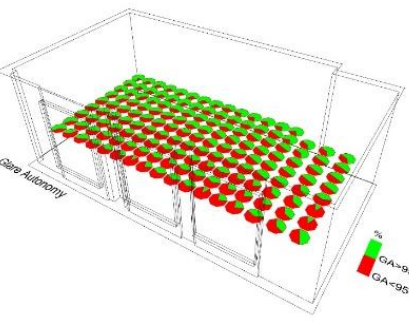
در مطالعه فوق از الگوریتم تکاملی ژنتیک در فرآیند بهینه سازی جهت بدست آمدن بهینه ترین حالت استفاده شده است. الگوریتم تکاملی ژنتیک در بهینه سازی گرسه‌پایر از فرآیندهای تکامل طبیعی برای یافتن راه‌حل‌های بهینه در مسائل پیچیده استفاده می‌کنند. گرسه‌پایر، به عنوان یک ابزار طراحی پارامتریک، از افزونه گالاپاگوس برای این نوع بهینه‌سازی‌ها بهره می‌برد. گالاپاگوس می‌تواند پارامترهای مختلف طراحی را تغییر داده و بهینه‌ترین حالت را پیدا کند. این افزونه با ترکیب تلاقی، جهش و انتخاب طبیعی، راه‌حل‌های مختلف را ارزیابی و بهینه‌سازی می‌کند. در فرآیند بهینه‌سازی با استفاده از گالاپاگوس، مدل‌های ایجاد شده در محیط گرسه‌پایر و هانی بی بررسی می‌شوند تا بهترین نتایج ممکن به دست آید. این روش به ویژه برای بهینه‌سازی‌های چندمتغیری و پیچیده مفید است.

در همین راستا برای بهینه‌سازی از الگوریتم تکاملی ژنتیک با توجه به تعداد زیاد حالات ممکن (حدود ۶۶ میلیون) استفاده شده است. با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی، تعداد حالات کمتری بررسی می‌شود تا بهینه‌ترین جواب‌ها یافت شود. ابزار بهینه‌سازی ژنتیک تک تابعی گرسه‌پایر در ترکیب با هانی بی برای استخراج نتایج و بهینه‌سازی استفاده می‌شود. گالاپاگوس گرسه‌پایر تغییرات پارامترها را بررسی کرده و نتایج نهایی توسط هانی بی ارزیابی می‌شود.

نتایج حاصل از خروجی شبیه سازی نشان داد که برای شاخص‌های ارزیابی نور روز به صورت سالیانه مقدار شاخص نور روز مفید قبل از تغییرات حدود ۳۵٪ بوده که حداقل در ۵۰٪ ساعات اشغال فضا روشنایی در بازه ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ لوکس دریافت و میزان خیرگی بیش از ۵۰ درصد فضا است. همچنین برای شاخص‌های ارزیابی نور روز به صورت سالیانه مقدار شاخص نور روز مفید بعد از تغییرات حدود ۹۰/۸۷٪ که حداقل در ۵۰٪ ساعات اشغال فضا روشنایی در بازه ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ لوکس دریافت کرده‌اند. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در حالت شباک بهینه حدود ۱۷٪ از فضا نسب به وضع قبل از تغییرات خیرگی کاهش یافته است که در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. بررسی توزیع نور و خیرگی (نرم افزار راینو)

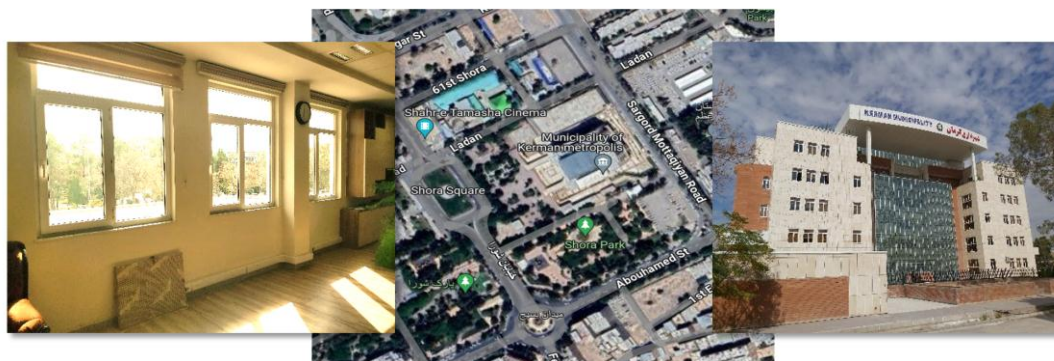
عنوان	قبل از تغییرات	بعد از تغییرات
-------	----------------	----------------

 ۹۰.۸۷٪	 ۳۵.۹۱٪	نور روز مفید در بازه ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ لوکس (lx)
 ۶۷.۱۷٪	 ۴۹.۹۲٪	

گردآوری داده ها

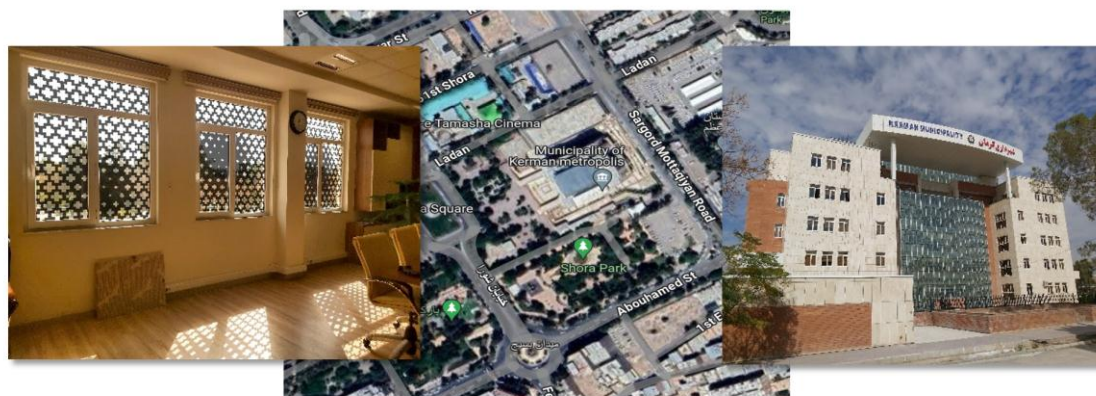
گردآوری داده جهت روانشناسی و اعتبارسنجی به عنوان یکی از اصلی ترین مراحل در این پژوهش است که از اهمیت بسیاری برخوردار است. مرور و بررسی پیشینه پژوهش شاخص ها و مولفه های مربوط به روشنایی طبیعی و کیفیت محیط، رضایتمندی از محیط در ایجاد شرایط مطلوب و مفاهیم مرتبط با آن ها را تعیین نمود. در این گام تلاش بر این است که با توجه به بومی سازی نتایج و جمع بندی مطالعات پیشین، داده های مورد نیاز مدل سازی و ساختار متغیرهای پژوهش به دست آید. در همین راستا ساختمان اداری در شهر کرمان و کارمندان شاغل در آن به عنوان نمونه موردی به منظور جمع آوری این داده ها انتخاب شده است. گردآوری داده ها در دو مرحله (قبل و بعد از تغییرات) و هر مرحله در دو بخش کلی توزیع و تکمیل پرسشنامه و برداشت محیطی انجام پذیرفت. در نتیجه ارتباط داده های حاصل شده در این دو مرحله ماهیت کلیدی در تحلیل داده ها و دستیابی به اطلاعات و نتایج مفید دارد.

در راستای دستیابی به اهداف پژوهش جمع آوری داده ها در دو مرحله کلی انجام شد. در مرحله اول گردآوری اطلاعات به واسطه مطالعات میدانی در ساختمان اداری مورد مطالعه در شهر کرمان انجام شد. که از یکسو با به کارگیری پرسشنامه های استاندارد نسبت به جمع آوری اطلاعات در زمینه میزان رضایتمندی، کیفیت محیط و سلامت روان کارمندان و از سوی دیگر نسبت به گردآوری اطلاعات کالبدی محیط کاری به عنوان پیش فرض اولیه مورد نیاز نرم افزار مدل سازی پرداخته شده است (موقعیت مکانی و تصاویری از فضای اداری مورد مطالعه در شکل ۴ ارائه شده است).



شکل ۴. موقعیت ساختمان و تصاویر فضای اداری قبل از تغییرات وضع موجود شیشه ساده (sGA 49% - UDI 300-1500 / 35%)، (نگارندگان)

در مرحله دوم داده های حاصل از برداشت محیطی و مدل سازی در نرم افزار انجام و تحلیل و آنالیز جهت دست یابی به الگوی بهینه در نرم افزار شبیه سازی انجام شد. در ادامه جهت بررسی و نصب الگوی بهینه بر روی پنجره فضا، الگوی منتخب بهینه سازی شده (با میزان روشنایی مفید روز ۸۷،۹۰٪ و آناتومی خیرگی فضایی ۶۷،۱۷٪) انتخاب شده است. همانطور در شکل قابل مشاهده است با استفاده از برچسب های شیشه دودی پنجره کد ۱۵٪ (تنها ۱۵ درصد امکان عبور نور را می دهد) با الگوی برش داده شده بر روی پنجره فضای اداری نصب تا در مرحله ۲ گردآوری اطلاعات مورد سنجش و ارزیابی قرار گیرد (شکل ۵). در همین راستا به فاصله چهار هفته، مجدداً جهت توزیع و تکمیل پرسشنامه استاندارد به منظور بررسی و سنجش میزان سلامت روان بعد تغییرات استفاده شد، که در ادامه به تفصیل به تشریح هر یک خواهیم پرداخت.



شکل ۵. موقعیت ساختمان و تصاویر فضای اداری بعد از تغییرات شیشه با برچسب الگوی بهینه نصب شده (sGA 67% - UDI 300-1500 / 90%)، (نگارندگان)

پرسشنامه

استفاده از پرسشنامه در مطالعات یکی از روش های رایج در گردآوری اطلاعات میدانی است که زمینه ساز جمع آوری اطلاعات در مقایس وسیع نیز می باشد. بکارگیری پرسشنامه در مطالعات ابزاری بسیار سود مند جهت گردآوری و ارزیابی اطلاعات آماری جمعیتی، نگرش افراد در باره موضوعات گوناگون، عادت رفتاری و نظرات از تعداد زیادی از افراد در زمان کم است (Groat and Wang, 2013). در همین راستا بکارگیری پرسشنامه در تحقیقاتی که در زمینه های محیط ساخته شده، بخصوص مطالعاتی که در زمینه تعاملات فرهنگی و اجتماعی و یا ادارات محیطی انجام می شود بسیار سود مند بوده و روشی پرکاربرد و معمول محسوب می شود (Konis, 2013, Ngo, 1992).

در پژوهش حاضر بر اساس مطالعات انجام شده و پیشینه تحقیق به منظور جمع آوری اطلاعات و ارزیابی از ۲ پرسشنامه رضایت از کیفیت محیط و حالات مثبت و منفی (ادراکات روانشناختی) که گروهی از ۷۶ کارمند اداری را در دو مرحله قبل و بعد از تغییرات مورد مطالعه و ارزیابی قرار داد استفاده شده است. پرسشنامه رضایت از کیفیت محیط شامل چندین سؤال در مورد رضایت روشنایی و ادراکات ذهنی ساکنین فضا است (Frontczak et al., 2012, Hadi et al., 2016, Chan and Liu, 2018, Haverinen-Shaughnessy et al., 2018, Lee et al., 2019, Agency, 2021, Mu and Kang, 2022). پرسشنامه حالات مثبت و منفی عمدتاً ادراکات روانشناختی را ارزیابی می کنند که شامل پاسخ های احساسی منفی و مثبت به شرایط محیطی کاربر است (Choi et al., 2019, Mork et al., 2020).

روایی سازه

روایی سازه دلالت بر آن دارد که نتایج بدست آمده از کاربرد سنجها تا چه حدی با تئوری هایی که آزمون بر اساس آنها طراحی شده، سازگاری دارد (دانایی فرد و همکاران، ۱۳۹۸). در این تحقیق برای اطمینان از اعتبار سازه، از تحلیل عاملی^۹ استفاده می کنیم. تحلیل عاملی، روش دیگر سنجش روایی است (زرگر، ۱۳۹۴). تحلیل عاملی اکتشافی و بطور مشخص شاخص اعتبار عاملی برای بررسی اعتبار سازه پرسشنامه استفاده می شود با استفاده از تحلیل عاملی می توان مشخص نمود آیا پرسشنامه شاخص های مورد نظر را اندازه گیری می کند یا خیر. در تحلیل عاملی باید سؤالاتی که برای ارزیابی یک شاخص یا صفت طرح شده اند دارای بار عاملی مشترک باشند و این عوامل معنادار باشند. بنابراین کلیه سؤالات پرسشنامه های این تحقیق که با استفاده از سؤالات پرسش نامه های معتبر علمی طراحی شده بودند، مورد تحلیل عاملی اکتشافی قرار گرفتند. همچنین از آنجایی که تحلیل عاملی تأییدی در قالب یک مدل اندازه گیری مورد تحلیل قرار می گیرد و در نتایج آن برازش و اعتبار مدل مورد بحث و بررسی قرار می گیرد، لذا در ادامه نتایج برازش مدل اندازه گیری ارائه می گردد. بطور کلی، تحلیل عاملی سعی در شناسایی متغیرهای اساسی یا عامل ها به منظور تبیین الگوی همبستگی بین متغیرهای مشاهده شده دارد. تحلیل عاملی به دو نوع تحلیل عاملی اکتشافی^{۱۰} و تحلیل عاملی تأییدی^{۱۱} قابل تقسیم بندی است (Garson, 2011).

در واقع، در تحلیل عاملی اکتشافی، محقق درصدد کشف ساختار زیربنایی مجموعه نسبتاً بزرگی از متغیرها است و پیش فرض اولیه محقق، آن است که هر متغیری ممکن است با هر عاملی ارتباط داشته باشد. برای اجرای یک تحلیل عاملی چهار گام اصلی به ترتیب زیر ضرورت دارد: ۱- تهیه ماتریس همبستگی از تمام متغیرهای مورد استفاده در تحلیل و برآورد اشتراک، ۲- استخراج عامل ها از ماتریس همبستگی، ۳- انتخاب و چرخش عامل ها، ۴- تفسیر نتایج (Garson, 2011).

همچنین برای برازش حجم نمونه در روش تحلیل عاملی از شاخص KMO^{۱۲} استفاده می شود (اگر مقدار این شاخص کمتر از ۰/۶ شود نتایج تحلیل عاملی برای داده های مورد نظر چندان مناسب نیست). همچنین برای بررسی اینکه تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) مناسب است، از آزمون بارتلت^{۱۳} استفاده می شود. اگر sig آزمون بارتلت کوچکتر از ۰/۰۵ باشد، تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مناسب است (Shrestha, 2021, Tucker and MacCallum, 2013). نتایج تحلیل عاملی برای بخش های پرسشنامه با استفاده از نرم افزار SPSS 26 در ادامه ارائه می شود.

الف) تحلیل عاملی اکتشافی برای پرسشنامه «رضایت از کیفیت محیط»:

پس از تحلیل عاملی^{۱۴} گویه بر اساس داده های استخراج شده از ۷۶ پرسشنامه، نتایج زیر بدست آمد. طبق خروجی اول در جدول ۴، شاخص آزمون KMO برای حالت اول که هیچ گویه ای حذف نشده است برابر ۰/۸۷۹ شده است (بزرگتر از ۰/۶ می

⁹ Factor Analysis (FA)

¹⁰ Exploratory factor analysis

¹¹ Confirmatory factor analysis

¹² Kaiser-Meyer-Olkin Measure

¹³ Bartlett's test of Sphericity

باشد) که نشانگر کفایت مقدار نمونه‌گیری است. همچنین با توجه اینکه مقدار sig آزمون بارتلت کوچکتر از ۵٪ است، بنابراین می‌توان گفت تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) مناسب است.

جدول ۴. آزمون شاخص KMO و بارتلت اشتراکات «رضایت از کیفیت محیط» (نگارندگان)

حالت	مقدار شاخص KMO برای کفایت نمونه‌گیری	آزمون بارتلت	مقدار معناداری
اول	۰/۸۷۹	آماره خی دو	مقدار معناداری
		درجه آزادی	۰/۰۰۱
		۹۱	۱۱۵۸/۰۵

خروجی دوم در جدول ۴، به ترتیب اشتراک اولیه^{۱۴} و اشتراک استخراجی^{۱۵} برای حالت اول (یعنی حالت کلی با همه گویه‌ها را نشان می‌دهد. اشتراک یک متغیر برابر مربع همبستگی چندگانه (R2) برای متغیرهای مربوط با استفاده از عامل‌ها (به عنوان پیش‌بینی‌کننده) است. به دلیل اینکه ستون اشتراک اولیه، اشتراک‌ها را قبل از استخراج عامل (یا عامل‌ها) بیان می‌کند، تمامی اشتراک‌های اولیه برابر ۱ می‌باشد. هرچه مقادیر اشتراک استخراجی بزرگ‌تر باشد، عامل‌های استخراج شده، متغیرها را بهتر نشان می‌دهند. اگر هر یک از مقادیر اشتراک استخراجی بسیار کوچک (کمتر از ۰/۴) باشد، ممکن است استخراج عامل دیگری الزامی شود (مومنی و قیومی، ۱۳۸۶، ۲۰۰). در جدول ۵ نتایج نشان‌دهنده این است که همه مقادیر مربوط به اشتراک استخراجی بیشتر از ۰/۴ می‌باشند که نشان می‌دهد نیازی به حذف متغیر با اشتراک استخراجی یا ایجاد عامل جدید وجود ندارد.

جدول ۵. اشتراکات «رضایت از کیفیت محیط» (نگارندگان)

گوینه	اشتراکات اولیه	اشتراکات استخراجی
نورپردازی و نمای پنجره به بیرون (A1)	۱	۰/۸۶۸
کیفیت نور طبیعی (A2)	۱	۰/۸۱۶
روشنایی کلی (A3)	۱	۰/۸۶۵
نور روز و دید من به من کمک می‌کند تا آرام شوم (B1)	۱	۰/۸۹۰
من از نمای بیرون پنجره ام خوشم می‌آید (B2)	۱	۰/۸۲۴
نور روز و دید من هوشیاری من را افزایش می‌دهد (B3)	۱	۰/۸۵۲
نور روز و دید من به من کمک می‌کند احساس شادی بیشتری داشته باشم (B4)	۱	۰/۸۶۵
نور روز و دید من به بهره‌وری من کمک می‌کند (B5)	۱	۰/۷۸۴
من نور روز خوب و پنجره روشن ندارم (B6)	۱	۰/۶۹۲
تغییر بهره‌وری با روشنایی اداری (C1)	۱	۰/۶۸۵
امکان استراحت با نورپردازی اداری (C2)	۱	۰/۸۳۲
قابلیت تمرکز بر روی روشنایی اداری (C3)	۱	۰/۸۴۳
خلق و خو با نورپردازی اداری (C4)	۱	۰/۸۶۶
هوشیاری با روشنایی اداری (C5)	۱	۰/۸۷۱
واریانس استخراجی		۸۵/۵۲

در واقع جدول ۴ بیان می‌دارد که سؤالات پرسشنامه با واریانس کل تبیین شده بیش از ۸۵/۵٪، قادر به سنجش «رضایت از کیفیت محیط» بوده است. این امر نشان‌دهنده‌ی روایی سازه مناسب سؤالات این حوزه می‌باشد.

¹⁴ Initial

¹⁵ Extraction

تحلیل عاملی اکتشافی برای پرسشنامه «احساسات مثبت»:

پس از تحلیل عاملی ۱۲ گویه بر اساس داده های استخراج شده از ۷۶ پرسشنامه، نتایج زیر بدست آمد. طبق خروجی اول در جدول ۶، شاخص آزمون KMO برای حالت اول که هیچ گویه ای حذف نشده است برابر ۰/۹۰۷ شده است (بزرگتر از ۰/۶ می باشد) که نشانگر کفایت مقدار نمونه گیری است. همچنین با توجه اینکه مقدار sig آزمون بارتلت کوچکتر از ۰/۵ است، بنابراین می توان گفت تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) مناسب است.

جدول ۶. آزمون شاخص KMO و بارتلت اشتراکات «احساسات مثبت» (نگارندگان)

حالت	مقدار شاخص KMO برای کفایت نمونه گیری	آماره خی دو	درجه آزادی	مقدار معناداری
اول	۰/۹۰۷	۱۲۱۹/۷۷	۶۶	۰/۰۰۱

خروجی دوم در جدول ۶ به ترتیب اشتراک اولیه و اشتراک استخراجی برای حالت اول (یعنی حالت کلی با همه گویه ها را نشان می دهد. اشتراک یک متغیر برابر مربع همبستگی چندگانه (R2) برای متغیرهای مربوط به استفاده از عامل ها (به عنوان پیش بینی کننده) است. به دلیل اینکه ستون اشتراک اولیه، اشتراک ها را قبل از استخراج عامل (یا عامل ها) بیان می کند، تمامی اشتراک های اولیه برابر ۱ می باشد. هرچه مقادیر اشتراک استخراجی بزرگ تر باشد، عامل های استخراج شده، متغیرها را بهتر نشان می دهند. اگر هر یک از مقادیر اشتراک استخراجی بسیار کوچک (کمتر از ۰/۴) باشد، ممکن است استخراج عامل دیگری الزامی شود (مومنی و قیومی، ۱۳۸۶، ص: ۲۰۰). در جدول ۷ نتایج نشان دهنده این است که همه مقادیر مربوط به اشتراک استخراجی بیشتر از ۰/۴ می باشند که نشان می دهد نیازی به حذف متغیر با اشتراک استخراجی یا ایجاد عامل جدید وجود ندارد.

جدول ۷. اشتراکات «احساسات مثبت» (نگارندگان)

گویه	اشتراکات اولیه	اشتراکات استخراجی حالت اول
برانگیخته (P1)	۱	۰/۷۵۲
هوشیار (P2)	۱	۰/۷۵۹
پرانرژ (P3)	۱	۰/۷۷۳
هیجان زده (P4)	۱	۰/۷۴۵
خوشحال (P5)	۱	۰/۷۸۹
شاد (P6)	۱	۰/۷۷۶
آرام (P7)	۱	۰/۷۵۴
آسوده خاطر (P8)	۱	۰/۸۱۰
ساکت (P9)	۱	۰/۷۵۱
آسایش داشتن (P10)	۱	۰/۷۹۳
راضی بودن (P11)	۱	۰/۷۶۶
روشنی (P12)	۱	۰/۷۷۶
واریانس استخراجی		۷۷/۰۲

در واقع جدول ۷ بیان می دارد که سؤالات پرسشنامه با واریانس کل تبیین شده بیش از ۷۷/۰۲٪، قادر به سنجش «احساسات مثبت» بوده است. این امر نشان دهنده ی روایی سازه مناسب سؤالات این حوزه می باشد.

و) تحلیل عاملی اکتشافی برای پرسشنامه «احساسات منفی»:

پس از تحلیل عاملی ۱۲ گویه بر اساس داده های استخراج شده از ۷۶ پرسشنامه، نتایج زیر بدست آمد. طبق خروجی اول در جدول ۸، شاخص آزمون KMO برای حالت اول که هیچ گویه ای حذف نشده است برابر ۰/۹۴۱ شده است (بزرگتر از ۰/۶ می باشد) که نشانگر کفایت مقدار نمونه گیری است. همچنین با توجه اینکه مقدار sig آزمون بارتلت کوچکتر از ۰/۵ است، بنابراین می توان گفت تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) مناسب است.

جدول ۸. آزمون شاخص KMO و بارتلت اشتراکات «احساسات منفی» (نگارندگان)

حالت	مقدار شاخص KMO برای کفایت نمونه گیری	آزمون بارتلت		
		آماره خی دو	درجه آزادی	مقدار معناداری
اول	۰/۹۴۱	۱۱۴۳/۷۴	۶۶	۰/۰۰۱

خروجی دوم در جدول ۸ به ترتیب اشتراک اولیه و اشتراک استخراجی برای حالت اول (یعنی حالت کلی با همه گویه ها را نشان می دهد. اشتراک یک متغیر برابر مربع همبستگی چندگانه (R2) برای متغیرهای مربوط با استفاده از عامل ها (به عنوان پیش بینی کننده) است. به دلیل اینکه ستون اشتراک اولیه، اشتراک ها را قبل از استخراج عامل (یا عامل ها) بیان می کند، تمامی اشتراک های اولیه برابر ۱ می باشد. هرچه مقادیر اشتراک استخراجی بزرگ تر باشد، عامل های استخراج شده، متغیرها را بهتر نشان می دهند. اگر هر یک از مقادیر اشتراک استخراجی بسیار کوچک (کمتر از ۰/۴) باشد، ممکن است استخراج عامل دیگری الزامی شود (مومنی و قیومی، ۱۳۸۶، ص: ۲۰۰). در جدول ۹ نتایج نشان دهنده این است که همه مقادیر مربوط به اشتراک استخراجی بیشتر از ۰/۴ می باشند که نشان می دهد نیازی به حذف متغیر با اشتراک استخراجی یا ایجاد عامل جدید وجود ندارد.

جدول ۹. اشتراکات «احساسات منفی» (نگارندگان)

گویه	اشتراکات اولیه	اشتراکات استخراجی حالت اول
عصبی (N1)	۱	۰/۷۱۱
ناراحت (N2)	۱	۰/۸۱۴
آزرده (N3)	۱	۰/۸۰۶
مضطرب (N4)	۱	۰/۷۷۱
نا امید (N5)	۱	۰/۸۳۷
مزاحم (N6)	۱	۰/۷۹۰
بدبخت (N7)	۱	۰/۷۵۴
غمگین (N8)	۱	۰/۷۴۷
ناراحت بودن (N9)	۱	۰/۷۹۸
کسل بودن (N10)	۱	۰/۷۹۵
خستگی (N11)	۱	۰/۸۳۳
تاریکی (N12)	۱	۰/۷۸۱
واریانس استخراجی		۷۸/۶۳

در واقع جدول ۹ بیان می دارد که سؤالات پرسشنامه با واریانس کل تبیین شده بیش از ۷۸/۶۳٪، قادر به سنجش «احساسات منفی» بوده است. این امر نشان دهنده ی روایی سازه مناسب سؤالات این حوزه می باشد.

پایایی پرسشنامه

پایایی به این معناست که اگر ما اندازه‌گیری مطالب یا محتوای واحدی را تکرار کنیم با نتایج تقریباً یکسانی برسیم. پایایی دلالت بر آن دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد. دامنه ضریب اعتبار از صفر تا یک است. در واقع پایایی به دقت اندازه‌گیری و ثبات آن مربوط است و دو معنای متفاوت دارد: ثبات اندازه‌گیری‌ها در طول زمان یا تکرارپذیری^{۱۶} و سازگاری درونی^{۱۷}.

برای بررسی همسانی درونی آزمون روش‌های مختلفی وجود دارد. روش آلفای کرونباخ، روش گوتلن، روش دو نیمه کردن، روش موازی محدود، روش کودر-ریچادسون از جمله این روش‌ها هستند. در این تحقیق برای بررسی همسانی درونی آزمون از آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS استفاده شده است.

جدول ۱۰. نتایج آلفای کرونباخ برای بررسی پایایی پرسشنامه‌ها (نگارندگان)

متغیر	تعداد سوالات	آلفای کرونباخ
رضایت از کیفیت محیط	۱۴	۰/۸۶۹
احساسات مثبت	۱۲	۰/۹۷۳
ادراکات روانشناختی	۱۲	۰/۹۷۵
احساسات منفی		

با استفاده از آلفای کرونباخ پایایی سه پرسشنامه محاسبه شد. همانطور که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود ضریب پایایی همه پرسشنامه‌ها بالای ۰/۷ می‌باشد که نشان دهنده پایایی بالا و سازگاری درونی پرسشنامه‌ها است.

وضعیت متغیرهای کمی

برای توصیف متغیرهای کمی (یعنی متغیرهایی که قابل اندازه‌گیری می‌باشند و مقدار دارند) از شاخص‌های مرکزی (میانگین، میانه و مد) و شاخص‌های پراکندگی (انحراف معیار، حداقل و حداکثر) استفاده شده است. با توجه به میانگین متغیرها می‌توان وضعیت آن متغیر را مشخص نمود. مقادیر شاخص‌های توصیفی (شاخص‌های مرکزی و پراکندگی) برای متغیرهای تحقیق در جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۱. مقادیر شاخص‌های توصیفی در خصوص متغیرهای تحقیق (نگارندگان)

متغیر	مرحله	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
رضایت از کیفیت محیط	قبل از تغییرات	۲/۰۳	-۱/۵	-۱۲	۱۲/۷۲	-۱۲	۲۷
احساسات مثبت	بعد از تغییرات	۴۵/۸۵	۴۵	۵۲	۸/۸۵	۲۷	۶۵
ادراکات روانشناختی	قبل از تغییرات	۲۴/۷۱	۲۸	۱۲	۸/۳۲	۱۲	۳۶
	بعد از تغییرات	۳۸/۰۷	۳۹/۵	۳۶	۷/۷۸	۲۴	۵۵
	قبل از تغییرات	۴۷/۳۸	۴۴/۵۰	۶۰	۸/۵۳	۳۰	۶۰

^{۱۶} Repeatability or Stability

^{۱۷} Internal Consistency

۴۸	۱۸	۷/۹۲	۳۶	۳۵	۳۳/۸۶	بعد از تغییرات	احساس منفی
----	----	------	----	----	-------	----------------	---------------

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۱۱ مشاهده می شود که میزان میانگین متغیرهای رضایت از کیفیت محیط و احساس مثبت و منفی، قبل از تغییرات کمتر می باشد. بنابراین نتایج حاصل از میانگین متغیرهای فوق بعد از تغییرات باعث بهبود این متغیرها شده است. اما برای بررسی معناداری تاثیر بعد از تغییرات این متغیرها باید آزمون انجام شود که در ادامه به آن پرداخته شده است.

تحلیل داده ها

بررسی نرمال بودن متغیرهای تحقیق

قبل از بررسی فرضیات ابتدا باید نرمال بودن متغیرها بررسی گردد. طبق نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف در جدول ۱۲ فقط مقدار معناداری رضایت از کیفیت محیط در نور استاندارد بیشتر از ۰/۰۵ می باشد و فقط این متغیر را نرمال تشخیص داده است. اما با توجه به حجم نمونه بیشتر از ۵۰ باید بر اساس ضرایب چولگی و کشیدگی نرمال بودن متغیرها بررسی شود (Ghasemi and Zahediasl, 2012). طبق این مقاله اگر مقدار آماره Z برای چولگی و کشیدگی بین ۱/۹۶- و ۱/۹۶+ باشد، نرمال بودن متغیرها تایید می گردد.

جدول ۱۲. ضرایب چولگی و کشیدگی برای متغیرهای تحقیق (نگارندگان)

متغیر	مرحله	آزمون کولموگروف اسمیرنوف		چولگی	خطای معیار چولگی	مقدار Z چولگی	کشید گی	خطای معیار کشیدگی	مقدار Z کشیدگی
		آماره Z	مقدار معنادار ی						
رضایت از کیفیت محیط	قبل از تغییرات	۱۳۵/۰	۰/۰۰۲	۰/۴۹۵	۰/۲۷۶	۱/۷۹	-۰/۸۲۰	۰/۵۴۵	-۱/۵۰
	بعد از تغییرات	۱۰۸۵/۰	۰/۲۰۰	-۰/۰۵۸	۰/۲۷۶	-۰/۲۰	-۰/۵۱۴	۰/۵۴۵	-۰/۹۴
	قبل از تغییرات	۲۴۰/۰	۰/۰۰۱	-۰/۴۵۴	۰/۲۷۶	-۱/۶۴	-۰/۱۰۹	۰/۵۴۵	-۰/۲۰
احساس مثبت	بعد از تغییرات	۱۳۲/۰	۰/۰۰۱	-۰/۱۸۲	۰/۲۷۶	-۰/۶۶	-۰/۵۹۸	۰/۵۴۵	-۱/۰۹
	قبل از تغییرات	۱۸۰/۰	۰/۰۰۱	۰/۳۷۱	۰/۲۷۶	۱/۳۴	-۱/۰۷	۰/۵۴۵	-۱/۹۷
	بعد از تغییرات	۱۳۱/۰	۰/۰۰۱	۰/۰۸۶	۰/۲۷۶	۰/۳۱	-۰/۷۸	۰/۵۴۵	-۱/۴۴

با توجه به نتایج جدول ۱۲ برای همه متغیرها این دو آماره Z بین ۱/۹۶- و ۱/۹۶+ قرار دارند از اینرو فرض نرمال بودن برای همه متغیرهای تحقیق پذیرفته می شود. بنابراین برای بررسی فرضیه ها می توان از آزمون پارامتری t جفتی استفاده نمود.

تحلیل یافته‌ها

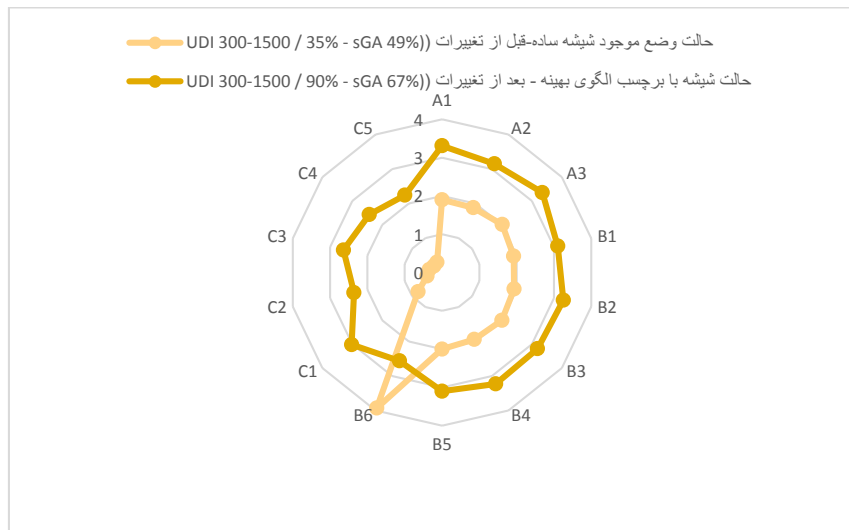
با توجه به نتایج جدول ۱۳ مشاهده می‌شود که مقادیر معناداری برای همه موارد کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد. از اینرو با ۹۵ درصد اطمینان می‌توان گفت بین میانگین رضایت از کیفیت محیط و گویه‌های مربوطه در دو حالت شیشه ساده و شیشه با برچسب الگوی انتشار بهینه نصب شده تفاوت معناداری وجود دارد. از طرفی با توجه به اینکه میانگین رضایت از کیفیت محیط و گویه‌های مربوطه (به جز من نور روز خوب و پنجره روشن ندارم) در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (UDI 300-1500 / 90% - sGA 67%) بیشتر حالت شیشه ساده (UDI 300-1500 / 35% - sGA 49%) و برای گویه (من نور روز خوب و پنجره روشن ندارم) در حالت در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده کمتر از حالت شیشه ساده می‌باشد، می‌توان گفت میزان رضایت از کیفیت محیط در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده بطور معناداری بیشتر از حالت شیشه ساده است.

جدول ۱۳. نتایج آزمون t جفتی برای مقایسه رضایت از کیفیت محیط کارمندان (نگارندگان)

متغیر	گویه	مرحله		آزمون t جفتی			درصد تغییرات
		قبل از تغییرات	بعد از تغییرات	آماره آزمون	درجه آزادی	مقدار معناداری	
کیفیت محیط	A1	۱/۹۰	۳/۳۱	۲۹/۱۹	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۴۰
	A2	۱/۸۸	۳/۱۵	۱۷/۸۳	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۲۷
	A3	۲/۰۱	۳/۳۵	۱۵/۴۳	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۳۴
	B1	۱/۹۲	۳/۱۰	۱۴/۶۱	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۸
	B2	۱/۹۳	۳/۲۵	۱۴/۵۸	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۳۱
	B3	۲	۳/۱۹	۱۴/۶۵	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۹
	B4	۱/۹۴	۳/۲۳	۱۴/۴۱	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۲۸
	B5	۲	۳/۱۰	۱۳/۳۳	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۰
	B6	۳/۹۳	۲/۵۶	-۱۶/۴	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۳۶
	C1	۰/۸	۳/۰۲	۲۴/۶۲	۷۵	۰/۰۰۱	۲/۲۲
	C2	۰/۴	۲/۳۶	۲۱/۹۷	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۹۶
	C3	۰/۳۴	۲/۶۴	۲۷/۰۴	۷۵	۰/۰۰۱	۲/۴
	C4	۰/۲۷	۲/۴۳	۲۲/۱۱	۷۵	۰/۰۰۱	۲/۱۶
	C5	۰/۳۰	۲/۲۴	۲۶/۴۷	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۹۴
	نمره کل رضایت از کیفیت محیط	۲۱/۶۱	۴۰/۹۵	۳۳/۱۷	۷۵	۰/۰۰۱	-۱۹/۳۴

بعبارتی الگوهای انتشار نور بهینه سازی شده بر رضایت از کیفیت محیط کارمندان تاثیرگذار می‌باشد و تاثیر مثبت دارد. همانطور که مشاهده می‌شود حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (UDI 300-1500 / 90% - sGA 67%) حدود ۴۷٪ بر رضایت از کیفیت محیط کارمندان تاثیر می‌گذارد و باعث افزایش رضایت آنها می‌شود (نمودار ۱).

نمودار ۱. مقایسه گویه‌های مربوط به رضایت از کیفیت محیط (نگارندگان)



با توجه به نتایج جدول ۱۴ مشاهده می شود که مقادیر معناداری برای همه موارد کمتر از ۰/۰۵ می باشد. از اینرو با ۹۵ درصد اطمینان می توان گفت بین میانگین احساس مثبت و گویه های مربوطه در دو حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (UDI 300-1500 / 90% - sGA 67%) و حالت شیشه ساده (UDI 300-1500 / 35% - sGA 49%) تفاوت معناداری وجود دارد. از طرفی با توجه به اینکه میانگین احساس مثبت و گویه های مربوطه در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده بیشتر از حالت شیشه ساده می باشد، می توان گفت میزان احساس مثبت در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده بطور معناداری بیشتر از حالت شیشه ساده است.

جدول ۱۴. نتایج آزمون t جفتی برای مقایسه احساس مثبت کارمندان (نگارندگان)

مرحله	آزمون t جفتی				میانگی		گویه
	قبل از تغییرات	بعد از تغییرات	آماره آزمون	درج ه آزاد ی	مقدار معناداری	ن تغییرات	
P1	۱/۹۴	۳/۱۰	۱۸/۵۹	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۵	٪ ۳۷/۴۱
P2	۲/۰۵	۳/۱۸	۱۴/۱۰	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۳	٪ ۳۵/۵۳
P3	۲/۱۰	۳/۱۹	۱۲/۶۶	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۰۹	٪ ۳۴/۱۶
P4	۲/۰۳	۳/۱۸	۱۵/۹۳	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۴	٪ ۳۶/۱۶
P5	۲/۰۳	۳/۱۴	۱۴/۰۷	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۰	٪ ۳۵/۳۵
P6	۲/۱۱	۳/۲۲	۱۴/۴۹	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۰	٪ ۳۴/۴۷
P7	۲/۰۶	۳/۱۱	۱۲/۹۲	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۰۵	٪ ۳۳/۷۶
P8	۲/۰۹	۳/۲۲	۱۵/۹۵	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۳	٪ ۳۵/۰۹
P9	۲/۰۳	۳/۱۳	۱۲/۶۶	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۰۹	٪ ۳۵/۱۴
P10	۲/۱۱	۳/۲۵	۱۵/۴۲	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۳	٪ ۳۵/۰۷
P11	۲/۰۵	۳/۱۵	۱۳/۶۸	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۰	٪ ۳۴/۹۲
P12	۲/۰۳	۳/۱۵	۱۴/۰۸	۷۵	۰/۰۰۱	۱/۱۱	٪ ۳۵/۵۵

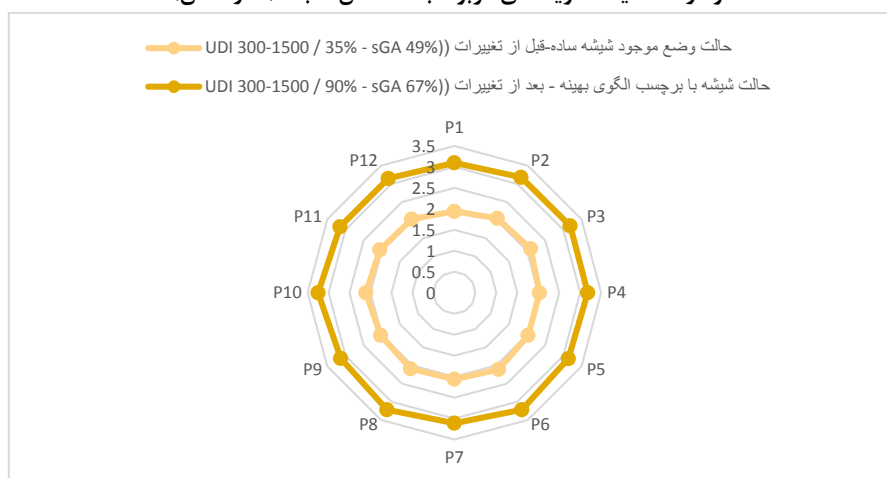
احساس مثبت

نمره کل

احساس مثبت ۲۴/۷۱ ۳۸/۰۷ ۱۷/۳۲ ۷۵ ۰/۰۰۱ ۱۳/۳۶ ۳۵/۰۹

بعبارتی الگوهای بهینه سازی شده انتشار نور روز برگرفته از عناصر تلطیف کننده نور مورد استفاده در معماری سنتی ایران بر احساس مثبت تاثیرگذار می باشد و تاثیر مثبت دارد. همانطور که مشاهده می شود در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (UDI 300-1500 / 90% - sGA 67%) حدود ۳۵٪ بر احساس مثبت کارمندان تاثیر می گذارد و باعث افزایش احساس مثبت آنها می شود (نمودار ۲).

نمودار ۲. مقایسه گویه های مربوط به احساس مثبت (نگارندگان)



با توجه به نتایج جدول ۱۵ مشاهده می شود که مقادیر معناداری برای همه موارد کمتر از ۰/۰۵ می باشد. از اینرو با ۹۵ درصد اطمینان می توان گفت بین میانگین احساس منفی و گویه های مربوطه در دو حالت شیشه ساده (UDI 300-1500 / 35% - sGA 49%) و حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (UDI 300-1500 / 90% - sGA 67%) تفاوت معناداری وجود دارد. از طرفی با توجه به اینکه میانگین احساس منفی و گویه های مربوطه در حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده کمتر از حالت شیشه ساده می باشد، می توان گفت میزان احساس منفی در حالت نور حالت شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده بطور معناداری کمتر از حالت شیشه ساده است.

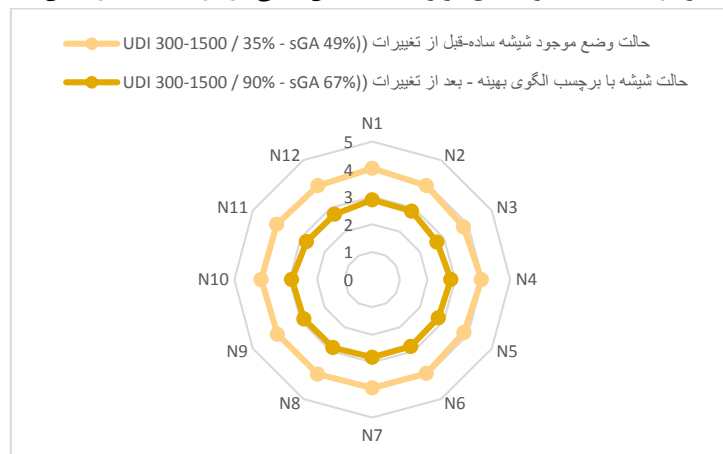
جدول ۱۵. نتایج آزمون t جفتی برای مقایسه احساس مثبت کارمندان (نگارندگان)

ردیف	گویه	مرحله		آزمون t جفتی			میانگین تغییرات	درصد تغییرات
		قبل از تغییرات	بعد از تغییرات	آماره آزمون	درجه آزادی	مقدار معناداری		
احساس منفی	N1	۴/۰۳	۲/۸۹	-۱۲/۵۵	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۴	۲۸/۲۸٪
	N2	۳/۹۳	۲/۸۶	-۱۳/۶۶	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۰۶	۲۷/۳۲٪
	N3	۳/۸۲	۲/۷۱	-۱۳/۳۶	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۱	۲۹/۰۵٪
	N4	۳/۹۶	۲/۸۵	-۱۳/۰۰۷	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۰	۲۸/۰۳٪
	N5	۳/۸۴	۲/۷۷	-۱۳/۲۸	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۰۶	۲۷/۸۶٪
	N6	۳/۹۳	۲/۸۰	-۱۳/۳۹	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۳	۲۸/۷۵٪
	N7	۳/۹۳	۲/۸۲	-۱۴/۴۹	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۰	۲۸/۲۴٪
	N8	۳/۹۶	۲/۸۵	-۱۳/۰۰۷	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۰	۲۸/۰۳٪

N9	۳/۹۷	۲/۸۶	-۱۶/۶۳	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۰	٪ ۲۷/۹۵
N10	۴/۰۳	۲/۹۲	-۱۵/۹۷	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۱	٪ ۲۷/۵۴
N11	۴	۲/۷۵	-۱۶/۶۱	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۱۹	٪ ۳۱/۲۵
N12	۳/۹۳	۲/۷۳	-۱۴/۲۸	۷۵	۰/۰۰۱	-۱/۲۵	٪ ۳۰/۵۳
نمره کل احساس منفی	۴۷/۳۸	۳۳/۸۶	-۱۷/۱۰	۷۵	۰/۰۰۱	-۱۳/۵۱	٪ ۲۸/۵۳

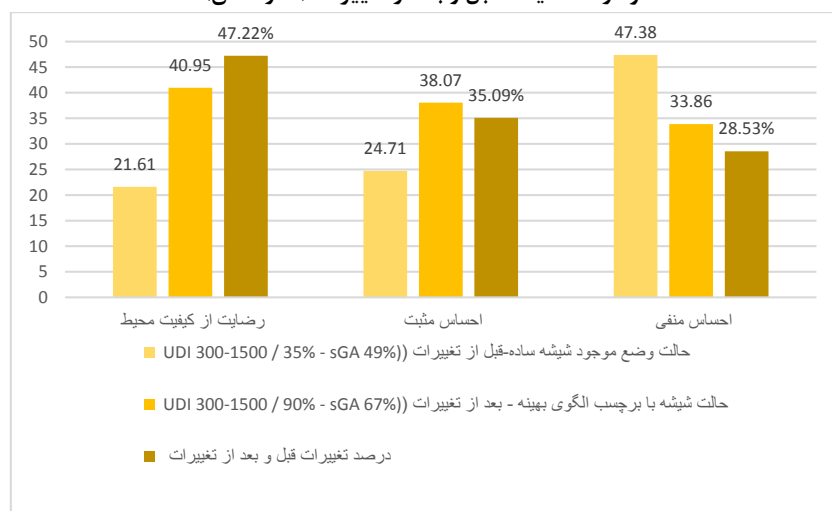
بعبارتی الگوهای بهینه سازی شده انتشار نور روز برگرفته از عناصر تلطیف کننده نور مورد استفاده در معماری سنتی ایران بر احساس منفی تاثیر گذار می باشد و تاثیر مثبت (در جهت بهبود) دارد. همانطور که مشاهده می شود نور شیشه با برچسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (UDI 300-1500 / 90% - sGA 67%) حدود ۲۸٪ بر احساس منفی تاثیر می گذارد و باعث کاهش احساس منفی آنها می شود (نمودار ۳).

نمودار ۳. مقایسه گویه های مربوط به احساس منفی در دو حالت (نگارندگان)



تجزیه و تحلیل اطلاعات همانطور که در نمودار ۴ قابل مشاهده است نشان داد، تفاوت معنی داری میان رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روان شناختی و میزان روشنایی روز مفید و خیرگی قبل و بعد از تغییرات وجود دارد. به نوعی به نظر می رسد طراحی بهینه و هدفمند نور روز در فضای اداری در بهبود رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روان شناختی ساکنین تأثیر گذار است.

نمودار ۴. مقایسه قبل و بعد از تغییرات (نگارندگان)



نتیجه گیری

نتایج پژوهش نشان می‌دهد اگرچه نتایج بدست آمده از تحلیل با پیشینه موضوع همراستا بوده است. اما فقدان توجه به منسجم شاخص های رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روانشناختی پیشینه کمتر مورد توجه بوده است. در بیشتر مطالعات مرتبط با موضوع نگارندگان تنها به بررسی یک شاخص پرداخته اند. اما مطالعه حاضر به بررسی و ارزیابی شاخص های بیان شده در ارتباط با الگوی انتشار نور روز و نور مطلوب در فضای اداری پرداخته شده است. از این رو می توان با تعیین میزان نور روز ورودی به فضای اداری در صد بهره مندی محیط از میزان نور روز مشخص و شرایط دریافت سطوح گوناگون روشنایی را در فضای اداری را برای ساکنین ارزیابی و فراهم نمود. در واقع پژوهش حاضر با تعریف منطقه مطلوب طراحی نور روز امکان ارزیابی تاثیرات مشترک ویژگی های فضا و نمودهای روانشناختی آن بر ساکنین فضا را فراهم می آورد. که از طریق آن امکان تعیین ترجیح کاربران برای بهره مندی از نور روز در فضای اداری و تاثیر قابل توجه آن بر رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روانشناختی را شاهد بود و نقش غنی آن بر غنی سازی تجربه معماری فضا را مشخص می نماید.

نتایج پژوهش در ارتباط با زمینه رضایتمندی از کیفیت محیط با مطالعه بوبری و همکاران (۲۰۱۴) و دی (۲۰۱۹)، در زمینه احساسات مثبت و منفی (ادراکات روانشناختی) با مطالعه بوریس و همکاران (۲۰۱۵)، فیگویرا و ریا (۲۰۱۶)، فیگویرا و همکاران (۲۰۱۷)، آدامسون و همکاران (۲۰۱۸) و لودن (۲۰۱۸) هم راستا بوده است.

همچنان نتایج مطالعه حاضر هم راستای پیشینه پژوهش بوده که نشان می دهد شدت روشنایی بالاتر از ۱۵۰۰ لوکس و کمتر از ۳۰۰ لوکس در شاخص روشنایی روز مفید تاثیرات مثبتی در رضایت از کیفیت محیط و احساسات مثبت و منفی و روشنایی کمتر نیز تاثیرات منفی بر موارد بیان شده دارد که قابل پیگیری است.

کما اینکه یادآور می شود نتایج مطالعات انجام شده نور روز در ساختمان های اداری ایران بیشتر متمرکز به مصرف انرژی و روشنایی، یا الگوی پلان اداری، نسبت سطح پنجره به جداره بیرونی، سایبان و یا طراحی پوسته با الگوی متفاوت انتشار نور الحاقی بر روی نما ساختمان پرداخته و حضور کاربر در محیط واقعی را بعنوان مهم ترین و با اهمیت ترین موضوع جهت ارزیابی و سنجش توجه نشده است.

داده های گرد آوری شده از پرسشنامه در حالت حالت شیشه ساده (sGA 49% - UDI 300-1500 / 35%) وضع موجود (قبل از تغییرات) و داده ها در حالت شیشه با برجسب الگوی بهینه انتشار نور نصب شده (sGA 90% - UDI 300-1500 / 67%) (بعد از تغییرات) و برداشت میدانی نتایج نشان داد که میزان رضایت از کیفیت محیط حدود ۴۸٪ افزایش، میزان احساس مثبت حدود ۳۵٪ افزایش و میزان احساس منفی حدود ۲۸٪ کاهش داشته است. به طور کلی می توان گفت که میزان رضایت از کیفیت محیط و ادراکات روانشناختی در حالت الگوی بهینه سازی شده انتشار نور روز نصب شده بر روی شیشه بهتر از وضع موجود شیشه ساده است. عبارتی الگوی انتشار نور روز بهینه سازی شده بر گرفته از عناصر تلطیف کنند نور (شباک) در معماری سنتی ایران علاوه بر افزایش میزان روشنایی روز مفید و کاهش خیرگی در فضا تاثیر گذار بوده و تاثیر مثبت در جهت بهبود میزان رضایت از محیط کار و ادراکات روانشناختی دارد.

فهرست منابع

- جوانی، زهرا. (۱۳۹۸). *راهکارهای طراحی نور روز در جهت افزایش شادمانی در مجتمع های مسکونی*. پایان نامه دکتری، دانشگاه هنر اصفهان.
- جوانی، زهرا، فاطمه، موسوی نیا. (۱۴۰۰). *شناسایی و تحلیل رویکرد متناهی آمیخته در تحلیل ناهمگنی در مطالعه رابطه شدت روشنایی نور روز در فضاهای مسکونی و شادمانی ساکنان*. نشریه علمی اندیشه معماری، ۵.
- دانایی فرد، حسن، حسن زاده، سالاریه (۱۳۹۸). *طراحی سنجۀ اندازه گیری بی تفاوتی سازمانی: پژوهش ترکیبی. اندیشه مدیریت راهبردی (اندیشه مدیریت)*، ۴، ۷۹-۹۹.

- زرگر، افشین. (۱۳۹۴). *ورزش و روابط بین‌الملل: جنبه‌های مفهومی و تئوریک*. فصلنامه تخصصی علوم سیاسی، ۱۱، ۷-۴۸.
- شیروی، شیرین، میرزاده، مونا (۱۳۹۸). *تاثیر نور (طبیعی و مصنوعی) بر خلق و خو و روان انسان در معماری داخلی*. معماری شناسی، ۱۰، ۷-۱۳.
- صفایی‌تبار، مؤده، فرحزاد، نریمان اکبر، ک. ع. (۱۳۹۶). *تحلیل و ساخت الگوهای پارامتریک در ایجاد نمای دوم به منظور کنترل نور در فضای داخلی مسکن*. معماری و شهرسازی پایدار، ۵، ۱۵-۲۶.
- منصوری کیوج، فرهاد، ضیابخش، ندا. (۱۴۰۲). *ارزیابی نقش نور روز در ارتقاء سرزندگی و شادابی در مجموعه‌های آپارتمانی بلندمرتبه؛ (مورد پژوهی: شهر تهران)*. مطالعات فضا و مکان، ۳(۱)، ۸۱-۹۰.
- موذنی، مسعود، ستارزاده، طوفان (۱۳۹۹). *ارزیابی الگوهای نوری موثر بر کیفیت زندگی ساکنین واحدهای مسکونی با بهره گیری از هندسه فراکتال*. نشریه علمی اندیشه معماری، ۴، ۱۲۲-۱۳۷.
- میری، مجید، کمپانی سعید، محسن. (۱۳۹۳). *عارض هیابی مقررات ملی ساختمان در حوزه بهره مندی از نور روز در شهر قزوین*. معماری و شهرسازی آرمان شهر ۷، اولین ویژه نامه نورپردازی، ۱۰۹-۱۲۱.
- یوسفی، فایق، محمد خانی، مونا. (۱۳۹۲). *بررسی میزان سلامت روانی دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی کردستان و رابطه آن با متغیرهای سن، جنس و رشته تحصیلی آنان*. مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۵۶، ۳۵۴-۳۶۱.
- Abboushi, Belal. (2018). *Investigating occupant's visual comfort and visual interest towards sunlight patterns in daylight offices*. University of oregon.
- Acosta, Ignacio., Campano, Miguel Ángel., Bellia, Laura ., Fragliasso, Francesca ., Diglio, Francesca., & Bustamante, Pedro. (2023). *Impact of Daylighting on Visual Comfort and on the Biological Clock for Teleworkers in Residential Buildings*. Buildings, 13(10), 2562.
- Adamsson, Mathias., laike, Thorbjörn. & morita, Takeshi . (2018). *Seasonal variation in bright daylight exposure, mood and behavior among a group of office workers in sweden*. Journal of circadian rhythms, 16.
- Agency, u. E. P. (2021), *green building* [online]. Available: www.epa.gov/greenbuilding/pubs/faqs.htm [accessed 22 february 2021].
- Almeida, António Manuel. & martins, António Gomes. (2014). *Efficient lighting in buildings: the lack of legislation in portugal*. Energy policy, 67, 82-86. doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.031.
- Aries, Maria Bernardina Cornelia. (2005). *Human lighting demands: healthy lighting in an office environment*.
- Berg, Janine; Achkar Hilal, Souleima El; Horne, Richard; Kuhn, Stefan; Liepmann, Hannah; Pignatti, Clemente. (2021). *World employment and social outlook: trends 2021*. International labour organization.
- Borisuit, Apiparn., linhart, f., scartezzini, Jean-Louis. & münch, m. (2015). *Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood*. Lighting research & technology, 47, 192-209.
- Boubekri, Mohamed., cheung, Ivy N ., reid, Kathryn J., wang, Chia-Hui. & zee, Phyllis C. (2014). *Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: a case-control pilot study*. Journal of clinical sleep medicine, 10, 603-611.
- Brembilla, Eleonora., & Mardaljevic, John . (2019). *Climate-Based Daylight Modelling for compliance verification: Benchmarking multiple state-of-the-art methods*. Building and Environment, 158, 151-164.
- Chamilothoni, Kynthia. (2019). *Perceptual effects of daylight patterns in architecture*. Epfl.
- Chan, Isabelle YS. & liu, Anita MM. (2018). *Effects of neighborhood building density, height, greenspace, and cleanliness on indoor environment and health of building occupants*. Building and environment, 145, 213-222.

- Choi, Joon-Ho., loftness, Vivian ., nou, Danny., tinianov, Brandon. & yeom, Dongwoo. (2019). **Multi-season assessment of occupant responses to manual shading and dynamic glass in a workplace environment**. *Energies*, 13, 60.
- Danielsson, Christina Bodin. (2008). **Office experiences. Product experience**. Elsevier.
- Day, Julia K., futrell, Benjamin., cox, Robert ., ruiz, Shelby N., amirazar, Armin., zarrabi, Amir Hosseinzadeh. & azarbayjani, Mona. (2019). **Blinded by the light: occupant perceptions and visual comfort assessments of three dynamic daylight control systems and shading strategies**. *Building and environment*, 154, 107-121.
- Figueiro, Mariana G., stevenson, Bryan., heerwagen, Judith., kampschroer, Kevin., hunter, Claudia M., gonzales ,Kassandra ., plitnick, Barbara . & rea, Mark S. (2017). **The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers**. *Sleep health*, 3, 204-215.
- Frontczak, Frontczak., schiavon, Stefano., goins, John., arens, Edward ., zhang, Hanren. & wargocki, Pawel. (2012). **Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design**. *Indoor air*, 22, 119-131.
- Garson, G. David. (2011). **Factor analysis. Statnotes: topics in multivariate analysis**; 2011.
- Ghasemi, Asghar. & zahediasl, Saleh. (2012). **Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians**. *International journal of endocrinology and metabolism*, 10, 486.
- Gifford, Robert. (1997). **Environmental psychology. Principles & practice**. University of victoria. Allyn & bacon pub. Co.
- Groat, Linda. & wang, David. (2013). **Architectural research methods**, john wiley & sons.
- Hadi, Khaterreh., dubose, Jennifer R.. & ryherd, Erica. (2016). **Lighting and nurses at medical–surgical units: impact of lighting conditions on nurses’ performance and satisfaction**. *Herd: health environments research & design journal*, 9, 17-30.
- Haverinen-shaughnessy, Ulla ., pekkonen, m Maria., leivo, Virpi., prasauskas, Tadas., turunen, Mari ., kiviste, Mihkel., aaltonen, Anu . & martuzevicius, Dainius. (2018). **Occupant satisfaction with indoor environmental quality and health after energy retrofits of multi-family buildings: results from insulate-project**. *International journal of hygiene and environmental health*, 221, 921-928.
- Kang, Hyun. (2021). **Sample size determination and power analysis using the G* Power software**. *Journal of educational evaluation for health professions*, 18.
- Kim, Kirim., & Lee, Kyungsun. (2024). **Indoor Light Environment Factors That Affect the Psychological Satisfaction of Occupants in Office Facilities**. *Buildings*, 14(5), 1248.
- Konis, Kyle. (2013). **Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in san francisco, california**. *Building and environment*, 59, 662-677.
- Lee, Jang-Young ., wargocki, Pawel ., chan, Yiong-Huak., chen, Liu. & tham, Kwok-Wai. (2019). **Indoor environmental quality, occupant satisfaction, and acute building-related health symptoms in green mark-certified compared with non-certified office buildings**. *Indoor air*, 29, 112-129.
- Lee, Young S. (2010). **Office layout affecting privacy, interaction, and acoustic quality in leed-certified buildings**. *Building and environment*, 45, 1594-1600.
- Li, Danny HW. (2010). **A review of daylight illuminance determinations and energy implications**. *Applied energy*, 87, 2109-2118.
- Randi Mork, Helle K. Falkenberg, Knut Inge Fostervold & Hanne-Mari Schiøtz Thorud. (2020). **Discomfort glare and psychological stress during computer work .subjective responses and associations between neck pain and trapezius muscle blood flow**. *International archives of occupational and environmental health*, 93, 29-42.
- Mu, Jingyi. & kang, Jian. (2022). **Indoor environmental quality of residential elderly care facilities in northeast china**. *Frontiers in public health*, 10, 860976.
- Mirjam, Münch., Adam E, Brøndsted. Steven A, Brown, Albert Gjedde, Thomas Kantermann., Klaus Martiny, Danielle Mersch, Debra J. Skene & Anna Wirz-Justice. (2017). **The effect of light on humans. Changing perspectives on daylight: science, technology and culture**. Sponsored supplement to science/aas, 16-23.
- Ngo, Huy Sinh. (1992). **A synergistic approach to the design of energy responsive office buildings**. Texas tech university.
- Omidfar, Azadeh., niermann, Matthew. & groat, L. N, (2015). **The use of environmental aesthetics in subjective evaluation of daylight quality in office buildings**. *Proceedings of ies annual conference*, 2015.

- Reinhart, Christoph F. & weissman, Daniel A.. (2012). *The daylight area–correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics*. Building and environment, 50, ۱۶۴-۱۵۵, doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.10.024.
- Robbins, Claude L. (1986). *Daylighting. Design and analysis*. U.S.A.: Van Nostrand Reinhold.
- Rockcastle, Siobhan; Ámundadóttir, María Lovísa & Andersen, Marilynne. (2017). *Contrast measures for predicting perceptual effects of daylight in architectural renderings*. Lighting research & technology, 49, 882-903.
- Roskams, Michael, and Barry Haynes.. (2020). *Salutogenic workplace design: a conceptual framework for supporting sense of coherence through environmental resources*. Journal of corporate real estate, 22, 139-153.
- Sander, Elizabeth J; Caza, Arran & Jordan Peter J. (2019). *Psychological perceptions matter: developing the reactions to the physical work environment scale*. Building and environment, 148, 338-347.
- Sekhon Sekhon, Gupta Vikas. Mood Disorder. [Updated 2023 May 8]. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island* (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558911/>.
- Shekari soleimanloo, shamsi. & golmohammadi, rostam. (2009). *Enough light in industrial city of tehran province*. Healt mag2009, 26-35.
- Shrestha, Noora. (2021). *Factor analysis as a tool for survey analysis*. American journal of applied mathematics and statistics, 9, 4-11.
- Smolders, Karin Corina Henrica Johanna. (2013). *Daytime light exposure : effects and preferences. [Phd Thesis 1 (Research TU/e / Graduation TU/e), Industrial Engineering and Innovation Sciences]*. Technische Universiteit Eindhoven. <https://doi.org/10.6100/IR762825>.
- Steane, Mary Ann, and Koen Steemers. (2004). *Environmental diversity in architecture*, routledge.
- Tucker, ledyard. R. & maccallum, Robert. C. (2013). *Exploratory factor analysis*, [e-book], available: net library e-book.
- Veitch, Jennifer Ann, and Anca D. Galasiu. (2011). *The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home, national research council of canada ottawa, on, canada*.
- Zhang, Zhen., zypnur, Michael J., colarelli, Stephen. & arvey, Richard D. (2015). *Physiological functioning and employee health in organizations*. The biological foundations of organizational behavior, 139-167.
- Zomorodian, Zahra Sadat, and Farshad Nasrollahi. (2013). *Architectural design optimization of school buildings for reduction of energy demand in hot and dry climates of iran*. Int j archit eng urban. Vol. 23, Nos. 1 & 2, 41-50.