

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Enhancement of the Potential of Exterior Louvre Shadings for Internal Daylight
Distribution and Space Visual Quality in Isfahan City, Iran
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

مقاله پژوهشی

بهبود عملکرد سایه بان‌های خارجی با هدف توزیع نور روز داخلی و کیفیت بصری فضا در شهر اصفهان، ایران

اکرم اسفندیاری^۱، سید حسین نشاط صفوی^{۲*}، فهیمه توران پشته^۳، سحر مجیدی هتکه لویی^۱، مهسا حقانی^۱، سید بهشید حسینی^۴

۱. مربی، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.

۲. پژوهشگر، گروه مهندسی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۳. مربی، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، ایران.

۴. استاد، گروه معماری، مربی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، ایران.

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷

چکیده

بیان مسئله: اهمیت آسایش بصری در ساختمان‌ها، در تأثیر مثبت آن بر آسایش بصری، سلامت و بهره‌وری ساکنین نهفته است. این جنبه معماری در فضاهای آموزشی بیشتر حائز اهمیت است؛ چیزی که از طریق استفاده از استراتژی‌های مناسب نور روز، قابل دستیابی است. از این رو عناصر سایه‌انداز می‌توانند برای بهبود کیفیت بصری و بهینه‌سازی توزیع نور روز استفاده شوند تا به فضایی مطلوب و کارآمدتر برای ساکنان منجر شود.

هدف پژوهش: این پژوهش ویژگی‌های فیزیکی سایه بان‌های خارجی افقی در چهار جهت نمای یک ساختمان آموزشی با جهت گیری شمالی-جنوبی را در شهر اصفهان به منظور ارتقای عملکرد نور روز و آسایش بصری فضا، بررسی می‌کند.

روش پژوهش: فاکتور نور روز (daylight Factor) و شاخص‌های کیفیت بصری شامل، بیشترین خط شعاعی دید (Maximum radial line) و مساحت ایزووایست (Isovist area)، به‌عنوان متغیرهای وابسته پژوهش بررسی شده است. همچنین، ضریب انعکاس سایه بان‌ها (Reflection Coefficient of Materials)، عمق و فاصله بین آن‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده است. در این راستا، مطالعات کتابخانه‌ای، اندازه‌گیری‌های میدانی با استفاده از دستگاه لوکس‌متر، آنالیزهای اقلیمی با استفاده از نرم‌افزار Climate Consultant ۵/۴ و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری از طریق نرم‌افزارهای Relux و ابزار Isovist در نرم‌افزار Depth Map به کار گرفته شده‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهند، طراحی خاصی از پارامترهای سایه بان‌ها برای هر جهت نمای ساختمان با توجه به اقلیم مشخص توصیه می‌شود. علاوه بر این، سایه بان با ضریب انعکاس ۸۰ درصد مناسب تلقی می‌شوند به گونه‌ای که بین توزیع فاکتور نور روز و شاخص‌های کیفیت بصری برای ساکنان ساختمان تعادل ایجاد می‌کند.

واژگان کلیدی: فضای آموزشی، فاکتور نور روز، کیفیت بصری، عناصر سایه‌انداز، نرم‌افزار روشنایی Relux، ابزار Isovist.

مقدمه

در آن زندگی می‌کنند. از این رو، استفاده از نور و گرمای خورشیدی، با در نظر گرفتن راه‌حل‌های مناسب در طول روز و شب، می‌تواند به‌طور قابل توجهی به حفظ تعادل در محیط زیست انسان کمک کند (Doulos et al., 2008; Kurian et al., 2008; Loutzenhiser et al., 2007). در این راستا، نمای شیشه‌ای و عناصر سایه‌انداز، نقش مهمی

عوامل کیفی محیطی همیشه طراحان، معماران و محققان را برای رسیدن به آسایش انسانی دچار چالش کرده‌اند. علاوه بر این، حفظ تعادل در محیط زیست منجر به ثبات جهانی، پایداری بقای انسان و محیط زیستی می‌شود که

* نویسنده مسئول: h.neshat.edu@gmail.com، ۰۹۳۶۲۷۹۲۰۰۳

برای کاهش دمای داخلی و ساعات عدم آسایش حرارتی با توجه به حفاظت از نور خورشید در زوایای مختلف است، چیزی که شرایط آسایش حرارتی را برای فضای بدون تهویه ۲۶ درصد و برای فضای دارای تهویه ۴ درصد بهبود می‌بخشد. در پژوهش دیگر، نیکپور و همکاران یک پژوهش آزمایشگاهی در مورد کیفیت نور روز با استفاده از استراتژی خود سایه‌انداز انجام دادند. ارزیابی کیفیت نور روز براساس معیارهای مختلفی مانند روشنایی سطح کار، فاکتور نور روز (DF) و شدت روشنایی سطوح و مقایسه با مقادیر توصیه شده در این پژوهش نشان می‌دهد، تعداد ساعات نور روز داخلی کاهش می‌یابد (Nikpour et al., 2013). علاوه بر این، الهوایل و همکاران دریافتند، سایه‌بان‌های بیرونی به‌طور قابل توجهی آسایش بصری را بهبود می‌بخشند و خیرگی را در کلاس‌های درس کاهش می‌دهند (Alhuwayil et al., 2019). پژوهش‌های بیشتر در این زمینه، بر اهمیت این پژوهش تأکید دارد. به عنوان مثال، یک مطالعه (Lakhdari et al., 2021) تلاش کرد تا آسایش حرارتی و بصری را با بهینه‌سازی لوورها افزایش دهد. فاصله بین لوور و عمق لوور در این پژوهش در نظر گرفته شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، هر یک از این عوامل، تأثیر مفید و کارآمدی بر آسایش حرارتی، بصری و نور روز در ساختمان‌ها دارند. یک مطالعه دیگر (Palarino & Piderit, 2020)، تلاش کرد تا نفوذ نور روز را به حداکثر و میزان خیرگی را با استفاده از راه‌حل‌های خورشیدی غیرفعال، به حداقل برساند. این پژوهش در اقلیم شیلی که دارای دمای متفاوت با نیاز به سایه‌بان‌های قفسه‌ای سبک با جزئیات مختلف و لوورهای خارجی است، انجام شد. با توجه به این پژوهش، استفاده از سایه‌بان‌ها در هر محیط باید براساس ویژگی‌های آن محیط و ساختمان، منحصر به فرد و بهینه‌سازی شود. علاوه بر این مطالعه دیگری، اثر فرم لوور، فاصله بین تیغه‌ها و زاویه قرارگیری آن‌ها را بررسی کرده است (Triantafyllidou & Michael, 2020). اثر اضافه کردن یک سایه‌بان با پروفیل مقعر و منحنی به یک پنجره شیشه‌ای برای آسایش بصری در این مطالعه بررسی شده است و با بهینه‌سازی و تجزیه و تحلیل این عوامل برای بهبود عملکرد نور روز در ساختمان‌ها، منجر به تغییر قابل توجهی در هر یک از این پارامترها برای نور روز و آسایش بصری در این اقلیم خاص شده است (ibid.). در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از لوورهای افقی به منظور ایجاد تعادل نور روز و آسایش بصری بررسی شده است (EIBatran & Ismael, 2021). در این مطالعه با کمک تکنیک طراحی پارامتریک، اندازه، عمق و فاصله از دیوار بیرونی لوورها در جهت‌های جنوب، غرب و شرق نمای ساختمان ارزیابی شده است (ibid.). تأثیر فرم لوور بر نور

در توزیع نور روز و آسایش بصری در ساختمان‌ها دارند. با توجه به این امر، یک راه مؤثر برای کاهش تأثیر منفی نور روز و عدم آسایش بصری، جلوگیری از رسیدن مستقیم نور خورشید به بخش‌های شیشه‌ای ساختمان است. این بخش‌ها، می‌توانند به‌طور خاص بر شرایط بصری و نور روز در فضا تأثیر گذارند. به این ترتیب، استفاده از عناصر سایه‌انداز، به‌ویژه سایه‌های لوور شکل افقی، شرایط داخلی ساختمان‌ها را به‌روشنایی مختلف بهبود می‌بخشد. در واقع، پوسته‌های ساختمانی به‌ویژه نماها، در تماس مستقیم با محیط بیرونی و عناصر طبیعی هستند. نمای ساختمان نه تنها به‌عنوان یک پوسته طبیعی مسئول جداسازی فضای داخلی و محیط خارجی است، بلکه می‌تواند فراتر برود و به یک عامل فعال تبدیل شود که باعث تعامل بین فضای داخلی و محیط خارجی شود (Ding et al., 2014). جهت‌گیری نامناسب پنجره‌ها و سایه‌های ناکافی، ممکن است باعث تابش خیره‌کننده و مشکلات گرمای بیش از حد، حتی در یک روز آفتابی زمستانی شود. همچنین مشکلات مشابه و بیشتری در فصل بهار تا پاییز در ارتباط با نور روز و آسایش بصری به‌ویژه در اقلیم‌های گرم و خشک وجود دارد. به‌عنوان مثال، شرایط نوری نامناسب به‌دلیل توزیع نابرابر نور روز، منجر به تابش خیره‌کننده و روشنایی ناکافی در انتهای فضا می‌شود (Tsikra & Andreou, 2017). در این راستا، پژوهش‌ها در مورد استفاده از نور طبیعی و دید بهتر کاربران در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Chi, 2022; Hien et al., 2005; Iommi, 2019; Khidmat et al., 2022b; Poirazis et al., 2008; Samiou et al., 2022). برخی مطالعات نشان می‌دهد، تأثیر انواع مختلف سایه‌بان‌های خارجی حدود ۸۰ درصد در کاهش جذب گرمای خورشیدی مؤثر است. بنابراین هوا باید به راحتی میان ساختار سایه‌بان‌های خارجی، به‌ویژه لوورهای افقی، حرکت کند تا گرمای جذب‌شده از سایه‌بان‌ها را از شیشه ساختمان برطرف کند (Suziyana et al., 2013). در مطالعه دیگری در مورد سایه‌بان‌ها برای ساختمان‌ها، به طیف گسترده‌ای از استراتژی‌های سایه‌اندازی برای نمای شفاف، توجه شده است (Kirimtat et al., 2016). در یک مطالعه، تامیمی و فادضل تأثیر سایه‌بان‌ها بر کاهش دما در ساختمان‌های بلند را ارزیابی کردند. سایه‌بان بیرونی مانند جعبه، لوور و لبه‌های بیرون‌زده، از دیوارهای ساختمان و ساکنان در برابر گرما و نور زیاد روز محافظت می‌کنند. استفاده از سایه‌بان‌ها، شرایط آسایش حرارتی را در هر دو اتاق دارای تهویه و بدون تهویه، بهبود می‌بخشد (Al-Tamimi & Fadzil, 2011). با توجه به ارزیابی‌های انجام‌شده در این پژوهش، سایه‌بان جعبه‌ای بهترین سایه‌بان

سایه‌بان‌های کامپوزیت خارجی در جهت‌های شرقی، غربی، جنوبی و شمالی یک کلاس، بر نور روز و آسایش بصری پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد، کیفیت نورپردازی و آسایش بصری هنگامی افزایش می‌یابد که سایه‌بان‌ها در جهت‌گیری‌های شرقی، غربی، جنوبی و شمالی کلاس، دارای ابعاد ایده‌آل برای سایه‌بان‌های عمودی و افقی باشد. رویکرد طراحی پیشنهادی برای سایه‌بان‌های خارجی کلاس می‌تواند به‌طور قابل توجهی کیفیت روشنایی داخلی و آسایش بصری را بهبود بخشد و در عین حال شدت مصرف انرژی سالانه را نیز کاهش دهد (Task, 2000). کونیس و النور، لوورها را در شرایط واقعی آسمان ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد، این سیستم در مقایسه با پرده‌ها با کرکره‌های رایج، به‌طور قابل توجهی تقاضای انرژی روشنایی الکتریکی سالانه را کاهش می‌دهد و کیفیت روشنایی را با از بین بردن خیرگی پنجره بهبود می‌بخشد (Konis & Lee, 2015).

ابزار ایزووویست، یک شبکه هندسی منظم برای فضای ساختمان فراهم می‌آورد (Christenson, 2010; Wiener & Franz, 2004). همچنین بندیکت و برنهام تأثیر اجزای Isovist را بر ادراک فضا نشان دادند و ثابت کردند، ادراک فضایی با پیچیدگی زمینه‌های بصری فضایی مرتبط است (Benedikt & Burnham, 1985). در این راستا، طاهیر و براون در مورد بررسی خانه‌های سنتی بمبئی اعلام کردند، زمینه بصری خانه‌ها مطابق با نیازهای حریم خصوصی ساکنان است (Brown, 2003). همچنین، فرانکس و وینر به دنبال ارتباط بین کیفیت تجربی فضا و زمینه‌های بصری‌شان (Isovist) بودند. آن‌ها نشان دادند، رابطه معنی‌داری بین خواص فضایی و پاسخ‌های ادراکی به فضا وجود دارد (Franz et al., 2005). در ادامه نیز داوز و همکاران نظریه پناهگاه چشم‌انداز را با ابزار Isovist در خانه‌های بلوکی فرانک لوید رایت بررسی می‌کنند (Ostwald & Dawes, 2013). علاوه بر این، دزبک نشان داد پاسخ‌های ادراکی شرکت‌کنندگان در آزمایش‌های مجازی به‌طور معنی‌داری با شاخص‌های مساحت ایزووویست ارتباط دارد (Dzebic, 2013). داوز و همکاران و لی و همکاران نیز نقشه‌های ویلایی پالادیو را با استفاده از سینتکس فضایی به‌منظور اندازه‌گیری کیفیت بصری در این فضا بررسی کردند (Dawes et al., 2021; Lee & Ostwald, 2020). علاوه بر این، در پژوهش‌های دیگر رابطه بین شاخص ایزووویست و عامل نور روز بررسی و رابطه مثبت آن تأیید شد (اسفندیاری و شکر، ۱۴۰۱; Xiang et al., 2021). در پژوهشی دیگر، با توجه به همپوشانی شاخص‌ها در این مطالعه، دو شاخص یعنی حداکثر خط شعاعی (maximum radial line (RI(1))) و مساحت ایزووویست (Isovist area) انتخاب شده‌اند. در این پژوهش، سه سایه‌بان

روز و آسایش بصری در قاهره جدید مصر نیز در یک مطالعه بررسی شده است (Eltaweel et al., 2021). این مطالعه نشان می‌دهد، ضریب بازتاب پذیری مواد، فاصله تیغه‌ها و اندازه‌های سایه‌بان، اگر به‌طور مناسب براساس هر محیط طراحی شود، تأثیر مثبتی بر نحوه توزیع نور روز دارند (ibid.). از این رو در پژوهشی دیگر، پیکربندی و ویژگی‌های لوورها براساس ویژگی‌های محیط در سه اقلیم متفاوت (بريستول، انگلستان؛ جاکارتا، اندونزی؛ و سیدنی، استرالیا) بهینه‌سازی شده است (Khidmat et al., 2022a). در تهران نیز محققان بررسی کردند، چگونه چهار جهت مختلف جغرافیایی بر ویژگی‌های زاویه، عمق، تعداد اسلات‌ها و فاصله تا دیوار برای لوورها بر عملکرد نور روز و راحتی بصری تأثیر می‌گذارد (Changlani, 2020). همچنین در مطالعه دیگر، طراحی سایه‌بان براساس شرایط هر اقلیم برای سه شهر کانادا (ونکوور، مونترال و ادمونتون) بررسی شده است (Rafati et al., 2023). هدف از این مطالعه نشان دادن ضرورت استفاده از سایه‌بان‌هایی براساس شرایط ساختمان و محیط، حتی در مکان‌هایی با اقلیم مشابه بوده است. بنابراین، پژوهش‌ها در مورد طراحی سایه‌بان در سه شهر با اقلیم بسیار مشابه انجام شده است. در این مطالعه، مصرف انرژی و شدت نور روز توابع هدف هستند. یافته‌ها نشان داد نصب لوور، همیشه بهره‌وری انرژی و آسایش بصری را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این عرض جغرافیایی، عمق سایه‌بان، فاصله آن از دیوار و تعداد لوورها، عناصر مهمی هستند که تأثیرات مختلفی بر مصرف انرژی و شدت نور روز می‌گذارند (De Luca et al., 2022). همچنین شائری و همکارانش، تأثیر سایه‌بان‌ها در نمای جنوبی، شرقی و غربی یک ساختمان را بر مصرف انرژی ارزیابی کردند. این پژوهش زاویه بهینه را برای اقلیم‌های گرم و نیمه‌خشک و سرد و نیمه‌خشک تعیین کرده است. نتایج نشان داده است، استفاده از سایه‌بان باعث کاهش جذب گرمای خورشیدی به‌ویژه در بوشهر و شیراز می‌شود که دارای آب و هوای گرم و نیمه‌خشک هستند (Shaeri et al., 2022). مطالعات دیگری به بررسی تأثیر ویژگی‌های سایه‌بان در دو کلاس درس در شهر تالین، در شمال استونی، برای کنترل خیرگی، نور روز، دید و انرژی در ساختمان پرداخته است. نتایج نشان داده است، سایه‌بان‌های استاتیک، عدم آسایش بصری را تا ۸۹/۱۸ درصد براساس نوع ساختمان و مکان آن کاهش می‌دهد، در حالی که مصرف انرژی اولیه را تا ۲۹/۱ درصد کاهش می‌دهد و نور روز و دید بیرونی کافی را نیز ارائه می‌دهد. در این پژوهش، در مورد انواع سایه‌بان‌ها که بهترین عملکرد را براساس شرایط محیطی نشان می‌دهند، بحث می‌شود (Wang et al., 2022). علاوه بر این، محققان به بررسی تأثیر

کند. بنابراین، به ایجاد یک محیط معماری خوب برای کاربران کمک می‌کند و می‌تواند شکاف پژوهش‌های در این زمینه را از بین ببرد.

از سوی دیگر، کتاب راهنمای آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) (Kirimtat et al., 2016) بیان می‌کند، اثربخشی لوورهای خارجی، وابسته به عرض جغرافیایی و اقلیم است. این ارتباط نشان‌دهنده اهمیت این حوزه پژوهش و طراحی براساس شرایط محیطی در فرایند طراحی و ساخت لوورها است (Villalba et al., 2005). علاوه بر این، کدهای ساختمانی هر استان، جزئیات کاملی از طراحی سایه‌بان‌ها را مشخص نمی‌کنند. به همین دلیل، بسیاری از سایه‌بان‌ها بدون در نظر گرفتن محیط طراحی یا سازگاری با اقلیم، در عملکرد خود به بازار عرضه می‌شوند (Bhavani & Khan, 2011)، که منجر به کاهش کارایی و تأثیرات منفی بر بهره‌وری انرژی و آسایش بصری می‌شود. در واقع برخی از کشورها، فاقد مقرراتی برای کمک به سازندگان و طراحان در طراحی سایه‌بان هستند. آن‌ها روش‌های دقیقی برای دستیابی به این اهداف ارائه نمی‌دهند و فقط معیارهای بصری و حرارتی پایه را ارائه می‌دهند. براساس بررسی انجام‌شده، می‌توان نتیجه گرفت، هیچ یک از پژوهش‌ها، سعی در ارزیابی تمام پارامترهای تأثیرگذار نداشتند. با این حال، آن‌ها صرفاً تعداد محدودی از پارامترها را به دلیل پیچیدگی فرایند، بهینه‌سازی و بررسی کرده‌اند. علاوه بر این، براساس پژوهش‌های اخیر، مشخص شده است که سایه‌بان‌های افقی و عمودی خارجی، به دلیل اثرات اقلیمی و جهت‌گیری‌های نما، نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارند.

در واقع، سایه‌بان‌های خارجی تحت تأثیر اقلیم و جهت‌گیری نما قرار می‌گیرند و نیاز به طراحی ویژه، براساس این پارامترهای تأثیرگذار است. نیاز به ارزیابی و طراحی دقیق سایه‌بان بیرونی در اقلیم گرم و خشک اصفهان، بیشتر قابل توجه است چرا که در این مورد پژوهش‌های کافی انجام نشده است. این امر می‌تواند کارایی نور روز و پتانسیل بهره‌وری انرژی سایه‌بان‌های خارجی را بهبود بخشد. علاوه بر این، بیشتر مطالعات در این زمینه با برخی از روش‌های تجربی و همچنین مبتنی بر شبیه‌سازی از طریق نرم افزار RELUX به‌عنوان یک ابزار جدید نور روز انجام شده است که با توجه به روش raytracing، کتابخانه کامل مواد و همچنین توانایی در نظر گرفتن مبلمان و پارتیشن‌های داخلی در یک طرح معماری، نرم‌افزار مناسبی است. علاوه بر این، هیچ پژوهشی برای در نظر گرفتن معیارهای کیفیت بصری با ابزار Isovist مطابق با معیارهای نور روز RELUX انجام نشده است. همه این موارد باعث ارزشمندی پژوهش‌های فعلی می‌شود زیرا می‌تواند شکاف علمی در این زمینه را پر

(تیغه‌های عمودی، تیغه‌های مورب و سایه‌بان جعبه‌ای) در دو طبقه مختلف، شبیه‌سازی و به‌صورت تجربی ارزیابی شده است، به‌طوری که دمای هوا، سطح روشنایی، دمای محیط و آسایش، بررسی شده و با شرایط بدون سایه مقایسه شده است (Freewan, 2014).

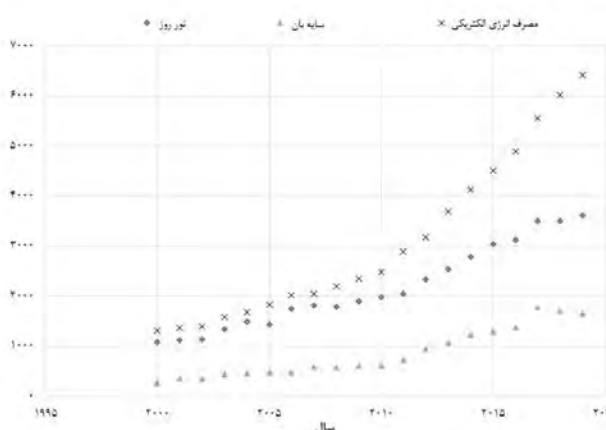
سایه‌بان‌های بیرونی می‌توانند در ایجاد یک محیط نوری، بصری و حرارتی مناسب برای کاربران، به‌عنوان یک سیستم ساختمانی پسو، مفید و تأثیرگذار باشند. سایه‌بان‌ها برای کنترل میزان نور خورشید که از سطوح شفاف در ساختمان‌ها عبور می‌کند استفاده می‌شود. با توجه به الزامات مقررات ملی ایران، از آن‌جا که ایران در نیمکره شمالی واقع شده است، سایه‌بان‌های افقی می‌توانند ذخیره‌سازی گرمای خورشیدی را در نمای جنوبی، شرقی، جنوب شرقی و جنوب غربی در بهار، تابستان و اوایل پاییز، براساس زاویه تابش خورشید کاهش دهند. زاویه تابش خورشید در نمای شمالی و غربی به‌طور کلی در طول سال حداقل است، بنابراین سایه‌بان‌های افقی تأثیر زیادی بر کاهش تابش خورشید ندارند. بنابراین، در این مورد، سایه‌بان‌های عمودی برای نمای شرقی و غربی برای کنترل نور مستقیم خورشید استفاده می‌شود. زیرا ساختمان می‌تواند جهت‌های مختلفی داشته باشد و معمولاً در هر اقلیم جهت‌گیری ساختمان متفاوت است. در این پژوهش تأثیر استفاده از سایه‌بان‌های افقی و عمودی بر نمای جنوبی، شمالی، شرقی و غربی ساختمان آموزشی در اقلیم گرم و خشک اصفهان بررسی شده است. مطالعات میدانی، اندازه‌گیری با ابزار لوکس متر، شبیه‌سازی با نرم افزار Relux و ابزار Isovist در فرایند پژوهش استفاده شده است. تصویر ۱ توجه و میزان مطالعات انجام شده در حوزه‌های مرتبط با این پژوهش را نشان می‌دهد.

این موضوعات مهم‌ترین مسائل مورد توجه در سال‌های اخیر بوده و بحث و مطالعه در مورد آن‌ها می‌تواند برای رشد و توسعه دانش و مهارت جامعه محققان، مهندسان و به‌ویژه معماران بسیار تأثیرگذار باشد. بنابراین، این مطالعه، ویژگی‌های فیزیکی سایه‌بان‌های افقی و عمودی خارجی در جبهه‌های شرقی، شمالی، غربی و جنوبی در یک ساختمان آموزشی در اقلیم گرم و خشک اصفهان، ارزیابی می‌کند. متغیرهای مستقل پژوهش شامل، عمق و فاصله بین لوور، ضریب بازتاب (RHO) تیغه‌ها و متغیرهای وابسته نیز شامل، فاکتور نور روز (DF)، شاخص‌های آسایش بصری، یعنی حداکثر خط شعاعی (maximum radial line (RI(1)) و مساحت ایزوویست (Isovist) است. این مطالعه می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به معماری سبز و پایدار داشته باشد و به کاهش مصرف انرژی، استفاده از سوخت‌های فسیلی، آلودگی و جلوگیری از گرم‌شدن کره زمین کمک

دید (maximum of radial lines) و مساحت ایزوویست (Isovist area) توسط ابزار ایزوویست در نرم افزار Depth Map انتخاب شده‌اند. تصویر ۲ فرایند کلی پژوهش را به تصویر می‌کشد.

• اعتبارسنجی

مطالعات زیادی نشان می‌دهند، نتایج شبیه‌سازی باید با نتایج اندازه‌گیری میدانی، مقایسه شود (Haberl & Bou-Saada, 1998). این رویکرد معمولاً به‌عنوان اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی شناخته می‌شود (Sreshthaputra et al., 2004). در این پژوهش اعتبارسنجی شبیه‌سازی از طریق شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در یک نمونه واقعی فضای معماری انجام شده است. طبق تصویر ۳، یک فضای کلاس درس رایج در یک ساختمان آموزشی در شهر اصفهان به‌عنوان ناحیه اندازه‌گیری میدانی، اعتبارسنجی داده‌ها و مدل پایه در شبیه‌سازی، در نظر گرفته شده است. در این راستا، شدت روشنایی بیست نقطه داخل اتاق توسط لوکس‌متر اندازه‌گیری شده است و در نهایت نتایج اندازه‌گیری و شبیه‌سازی، با یکدیگر مقایسه شده‌اند. با توجه به آنالیزهای انجام‌شده توسط برنامه‌های آماری Excel و SPSS، مشاهده



تصویر ۱. روند مطالعات انجام‌شده در سه ناحیه مرتبط با پژوهش حاضر در سال‌های اخیر. مأخذ: نگارندگان.

کند و فزاینده از مطالعات قبلی پیش برود. این پژوهش قصد دارد سایه‌بان‌های بیرونی مطلوب را به‌طور خاص برای هر جهت‌گیری نمای ساختمان آموزشی در اصفهان، با اقلیم گرم و خشک پیشنهاد کند. هدف این پژوهش، افزایش کارایی سایه‌بان‌های افقی و عمودی خارجی با بهبود عملکرد آن‌ها در نور روز و کیفیت بصری فضا از طریق بهینه‌یابی مقایسه‌ای پارامترهای آن‌ها است و همچنین به دنبال پاسخ به این سؤالات است:

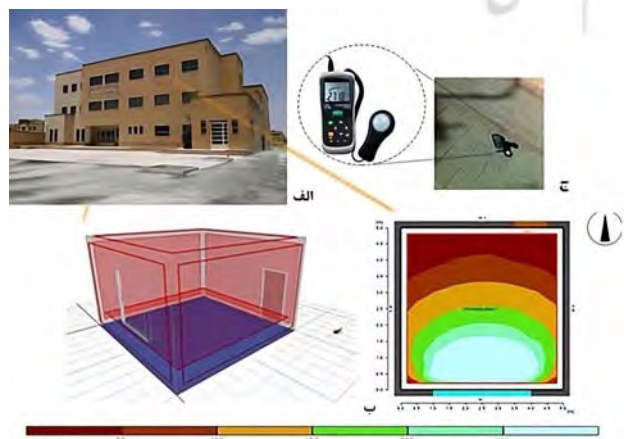
چه پارامترهای بهینه‌ای از سایه‌بان خارجی، عملکرد آن را در اقلیم گرم و خشک اصفهان به‌منظور بهبود فاکتور نور روز و کیفیت بصری تضمین می‌کند؟
میزان دقیق هر پارامتر سایه‌بان که بهترین عملکرد را برای جهت‌گیری‌های مختلف نمای ساختمان‌های آموزشی در اصفهان منجر می‌شود چقدر است؟
پارامترهای یک سایه‌بان چگونه می‌توانند بر عملکرد نور روز و شاخص کیفیت بصری تأثیر گذارند؟

روش پژوهش

به‌منظور بررسی اهداف پژوهش، ابتدا یک مطالعه کتابخانه‌ای در زمینه مفاهیم پایه‌ای و نظری پژوهش و پیشینه مطالعات انجام‌شده در این زمینه انجام شده است. برای آنالیز شرایط اقلیمی و توزیع نور روز و شبیه‌سازی مدل پیشنهادی، از سایه‌بان‌های لوور خارجی افقی و عمودی برای نماهای شرقی، غربی، شمالی و جنوبی از ابزار شبیه‌سازی ریلوکس Relux استفاده شده است. این مطالعه، اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان را برای بررسی تأثیر به‌کارگیری سایه‌بان‌های لوور خارجی بر توزیع نور روز و کیفیت بصری بررسی می‌کند. با توجه به تأثیر مثبت نور روز بر آسایش بصری، بهره‌وری در کلاس‌ها و فضاهای آموزشی، یک نمونه مطالعاتی آموزشی برای آنالیزهای نور روز و کیفیت بصری در نظر گرفته شده است. به‌علاوه بیشترین خط شعاع



تصویر ۲. فرایند کلی پژوهش. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۳. الف) نمای جنوبی نمونه مطالعاتی آموزشی، ب) مدل هندسی برای شبیه‌سازی و اعتبارسنجی، ج) لوکس‌متر استفاده‌شده در اندازه‌گیری میدانی، مأخذ: نگارندگان.

نتایج

برای بررسی تأثیر سایه‌بان‌ها در اقلیم مورد نظر، باید عوامل مختلفی را در نظر گرفت. ابتدا با توجه به ایام گرم سال در منطقه مورد نظر باید زاویه تابش خورشید را به دست آورد تا نیاز به سایه‌اندازی در جهت‌های مختلف نما مشخص شود. بر این اساس تمام سطح پنجره در زمان‌های ذکرشده، از سایه برخوردار بوده و از ورود نور خورشید و ایجاد شرایط نامساعد حرارتی و بصری جلوگیری می‌کند. در ابتدا باید موقعیت خورشید را با توجه به عرض جغرافیایی بررسی کرد تا نیاز به سایه مشخص شود.

در نتیجه، زمان مورد نیاز برای سایه‌بان براساس روزهای گرم سال تعیین می‌شود. زاویه ارتفاع تابش خورشید، با موقعیت خورشید نسبت به نمای ساختمان در زمان مورد نظر است که محل قرارگیری خورشید را نشان می‌دهد. در این راستا زاویه ارتفاع خورشید و نیاز به سایه‌بان در ماه‌ها و ساعات مختلف روز و سال از فرمول‌های ۱ تا ۴ و جدول ۳ به دست آمده است.

می‌شود که نتایج قابل استناد و اعتماد است. به علاوه جدول ۱ ارتباط بین شاخص‌های ایزووویست در زمینه تجربه فضایی طبق مطالعات پیشین را به عنوان یک اعتبارسنجی آورده است. جدول ۲، لیست ابزارهای شبیه‌سازی نور روز را به همراه مزایا و ویژگی‌های آن‌ها آورده است. در حالی که برخی از این ابزارها تنها بر روشنایی تمرکز کرده و دیگر ابزارهای روشنایی را با دیگر مؤلفه‌های مرتبط ساختمانی ترکیب کرده‌اند. با توجه به متغیرهای این پژوهش و تعداد کم مطالعات انجام‌شده در این زمینه به کمک ابزار شبیه‌سازی ریلوکس، این ابزار می‌تواند یک ابزار جدید خوب برای آنالیز نور روز باشد. همچنین انبوه روش‌های پژوهش به کار رفته در مقالات متنوع و معتبر مرتبط با موضوع این پژوهش نشان داده است، روش اندازه‌گیری میدانی، بیشترین استفاده و پس از آن، نرم‌افزار رادیانس بیشترین استفاده را داشته است. رتبه سوم، به استفاده از نرم‌افزار Relax می‌رسد. این امر را می‌توان به قابلیت‌ها و پاسخگویی مناسب این ابزارهای پژوهشی نسبت داد.

جدول ۱. شاخص‌های کیفیت بصری در ارتباط با تجربه فضایی. مأخذ: Franz et al., 2005; Meilinger et al., 2012; Ostwald & Dawes, 2013

تجربه‌های فضایی	تعریف	شاخص
Spatial experience (visually) چشم‌انداز	طول طولانی‌ترین خط شعاع دید که از نقطه ناظر قابل مشاهده است.	بیشترین خط شعاعی دید Maximum radial line (RI(l))
چشم‌انداز/ میزان فضای باز درک شده	تعداد نقاطی که از نقطه ناظر قابل مشاهده است.	مساحت ایزووویست Isovišt area (A)

جدول ۲. نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نور روز و روشنایی در فضاهای معماری. مأخذ: Kiritmat et al., 2016

نام	فرایند نوری	ویژگی
Radiance رادیانس	ردیابی اشعه	شدت روشنایی جهانی با استفاده از روش مونت کارلو
Relux ریلوکس	موتور رادیانس تکمیل شده با روش پرتوزایی	ساخته شده با ریلوکس کد، محاسبه انرژی با استانداردهای EN15193 و DIN8599
ADELIN آدلین	پرتوزایی	آدلین شامل اسکرایب. مدل‌کننده به عنوان رابط کد، ابزارهای نورپردازی سوپرلاین و رادیانس است.
DIALux دیالوکس	ردیابی اشعه ترکیب شده	روشنایی اضطراری براساس EN1838، ارزیابی انرژی بر اساس DIN 18599 و EN15899
Lightscape لایت اسکوپ	پرتوزایی	ساخته شده توسط اتودکس، امکان تغییر زاویه دید بدون محاسبه مجدد مدل
DAYSIM دیسیم	ردیابی اشعه	مدل‌سازی دقیق آسمان با در نظر گرفتن موقعیت خورشید و توزیع واقعی آسمان

با توجه به **جدول ۳ و ۴** زاویه تابش خورشید در حالت آسایش بین ۴۰ تا ۵۰ درجه است. بنابراین، زمانی که این زاویه، خارج از محدوده مورد نظر و بیش از ۵۰ درجه باشد، سایه را نشان می‌دهد. همچنین این مدت از شبانه‌روز برای ماه‌های مورد نظر در شبیه‌سازی‌ها در نظر گرفته شده است. طبق **جدول ۴** نیاز به سایه‌بان به رنگ زرد برای ماه‌های مختلف سال مشخص شده است. همان‌طور که مشخص است، از ۲۱ مارس تا ۲۱ سپتامبر، سایه‌های زیادی مورد نیاز است. زاویه ارتفاع خورشید در زمان‌های مختلف نیز در این ماه‌های گرم سال مشخص می‌شود. روز بیست و یکم هر یک از ماه‌های اسفند تا شهریور ساعت ۱۱ صبح از نظر ضریب سایه‌بان و نور روز برای جلوگیری از عود و طولانی شدن پژوهش‌ها بررسی می‌شود. با توجه به زمان شبیه‌سازی و نوع نرم‌افزار، بررسی در یک ماه (خرداد) انجام می‌شود که نیاز

در فرمول‌های ۱ و ۲، a ، ارتفاع زاویه خورشیدی و q زاویه آزمون است. در فرمول ۳، d زاویه انحراف خورشید و در فرمول ۴، w زاویه ساعت خورشید است که با فرمول‌های ۲ و ۳ محاسبه می‌شود (Bakirci, 2012). در فرمول ۳، n تعداد روزها (بر اساس تقویم ایرانی) و در فرمول ۴، t زمان براساس ساعت است. سطح جاذب، زمانی که تابش خورشیدی روی آن عمودی باشد، بیشترین مقدار تابش را جذب می‌کند (Benhanem, 2011).

$$\sin a = \cos l * \cos d * \cos w + \sin l * \sin d \quad (1) \text{ فرمول}$$

$$\sin q = (\cos d * \cos w) / \cos a \quad (2) \text{ فرمول}$$

$$d = 23.46 \sin (360 n / 365) \quad (3) \text{ فرمول}$$

$$W = 15(t-12) \quad (4) \text{ فرمول}$$

جدول ۳. اطلاعات اقلیمی و میانگین ماهانه متغیرهای اقلیمی در شهر اصفهان (۱۳۸۹-۱۳۳۰). مأخذ: سازمان آب و هواشناسی کشور.

شهر	اقلیم	نیاز به سایه‌بان	عرض جغرافیایی	گرم‌ترین ماه	دوره مرطوب سال	فصل گرم و خشک سال	دمای گرم‌ترین ماه	زاویه ارتفاع خورشیدی ماه‌های گرم	زاویه ارتفاع خورشیدی ماه‌های آسایش			
اصفهان	گرم و خشک	*	۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی	آگوست	۲۱ اکتبر تا ۲۱ مارس	۲۱ مارس تا اکتبر	میانگین دما ۲۷/۴ درجه سانتیگراد است	۵۰-۸۰ درجه	۴۰-۵۰ درجه			
ماه	ژانویه	فبریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دمای هوا (درجه سانتیگراد)	۳/۴	۶/۲	۷/۱۰	۱۶	۲۱/۱	۲۶/۶	۲۹	۲۷/۴	۲۳/۳	۱۷	۱۰/۱	۵
میانگین ساعات آفتابی	۶/۶	۷/۷۴	۸/۲۱	۸/۳۶	۹/۹۵	۱۱/۶۳	۱۱/۲۷	۱۱	۱۰/۴۲	۹/۰۷	۷/۴۶	۶/۳۳

جدول ۴. نتایج برای زاویه ارتفاع خورشیدی در ساعات و ماه‌های مختلف سال (نرم افزار Climate Consultant). مأخذ: نگارندگان.

ساعت ماه	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷
مارس	۱۵	۲۵	۳۷	۴۷	۵۵	۵۷	۵۵	۴۷	۳۷	۲۵	۱۵
آوریل	۱۸	۳۲	۴۳	۵۵	۶۵	۷۰	۶۵	۵۵	۴۳	۳۲	۱۸
می	۲۳	۳۷	۴۸	۶۰	۷۲	۷۸	۷۲	۶۰	۴۸	۳۷	۲۳
جون	۲۵	۳۸	۵۰	۶۲	۷۴	۸۰	۷۴	۶۲	۵۰	۳۸	۲۵
جولای	۲۳	۳۵	۴۸	۶۰	۷۲	۷۸	۷۲	۶۰	۴۸	۳۵	۲۳
آگوست	۱۹	۳۱	۴۳	۵۵	۶۵	۶۹	۶۵	۵۵	۴۳	۳۱	۱۹
سپتامبر	۱۳	۲۵	۳۸	۴۸	۵۵	۵۸	۵۵	۴۸	۳۸	۲۵	۱۳

این است که شیدرهای نماهای مختلف اطراف آن خالی و بدون فضاهای جانبی هستند. بررسی ابعاد و فاصله لوورها نیز طبق مشخصات به دست آمده از سازنده انجام شده است. علاوه بر این، میزان ضریب بازتاب‌پذیری در محدوده مواد رایج استفاده‌شده در ساخت لوورها مانند چوب، فلز و آلومینیوم است.

بحث

• آنالیز نور روز

ضریب نور روز (DF) در هر سناریو برای بررسی توزیع نور روز به‌منظور عمق سایه‌بان با ابعاد مختلف، در نظر گرفته شده است. به این ترتیب، حالت سایه‌بان اولیه، مطابق تصویر ۴ برای هر نما، یک سناریو (O) در نظر گرفته می‌شود. سپس سناریوهای دیگر با وجود عمق و فاصله مناسب برای لوور تحت ۳۶ سناریو، مطابق جدول ۶ بررسی می‌شود. نتایج این بررسی‌ها در تصاویر ۵ تا ۸ نشان داده شده است. همانطور که در نمای جنوبی ساختمان مشاهده می‌شود. مطابق تصویر ۵، وجود سایه‌انداز لوور شکل، مناسب‌تر از سایه‌بان افقی است.

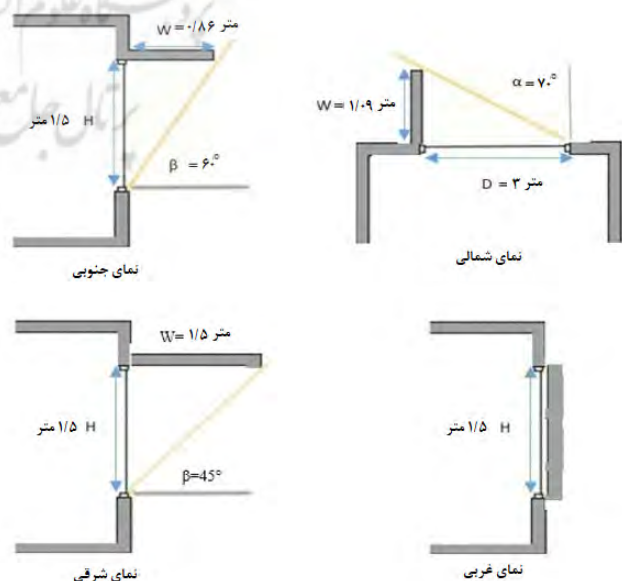
علاوه بر این، ابعاد لوور نیز تأثیرگذار است. با توجه به زاویه ارتفاع خورشید (60° درجه)، با افزایش عمق لوورها، میزان نور روز داخلی نیز کاهش می‌یابد و این عامل محیط بصری نامناسبی را برای کاربران ایجاد می‌کند. استفاده از سایه‌انداز به شکل لوور با عمق کم (سناریو A) از نظر توزیع ضریب نور روز (DF) در فضا، به محدوده استاندارد آن نزدیک‌تر است و محیط بصری مناسب‌تری را فراهم می‌کند.

در سایر نماها مانند جبهه شمالی، وجود لوورهای عمودی با عمق کم (سناریو J)، کارایی بیشتری دارد. با توجه به تصویر ۶ می‌توان گفت، با افزایش عمق تیغه‌ها، نور روز ورودی به اتاق کاهش یافته و از محدوده استاندارد خود در این نما، با وجود زاویه 70° درجه تابش خورشیدی و عمق سایه‌بان که در ضلع غربی پنجره ۱ متر است خارج می‌شود. همانطور که در تصویر ۷ نشان داده شده است، در نمای شرقی، استفاده از سایه‌انداز با عمق کمی بیشتر از پایین‌ترین سطح آن (سناریو B)، عملکرد بهتری دارد. مطابق تصویر ۸ در نمای غربی، استفاده از سایه‌انداز در جلوی تمامی پنجره‌ها در حالت یکپارچه، اجازه می‌دهد نور بسیار کمتری نسبت به نمونه استاندارد وارد شود، اما در مورد لوورها (سناریو m) عملکرد مناسب‌تری داشته است. در نهایت، نتایج تمامی این مطالعات نشان می‌دهد استفاده از لوورها با عمق مناسب در تمامی نماهای ساختمان برای اقلیم‌هایی مانند اصفهان با عرض جغرافیایی 32° درجه، نتایج بسیار خوبی از نظر توزیع مناسب نور روز ارائه می‌دهد.

به یک دستگاه سایه‌بان در بیست و یکم هر ماه بسیار زیاد است. در واقع، هنگامی که دستگاه سایه‌بان برای بدترین شرایط بهینه‌سازی می‌شود، در شرایط و فصل‌های دیگر به درستی عمل می‌کند و میانگین مقدار متغیرها برای یک ماه (۲۱ ژوئن) نشان داده می‌شود.

از طرفی جدول ۵ نوع و زاویه مناسب سایه‌بان پنجره‌ها را در جهات مختلف برای عرض جغرافیایی 32° درجه برای شهر اصفهان براساس مقررات ملی ساختمان نشان می‌دهد. همچنین با توجه به این استاندارد، عمق سایه‌بان بهینه برای این اقلیم در تصویر ۴، نشان داده شده است.

ابتدا تأثیر ابعاد و فاصله بین لوورها و ضریب بازتاب‌پذیری لوورها برای حالت بهینه ابعاد لوور از طریق ماتریس جدول ۶ بررسی شده است. بررسی برای نماهای جنوبی، شرقی، شمالی و غربی به دست آمده در مرحله قبل و تأثیر سایه‌بان‌ها از نظر توزیع نور روز و تغییرات متغیرهای پژوهش انجام شده است. به این ترتیب ۳۶ سناریو برای رسیدن به ابعاد و فاصله بهینه برای شیدرهای لوور شکل در هر نما از نظر توزیع نور روز بررسی شده است. در مرحله بعد بررسی‌های لازم از نظر ضریب انعکاس مناسب لوورها انجام شده است. لوور استفاده‌شده در این مرحله یک دوک ثابت آلومینیومی افقی و عمودی با شکل آلیاژی 6063 با ضریب انعکاس 62% ، زاویه $22/5^\circ$ درجه برای تیغه‌ها است. این نوع لوور بالاترین مقاومت را در برابر بادهای بیش از 150 کیلومتر بر ساعت و شرایط نامساعد دارد که پس از نصب نیازی به نگهداری ندارد. تنها تفاوت



تصویر ۴. ویژگی مدل شبیه‌سازی شده اولیه در نماهای مختلف، مأخذ: نگارندگان.

جدول ۵. نوع و زاویه سایه بان بهینه در نماهای مختلف ساختمان. مأخذ: مقررات مقررات ملی ساختمان ایران.

جهت	جهت جنوبی	جهت شمالی	جهت شرقی	جهت غربی
نوع لوور	افقی	عمودی	افقی	عمودی
زاویه α (در سایه بان عمودی) β (در سایه بان افقی)	$\beta = 60^\circ$	$\alpha = 70^\circ$ در پنجره غربی	$\beta = 45^\circ$	مقابل کل پنجره

جدول ۶. سناریوهای شبیه سازی با توجه به ابعاد و ضریب بازتاب لوورها در هر نما. مأخذ: نگارندگان.

نمای آفتاب گیر					
نمای غربی (لوور افقی و عمودی)	نمای شمالی (لوور عمودی)	نمای شرقی (لوور افقی) فاصله بین پره ها (cm) (۷۵% عمق)	نمای جنوبی (لوور افقی) عمق لوور (cm) (w)	جزئیات برای لوور آلومینیومی شکل اسپیندل با $Rho = 62\%$	
سایه بان عمودی سراسر پنجره ابعاد = $1/5 * 3$ متر (O)	سایه بان عمودی در غرب پنجره ابعاد = $1/5 * 1$ متر زاویه = 70° درجه (O)	سایه بان افقی ابعاد = $1/5 * 3$ متر زاویه = 45° درجه (O)	سایه بان افقی ابعاد = $3 * 0/86$ متر زاویه = 60° درجه (O)	-----	-----
J	J	A	A	۱۰	۷/۵
K	K	B	B	۱۲	۹
L	L	C	C	۱۵	۱۱,۲۵
M	M	D	D	۲۰	۱۵
N	N	E	E	۲۲	۱۶,۵
O	O	F	F	۲۵	۱۸,۷۵
P	P	G	G	۳۰	۲۲,۵
Q	Q	H	H	۳۵	۲۶,۲۵
R	R	I	I	۴۰	۳۰
۸۰%	۷۰%	۶۰%	۴۵%	۳۰%	۱۴%
				ضریب بازتاب پذیری (Rho)	

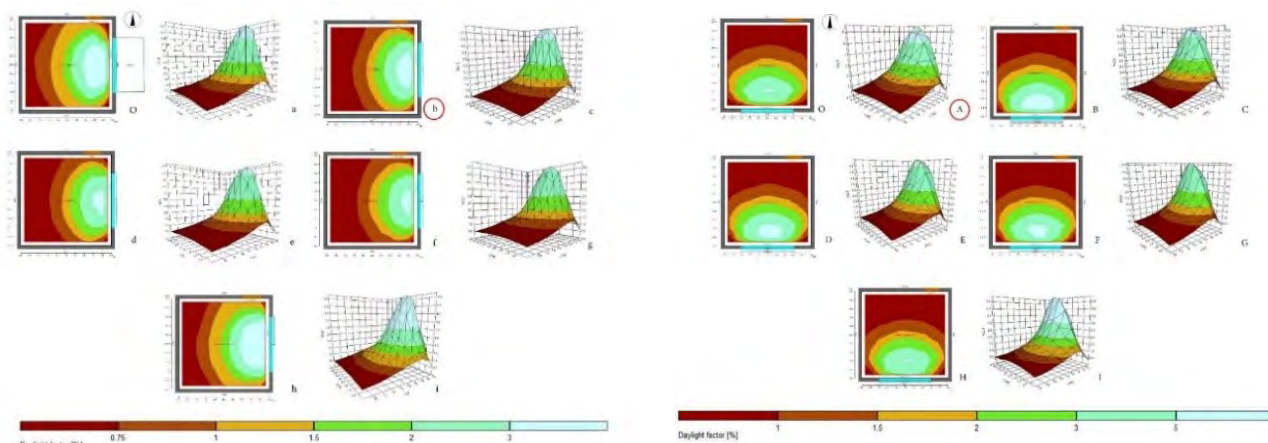
تأثیر استفاده از سایه انداز لوور شکل به خوبی بر توزیع کافی نور روز در فضا مشخص شده است. در تمامی مطالعات، محدوده مناسب برای فاکتور نور (DF) در محدوده استاندارد ۲ درصد تا ۳ درصد در نظر گرفته شده است و عملکرد سناریوها در این رابطه، سنجیده شده است. همچنین ماهها و زمانهای گرم سال از جمله مواردی هستند که بسته به زاویه ارتفاع خورشید می توانند در طول سال پوشش داده شوند. در خرداد ماه که تابش خورشید به حداکثر می رسد تأثیر سایه بانها، بیشتر و توزیع نور روز، بهتر است به طوری که در ماههای دیگر درصد ضریب نور روز کمتر می شود.

پس از به دست آوردن عمق بهینه برای سایه بان لوور شکل در مطالعه موردی، تأثیر ضریب بازتاب پذیری لوور بررسی شده است. با توجه به مواد استاندارد استفاده شده در اجرای لوورهای دوکی شکل، محدوده ضرایب بازتابی مختلف در شش سناریو در نظر گرفته شده است. طبق جدول ۷، ابعاد بهینه به دست آمده در هر نما در شش سناریو بر حسب

نرخ Rho ارزیابی شده است. با توجه به تصاویر ۹ و ۱۰، نتایج بررسیها نشان می دهد، با افزایش ضریب بازتاب پذیری لوورها، میزان فاکتور نور روز (DF) نیز افزایش یافته و به محدوده استاندارد خود نزدیک می شود، به طوری که $Rho = 80\%$ نتایج بهتری نسبت به سایر سناریوها دارد. به این معنی که نوع متریکال یا حتی رنگ روی سطوح لوورها می تواند بر وجود نور روز در فضا تأثیر بگذارد و از نظر بصری محیط را برای کاربران متعادل کند. استفاده از این چهار مدل سایه بان در اقلیمی مانند اصفهان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه باعث افزایش راحتی بصری و کمک به ورود بهتر و طبیعی تر نور روز در فضا می شود.

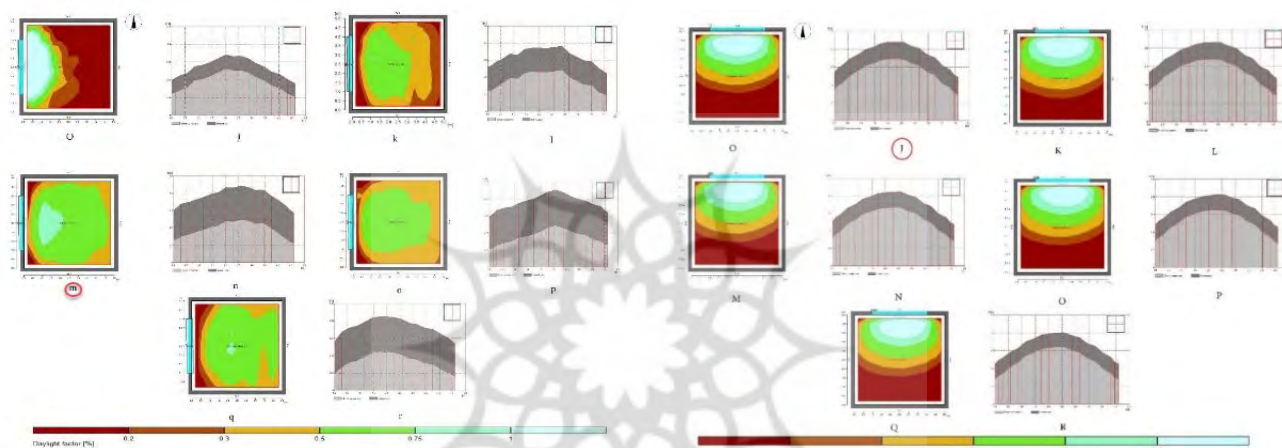
• شاخص های کیفیت بصری

حداکثر خط شعاعی ((maximum radial line (RI (I))) در ایزووپیست، شاخصی است که طول طولانی ترین خط شعاع دیده شده از نقطه ایستگاه ناظر را بررسی می کند. در این پژوهش، با توجه به فضای ناظر که در نقاط مختلف فضای



تصویر ۵. توزیع نور روز برای سناریوهای مختلف در نمای جنوبی مطابق جدول ۶. مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۶. توزیع نور روز برای سناریوهای مختلف در نمای شرقی مطابق جدول ۶. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۷. توزیع نور روز برای سناریوهای مختلف در نمای شمالی مطابق جدول ۶. مأخذ: نگارندگان.

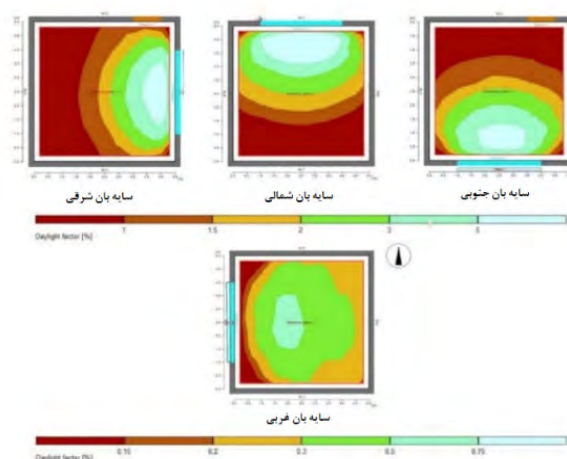
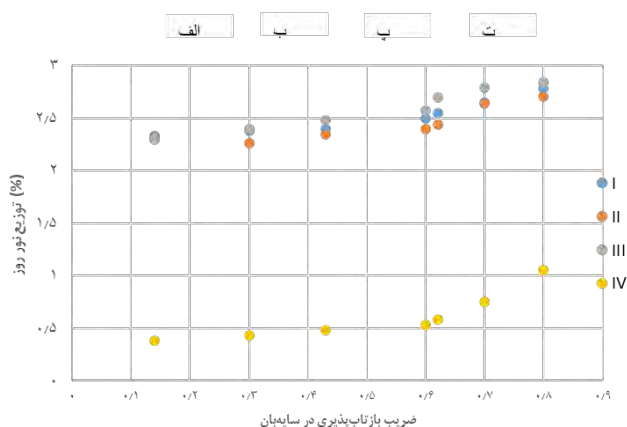
تصویر ۸. توزیع نور روز برای سناریوهای مختلف در نمای غربی مطابق جدول ۶. مأخذ: نگارندگان.

دارای میانگین بزرگتری از شاخص مساحت ایزوویست (Isovist area (A)) است، یعنی تعداد نقاط بیشتری از دید ناظر قابل مشاهده است. بنابراین، این سناریو نه تنها دارای یک خط شعاعی بزرگتر است، بلکه دارای ناحیه دید ناظر بزرگتری است که ناظر به وضوح از فضا درک می‌کند. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای پژوهش، از آزمون پییرسون با نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. همبستگی یا عدم همبستگی در سطوح معناداری $\alpha=0/01$ و $\alpha=0/05$

داخلی شبکه‌بندی شده است، میانگین حداکثر شعاعی دید با سایه‌بان لوور شکل در سناریوهای مختلف در جدول ۸ و تصویر ۱۱ مشخص شده است. در این جهت، فضای دارای سایه‌بان جنوبی که دارای یک خط شعاعی بلندتر است، نشان می‌دهد ناظر دارای بیشترین شعاع دید و همچنین دید بیشتری به محیط اطراف، نسبت به سناریوهای دیگر در هر نقطه داخلی و تعیین شده از فضا است. علاوه بر این، طبق جدول ۹ و تصویر ۱۲، فضای دارای سایه‌بان جنوبی

جدول ۷. جزئیات سناریوهای ضریب بازتاب‌پذیری لوورها در شرایط بهینه به دست آمده در مرحله قبل. مأخذ: نگارندگان.

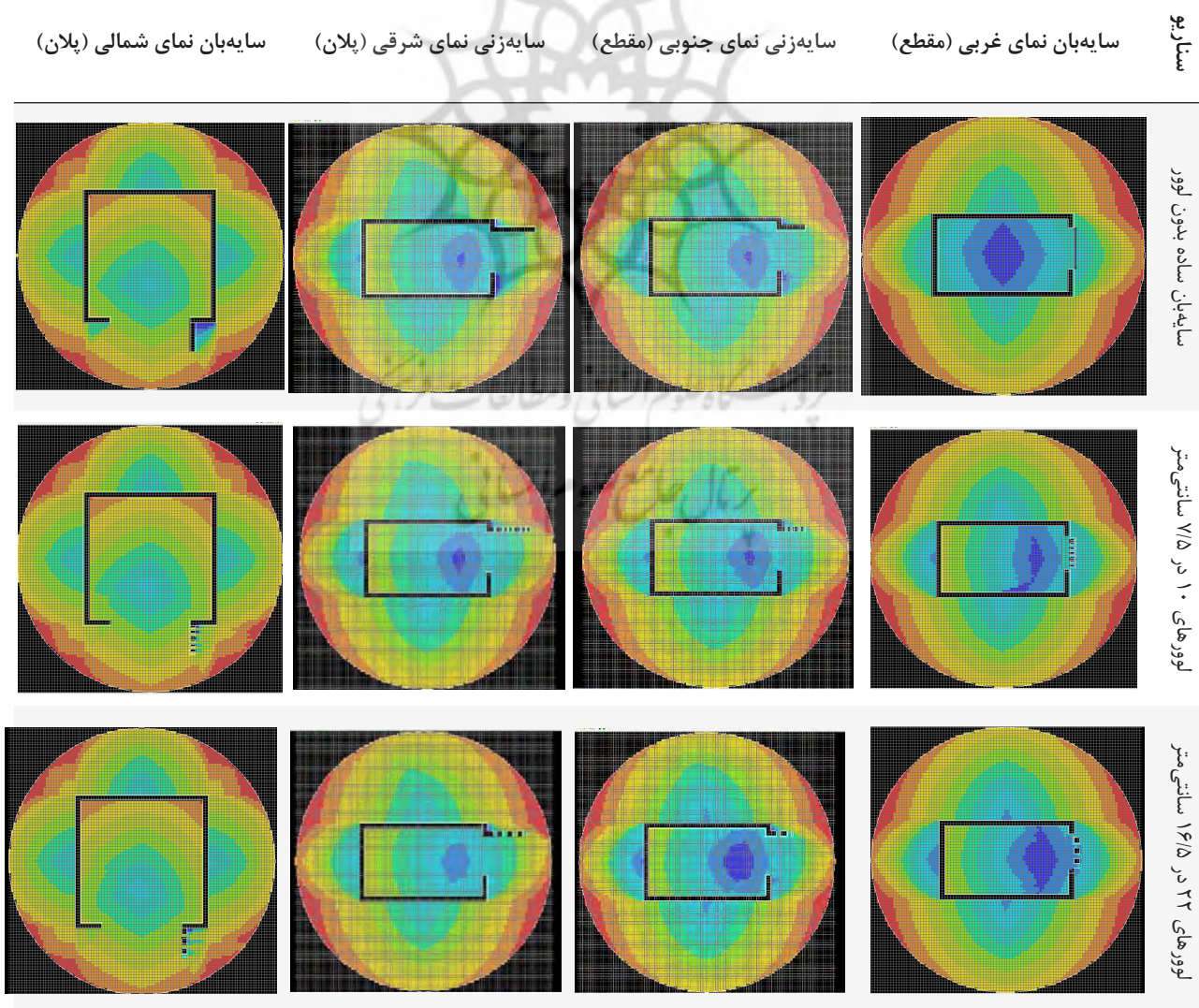
ضریب بازتاب‌پذیری (Rho)						سناریو	ابعاد بهینه لوور (cm)	جهت‌گیری نما
(%۱۴)	(%۳۰)	(%۴۳)	(%۸۰)	(%۷۰)	(%۶۰)			
*	*	*	*	*	*	I	۷/۵*۱۰	جنوبی
*	*	*	*	*	*	II	۹*۱۲	شرقی
*	*	*	*	*	*	III	۷/۵*۱۰	شمالی
*	*	*	*	*	*	IV	۹*۱۲	غربی



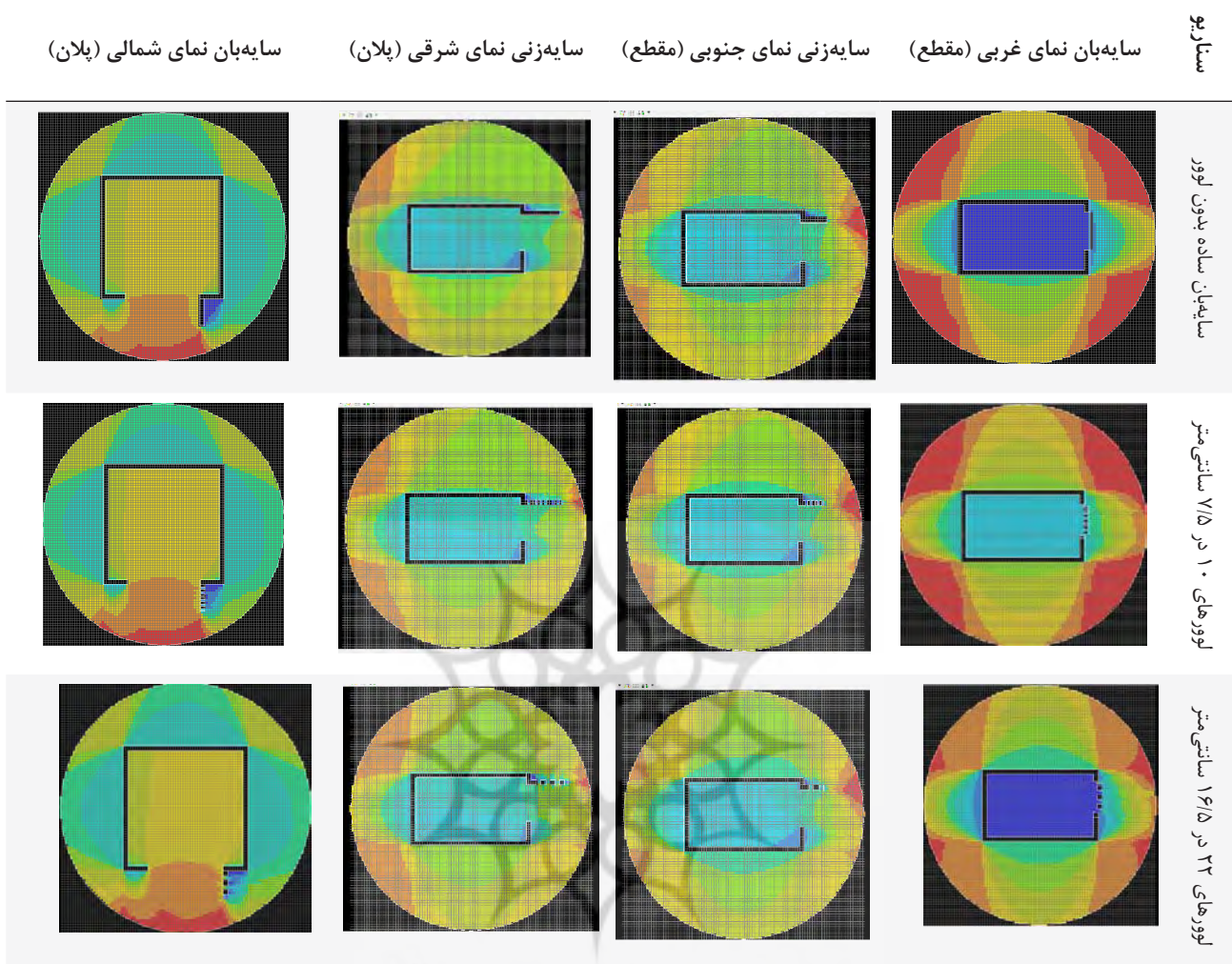
تصویر ۱۰. نتایج نهایی توزیع نور روز برای ابعاد و ضریب بازتاب‌پذیری در سایه‌بان بهینه شکل در چهار جهت مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۹. نتایج توزیع نور روز برای سناریوهای مختلف مطابق جدول ۷. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۸. شاخص حداکثر خط شعاعی (Maximum radial line (RI)) برای سناریوهای مختلف. مأخذ: نگارندگان.



جدول ۹. شاخص مساحت ایزووویست (Isovist Area) برای سناریوهای مختلف. مأخذ: نگارندگان.



روز و انواع سایه بان برای نماهای خارجی انجام شده است. در این پژوهش فاکتور نور روز (DF) در فضا، حداکثر خط شعاعی (maximum radial line (RI (1))), مساحت ایزووویست (Isovist area) به عنوان متغیرهای وابسته و تأثیر ابعاد و ضریب بازتاب لوورها به عنوان متغیرهای مستقل با استفاده از شبیه سازی در نرم افزار روشنایی ریلوکس (Relux) و ابزار ایزووویست (Isovist) بررسی و اندازه گیری های میدانی توسط لوکس متر و نرم افزار Climate Consultant ۵/۴، Excel و SPSS برای آنالیز اطلاعات اقلیمی و آماری در مراحل اعتبارسنجی و تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شده است. پس از انجام مطالعات و مدل سازی های لازم در راستای اهداف پژوهش، این نتیجه به دست آمده است که برای نماهای مختلف ساختمان، سایه بان های مختلف می توانند اهداف مطالعه را برآورده کنند. ابتدا ابعاد بهینه برای لوورها در هر نما به دست آمده و سپس ضریب بازتاب پذیری مصالح لوور بررسی شده است. در نهایت، نتایج نشان می دهد، استفاده از

بررسی شده است. ضریب همبستگی (ρ) قدرت و جهت رابطه بین دو متغیر را نشان می دهد. مقدار نزدیک تر به ۱ نشان دهنده همبستگی مثبت قوی تر است، در حالی که مقدار نزدیک به -۱ نشان دهنده همبستگی منفی قوی تر و مقدار ρ دلالت بر هیچ همبستگی ندارد. در این پژوهش طبق جدول ۱۰، نتایج آزمون، همبستگی معنی دار را در سطح معنی داری ۰/۰۱ بین مساحت ایزووویست و حداکثر شعاع دید ایزووویست نشان می دهد. به ویژه، حداکثر شعاع دید همبستگی مثبت و مستقیم با شاخص مساحت ایزووویست دارد و این شاخص ها همبستگی مثبت و مستقیمی را با شاخص فاکتور نور روز نشان می دهند.

نتیجه گیری

این پژوهش با هدف ارائه کیفیت بصری و توزیع بهتر نور روز در فضاهای آموزشی معماری در اقلیم گرم و خشک اصفهان گردآوری شده است. مطالعات لازم در خصوص نور طبیعی



تصویر ۱۲. مقایسه شاخص مساحت ایزوویست در سناریوهای مختلف. مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۱۱. مقایسه عددی شاخص بیشترین خط شعاعی دید در سناریوهای مختلف. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۱۰. نتایج همبستگی شاخص فاکتور نور روز و کیفیت بصری در جهت گیری های مختلف همراه با سایه بان ها. مأخذ: نگارندگان.

همبستگی

شاخص مساحت ایزوویست (Isovišt Area)	شاخص حداکثر خط دید شعاعی (Maximum Radial Line)	فاکتور نور روز (Daylight Ratio)	
۱	۰۰/۹۸۲	+۰/۴۵۸	شاخص مساحت ایزوویست (Isovišt Area)
۰۰/۹۸۲	۱	+۰/۴۴۹	شاخص حداکثر خط دید شعاعی (Maximum Radial Line)
+۰/۴۵۸	+۰/۴۴۹	۱	فاکتور نور روز (Daylight Ratio)

*** همبستگی در سطح ۰/۰۱ (۲ دنباله) معنی دار است.

انجام شده است و تغییرات آب و هوایی ممکن است تغییرات جزئی را در نتایج ایجاد کند، چیزی که می تواند موضع کار پژوهش های آینده باشد. در نهایت، با استفاده از نور طبیعی روز و سایه بان های مناسب می توان به فضای معماری روشن دست یافت تا نیازهای بصری و حرارتی کاربران ساختمان برآورده شود. در این جهت سیستم های غیرفعال مانند سایه بان های بیرونی که بخشی از طراحی معماری ساختمان ها هستند، می توانند محیطی دل پذیر را از نظر آسایش حرارتی، بصری و توزیع بهینه نور روز در فضا فراهم کنند. به طوری که، یک طراحی معمارانه معطوف به نور روز و کیفیت بصری از پارامترهای بهینه سایه بان لوور شکل برای هر جهت نما بر اساس شرایط آب و هوایی خاص هر اقلیم توصیه می شود چیزی که پاسخی مناسب برای سؤالات پژوهش نیز است.

چنین سایه اندازی می تواند به توزیع بهتر و کارآمدتر نور روز و کنترل پرتوهای نامطلوب نور خورشید کمک کند. همچنین از نظر ضریب بازتاب پذیری لوور، $Rho = 80\%$ می تواند میزان انعکاس مناسبی برای پره ها باشد. به گونه ای که منجر به متعادل شدن توزیع نور روز و شرایط بصری می شود. به علاوه، بررسی شاخص های ایزوویستی و کیفیت بصری سایه بان ها، نشان می دهد سایه بان های خارجی لوور شکل جنوبی، دید شعاعی گسترده تری و چشم انداز بصری بیشتری را در فضاهای داخلی ایجاد می کند. از این رو، این پژوهش می تواند برخی از موارد را از نظر سایه اندازی شناسایی کرده و شرایط بهینه آن ها را ارائه و راحتی بصری کاربران را عمیقاً تحت تأثیر قرار دهد. شبیه سازی و بررسی ها در اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان، برای ساختمان های آموزشی

فهرست منابع

• Al-Tamimi, N. A., & Fadzil, S. F. S. (2011). The potential of shading devices for temperature reduction in high-rise residential buildings in the tropics. *Procedia Engineering*, 21, 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2015>

• اسفندیاری، اکرم و شکری، الهام. (۱۴۰۱). ارزیابی نقش چیدمان فضایی بر شاخص های کیفیت بصری و نور روز در فضاهای داخلی واحدهای مسکونی در شهر اصفهان. *فصلنامه علمی کارفن*، ۱۹(۴)، ۷۷-۱۰۱ <https://doi.org/10.48301/kssa.2022.306315.1754>

- Alhuwayil, W. K., Mujeebu, M. A., & Algarny, A. M. (2019). Impact of external shading strategy on energy performance of multi-story hotel building in hot-humid climate. *Energy*, 169, 1166–1174. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.069>
- Bakirci, K. (2012). General models for optimum tilt angles of solar panels: Turkey case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6149–6159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.07.009>
- Benedikt, M. L., & Burnham, C. A. (1985). *Perceiving architectural space: from optic rays to isovists, Persistence and Change Eds WH Warren, RE Shaw*. Lawrence Erlbaum Associates, London.
- Benghanem, M. (2011). Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia. *Applied Energy*, 88(4), 1427–1433. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.001>
- Bhavani, R. G., & Khan, M. A. (2011). Advanced Lighting Simulation Tools for Daylighting Purpose: powerful features and related issues. *Trends in Applied Sciences Research*, 6(4), 345–363. <http://dx.doi.org/10.3923/tasr.2011.345.363>
- Brown, F. (2003). The visibility graph: an approach to the analysis of traditional domestic M'zabite spaces. *Space Syntax: 4th International Symposium*. University College London, (vol. II, 56) 17–19.
- Changlani, A. (2020). *FACA-DE-LIT: Facade optimisation for visual comfort by controlled daylight distribution in high rise office buildings (Unpublished Master thesis in Architecture)*. Delft University of Technology.
- Chi, D. A. (2022). Solar energy density as a benchmark to improve daylight availability and energy performance in buildings: A single metric for a single-objective optimization. *Solar Energy*, 234, 304–318. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.068>
- Christenson, M. (2010). Registering visual permeability in architecture: isovists and occlusion maps in AutoLISP. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(6), 1128–1136. <https://doi.org/10.1068/b36076>
- Dawes, M. J., Ostwald, M. J., & Lee, J. H. (2021). Examining control, centrality and flexibility in Palladio's villa plans using space syntax measurements. *Frontiers of Architectural Research*, 10(3), 467–482. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.02.002>
- De Luca, F., Sepúlveda, A., & Varjas, T. (2022). Multi-performance optimization of static shading devices for glare, daylight, view and energy consideration. *Building and Environment*, 217, 109110. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109110>
- Ding, Y., Xu, X., Wang, Z., Li, H., & Wang, W. (2014). The relation of infant attachment to attachment and cognitive and behavioural outcomes in early childhood. *Early Human Development*, 90(9), 459–464. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.06.004>
- Doulos, L., Tsangrassoulis, A., & Topalis, F. (2008). Quantifying energy savings in daylight responsive systems: The role of dimming electronic ballasts. *Energy and Buildings*, 40(1), 36–50. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.01.019>
- Dzebic, V. (2013). *Isovist analysis as a tool for capturing responses towards the Built Environment*. UWSpace. <http://hdl.handle.net/10012/7511>
- ElBatan, R. M., & Ismaeel, W. S. E. (2021). Applying a parametric design approach for optimizing daylighting and visual comfort in office buildings. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(3), 3275–3284. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.02.014>
- Eltaweel, A., Su, Y., Mandour, M. A., & Elrawy, O. O. (2021). A novel automated louver with parametrically-angled reflective slats; design evaluation for better practicality and daylighting uniformity. *Journal of Building Engineering*, 42, 102438. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102438>
- Franz, G., von der Heyde, M., & Bühlhoff, H. H. (2005). Predicting experiential qualities of architecture by its spatial properties. *18th International Association for People-Environment Studies (IAPS 2004)*, 157–166. <https://hdl.handle.net/11858/00-001M-0000-0013-D4C1-5>
- Freewan, A. A. Y. (2014). Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions. *Solar Energy*, 102, 14–30. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.01.009>
- Haberl, J. S., & Bou-Saada, T. E. (1998). Procedures for calibrating hourly simulation models to measured building energy and environmental data. *Journal of Solar Energy Engineering*, 120(3), 193–204. <https://doi.org/10.1115/1.2888069>
- Hien, W. N., Liping, W., Chandra, A. N., Pandey, A. R., & Xiaolin, W. (2005). Effects of double glazed facade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore. *Energy and Buildings*, 37(6), 563–572. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.08.004>
- Iommi, M. (2019). Daylighting performances and visual comfort in Le Corbusier's architecture. The daylighting analysis of seven unrealized residential buildings. *Energy and Buildings*, 184, 242–263. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.12.014>
- Khidmat, R. P., Fukuda, H., Paramita, B., & Koerniawan, M. D. (2022a). The optimization of louvers shading devices and room orientation under three different sky conditions. *Journal of Daylighting*, 9(2), 137–149. <https://dx.doi.org/10.15627/>

jd.2022.11

- Khidmat, R. P., Fukuda, H., Paramita, B., Qingsong, M., & Hariyadi, A. (2022b). Investigation into the daylight performance of expanded-metal shading through parametric design and multi-objective optimisation in Japan. *Journal of Building Engineering*, 51, 104241. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104241>
- Kiritmat, A., Koyunbaba, B. K., Chatzikonstantinou, I., & Sariyildiz, S. (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 23–49. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.020>
- Konis, K., & Lee, E. S. (2015). Measured daylighting potential of a static optical louver system under real sun and sky conditions. *Building and Environment*, 92, 347–359. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.024>
- Kurian, C. P., Aithal, R. S., Bhat, J., & George, V. I. (2008). Robust control and optimisation of energy consumption in daylight—artificial light integrated schemes. *Lighting Research & Technology*, 40(1), 7–24. <https://doi.org/10.1177/1477153507079511>
- Lakhdari, K., Sriti, L., & Painter, B. (2021). Parametric optimization of daylight, thermal and energy performance of middle school classrooms, case of hot and dry regions. *Building and Environment*, 204, 108173. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108173>
- Lee, J. H., & Ostwald, M. J. (2020). *Grammatical and Syntactical Approaches in Architecture: Emerging Research and Opportunities*. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-7998-1698-0>
- Loutzenhiser, P. G., Maxwell, G. M., & Manz, H. (2007). An empirical validation of the daylighting algorithms and associated interactions in building energy simulation programs using various shading devices and windows. *Energy*, 32(10), 1855–1870. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2007.02.005>
- Meilinger, T., Franz, G., & Bülthoff, H. H. (2012). From isovists via mental representations to behaviour: first steps toward closing the causal chain. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39(1), 48–62. <http://dx.doi.org/10.1068/b34048t>
- Nikpour, M., Kandar, M. Z., & Mosavi, E. (2013). Investigating daylight quality using self-shading strategy in energy commission building in Malaysia. *Indoor and Built Environment*, 22(5), 822–835. <http://dx.doi.org/10.1177/1420326X12458512>
- Ostwald, M. J., & Dawes, M. (2013). Prospect-refuge patterns in Frank Lloyd Wright's Prairie houses: Using isovist fields to examine the evidence. *The Journal of Space Syntax*, 4(1), 136–159. <http://hdl.handle.net/1959.13/1316624>
- Palarino, C., & Piderit, M. B. (2020). Optimisation of passive solar design strategies in side-lit offices: Maximising daylight penetration while reducing the risk of glare in different Chilean climate contexts. *Journal of Daylighting*, 7(1), 107–121. <http://dx.doi.org/10.15627/jd.2020.9>
- Poirazis, H., Blomsterberg, Å., & Wall, M. (2008). Energy simulations for glazed office buildings in Sweden. *Energy and Buildings*, 40(7), 1161–1170. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.10.011>
- Radhi, H., Eltrapolsi, A., & Sharples, S. (2009). Will energy regulations in the Gulf States make buildings more comfortable—a scoping study of residential buildings. *Applied Energy*, 86(12), 2531–2539. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.04.003>
- Rafati, N., Hazbei, M., & Eicker, U. (2023). Louver configuration comparison in three Canadian cities utilizing NSGA-II. *Building and Environment*, 229, 109939. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109939>
- Samiou, A. I., Doulos, L. T., & Zerefos, S. (2022). Daylighting and artificial lighting criteria that promote performance and optical comfort in preschool classrooms. *Energy and Buildings*, 258, 111819. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111819>
- Shaeri, J., Yaghoubi, M., & Habibi, A. (2022). Effects of External Louvers on Solar Heat Gain and Energy Consumption of an Office Building in Different Climates of Iran. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Mechanical Engineering*, 46(2). <http://dx.doi.org/10.1007/s40997-021-00449-x>
- Sreshthaputra, A., Haberl, J., & Andrews, M. J. (2004). Improving building design and operation of a Thai Buddhist temple. *Energy and Buildings*, 36(6), 481–494. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.12.010>
- Suziyana, M. D., Nina, S. N., Yusof, T. M., & Basirul, A. A. S. (2013). Analysis of heat gain in computer laboratory and excellent centre by using CLTD/CLF/SCL method. *Procedia Engineering*, 53, 655–664. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.085>
- Task, I. E. A. (2000). *Daylight in Buildings: a source book on daylighting systems and components*. (LBNL-47493, Eds.). Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Triantafyllidou, E. F., & Michael, A. G. (2020). The impact of installing a concave curved profile blind to a glass window for visual comfort in office buildings. *Procedia Manufacturing*, 44, 269–276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.231>
- Tsikra, P., & Andreou, E. (2017). Investigation of the energy saving potential in existing school buildings in Greece. The role of shading and daylight strategies in visual comfort and energy saving. *Procedia Environmental Sciences*, 38, 204–211. <http://>

dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.107

- Villalba, A. M., Alchapar, N. L., Correa, E. N., Pattini, A. E., & Santoni, L. (2018). Opto-thermal methods for evaluating building envelope materials and components: Situation in Argentina. *Revista HABITAT SUSTENTABLE*, 8(2), 64-79. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.05>
- Wang, Y., Yang, W., & Wang, Q. (2022). Multi-objective parametric optimization of the composite external shading for the classroom based on lighting, energy consumption, and visual comfort. *Energy and Buildings*, 275, 112441. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112441>

org/10.1016/j.enbuild.2022.112441

- Wiener, J. M., & Franz, G. (2004). Isovists as a means to predict spatial experience and behavior. *International Conference on Spatial Cognition*, 42-57. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32255-9_3
- Xiang, L., Papastefanou, G., & Ng, E. (2021). Isovist indicators as a means to relieve pedestrian psycho-physiological stress in Hong Kong. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(4), 964-978. <https://doi.org/10.1177/2399808320916768>



COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله:
اسفندیاری، اکرم؛ نشاط صفوی، سید حسین؛ توران پشته، فهیمه؛ مجیدی هتکه لویی، سحر؛ حقانی، مهسا و حسینی، سید بهشید. (۱۴۰۳). بهبود عملکرد سایه بان‌های خارجی با هدف توزیع نور روز داخلی و کیفیت بصری فضا در شهر اصفهان، ایران. *باغ نظر*، ۲۱(۳۳)، ۵-۲۰.



DOI:10.22034/BAGH.2024.418024.5458

URL:https://www.bagh-sj.com/article_196926.html?lang=en