دستیابی به آسایش بصری بهینه در ساختمان‌های اداری با استفاده از مدل‌سازی نور روز مبتنی بر اقلیم (نمونه موردی: شهر اصفهان)

علی کنگازیان[1]
کارشناسی‌ارشد رشته معماری و انرژی، دانشکده‌ی هنر و معماری، دانشگاه یزد
سید محمدمهدی میرممتاز
دانشجوی دکتری رشته‌ی معماری، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان

فصلنامه پژوهش‌های مکانی فضایی، سال ششم، شماره اول، پیاپی ۲۱، زمستان ۱۴۰۰، صص ۲۷ - ۳۸

چکیده
میزان سطح نور در فضاهای داخلی ساختمان‌های اداری از جمله تأثیرگذارترین عوامل بر بهره‌وری، رضایت شغلی و وضعیت سلامتی کارمندان ادارات است. دست‌یابی به سطوح بصری بهینه در ساختمان‌های اداری، به‌ویژه در عمق فضاهای داخلی این گروه ساختمانی، با کاهش تأثیرات نامطلوب مختلف ناشی از به‌کارگیری روشنایی مصنوعی، به‌زیستی کارمندان را متضمن شده و می‌تواند به‌صورتی مؤثر بر وجوه مختلفی از ساختمان تأثیر گذارد. از جمله رایج‌ترین ابزارهای ارزان و کارا به‌منظور حداکثرسازی حصول‌پذیری نور روز در فضاهای داخلی ساختمان‌های اداری، شیشه‌ها و سیستم‌های سایه‌انداز هستند. از سوی دیگر جهت‌گیری ساختمان به‌عنوانی عاملی بنیادین به‌منظور دریافت مستقیم نور روز تأثیرگذار بوده و می‌بایست تأثیر این عامل مد نظر قرار گیرد. پژوهش حاضر با به‌خدمت‌گیری مدل‌سازی نور روز مبتنی‌بر اقلیم در پی آن است تا با بررسی شیشه‌ها و سیستم‌های مختلف سایه‌اندازی، تسهیل در امر حداکثرسازی دستیابی نور روز در فضاهای داخلی ساختمان‌های اداری، در چهار جهت‌گیری اصلی را بررسی نماید. بدین‌منظور شهر اصفهان با اقلیمی که امکان استفاده و بهره‌مندی حداکثری از نور مستقیم روز را دارد، انتخاب شده‌است. نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده‌ی اهمیت استفاده از لوور بازتابی (با پیکربندی‌های مختلف مطابق با جهت‌گیری مورد بررسی) است. با این‌حال، یافته‌ها تفاوت چندانی میان استفاده از شیشه‌ی دو جداره‌ی شفاف و سه‌جداره‌ی شفاف به‌منظور حداکثرسازی حصول‌پذیری نور روز در فضاهای داخلی ساختمان‌های اداری را بازگو نمی‌کنند.

واژگان کلیدی: سیستم سایه‌انداز، ساختمان اداری، نور روز، آسایش بصری، اصفهان

---

۱. نویسنده مسئول: alikangazian@gmail.com

مقدمه و بیان مسئله

نـــور روز، نقشـــی مهـــم در طراحی‌هـــای معمارانه بازی می‌کند. بـــرای نمونه معمـــاران اغلب به‌لحاظ زیبایی‌شناختی از نور و سایه‌ی ایجادشده به‌واسطه‌ی آن بهره‌گرفتـــه و بـــرای فضا فرم یـــا محیطی خاص می‌آفرینند (D. A. Chi, Moreno, & Navarro, 2018; Yu, Wennersten, & Leng, 2020). نور روز همچنین می‌تواند، نیازهای روشـــنایی داخلی را تأمین کرده و مصرف انرژی ناشی از نورپردازی مصنوعی را کاهش دهـــد. بدین‌ترتیب نقش معمـــار در تعیین چگونگی یکپارچه‌سازی نور روز با فضا بسیار پررنگ می‌نماید (عرب انواری و فیـــاض، ۱۳۹۶) (Fathy, Mansour, Sabry, Refat, & Wagdy, 2020; Yu et al. 2020). بهره‌گیری از نـــور روز در فضاهای داخلی به معنای استفاده‌ی کنترل‌شده از نور طبیعی در داخل ساختمان به‌جهت دستیابی به آسایش بصری، حرارتی و روانی است. بهره‌گیری از نور روز، عنصری مهم در زندگی انســـان و از راهبردهای مهـــم در معماری مدرن بوده و پژوهشـــگران و نهادهای تحقیقاتی بسیاری اهداف این امر را افزایش عملکرد کاربران، افزایش تعاملات اجتماعی، کاهش مصرف انرژی ساختمان و افزایش آســـایش حرارتی و بصری بیان کرده‌اند (اخلاصی و همـــکاران، ۱۳۹۸) (Ayoub, 2019; Wong, 2017). علاوه بر این بهره‌گیری مؤثـــر از نور طبیعی روز در ساختمان‌ها، به‌وســـیله‌ی فراهم‌ســـازی و کنترل آن در راستای دســـتیابی به سطح کفایت‌دهنده‌ای از نور روز، نه‌تنها باعث بهرهوری در مصرف انرژی شـــده بلکه در بهبود شـــرایط بهره‌وری و آســـایش بصری ساکنین نیز مفید اســـت (Ahmad & Reffat, 2018; F. a. Chi, Wang, Wang, Li, & Peng, 2020). بدین‌ترتیـــب هویدا می‌گردد بهره‌گیـــری از نور روز به‌عنوان عنصری اساســـی در پایداری ساختمان تلقی شده و هم‌زمان از منظر زیست‌محیطی و اجتماعی در شرایط پایداری کلی ساختمان سهیم بوده و این دلیلی است بر آن‌که اکثر سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان از جمله گواهی‌نامه‌ی LEED و اســـتاندارد ساختمانی WELL، برای ســـاختمان‌هایی که دسترســـی خوبی به نـــور روز دارند امتیاز بیش‌تری تخصیص می‌دهند (Turan, Chegut, Fink, & Reinhart, 2020). بـــا وجود مزایای متعدد اســـتفاده از نور روز در فضاهای داخلی نورپردازی مصنوعی، بخش عظیمی از مصارف الکتریسیته در ساختمان‌ها را به‌خود اختصاص داده که با توجه به حضور غالب انسان در فضاهای داخلی این آمار در سال‌های آتی روندی رو به رشد خواهد داشت. بدین‌ترتیب عدم توجه به مزایای پیدا و نهان استفاده از نور روز، به‌ویژه در ساختمان‌های اداری، می‌تواند منجر به معضلات فراوانی از جمله، افزایش مصرف انرژی و افزایش نرخ انتشار کربن شود (Le-Thanh, Le-Duc, Ngo-Minh, Nguyen, & Nguyen-Xuan, 2021; Pellegrino, Cammarano, Lo Verso, & Corrado, 2017; Samadi, Noorzai, Beltrán, & Abbasi, 2020; Wong, 2017) (وزارت نیرو، ۱۳۹۶). از جمله روش‌های کارآمد به‌منظور مقابله با چنین معضلاتی، بهره‌جویی مؤثر از نور روز در فضاهای داخلی است. اســـتفاده از چنین روشـــی، به‌ویژه در اقلیم‌هایی نظیر اقلیم گرم و خشک که از میزان تابش سالیانه‌ی آفتاب فراوانی بهره‌مند هستند اهمیت بیش‌تری دارد.

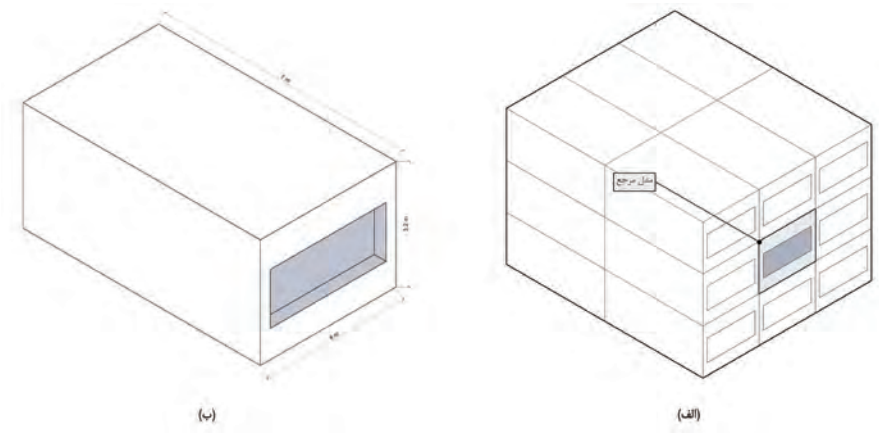
روش پژوهش

رویـــه‌ی کلی پژوهش در برخورد با مســـئله‌ی مورد بررسی، متشکل از سه بخش است؛ الف) ایجاد مدلی پارامتریـــک؛ بدین منظور از افزونـــه‌ی گرس‌هاپر[1] از

1. Grasshopper

نرم‌افزار راینو تری. دی[1] استفاده شده‌است. گرس‌هاپر پرکاربردترین و مهم‌ترین نرم‌افزار در حوزه‌ی مدل‌سازی پارامتریک بوده که به‌عنوان یک ویرایشگر الگوریتمی گرافیکی قادر به کنترل هم‌زمان چندین پارامتر بوده که تحت تعریف خاصی به فرمولی واحد که توسط کاربر تعریف شده متصل شده‌اند؛ ب) انتقال اطلاعات مدل پارامتریک به فضای مدل‌سازی نور روز مبتنی‌بر اقلیم[2] و آماده‌سازی پروسه‌ی شبیه‌سازی به‌وسیله اضافه‌کردن مشخصات هندسی و ساختاری سایه‌اندازها و شیشه‌های مورد بررسی به‌همراه برنامه‌ی زمانی و جزییات ساختاری مدل مرجع توسط افزونه‌ی لیدی باگ[3]. این افزونه امکان مطالعات دقیق محیطی در رابطه با ساختمان را از طریق فراهم‌سازی تمامی داده‌ی آب‌وهوایی منطقه‌ی جغرافیایی مورد نظر، نوع آسمان، نور روز، تابش خورشید، سرعت باد، رطوبت و مصرف انرژی گرمایش و سرمایش فراهم می‌سازد. چنین اطلاعاتی را می‌توان به‌صورت پارامتریک به داده‌های پروژه متصل کرده تا تأثیر آب‌وهوا و موقعیت بر پروژه‌ی مورد بررسی درک شود. این ابزار به‌وسیله فراهم‌سازی یک محیط گرافیکی ساده به کاربران این اجازه را می‌دهد تا از موتورهای نرم‌افزارهای معتبر و شناخته‌شده‌ی انرژی و نور روز نظیر انرژی‌پلاس[4]، ریدینس[5] و دی‌سیم[6] استفاده کرده و بر این اساس طراح کل مدل را به‌وسیله‌ی فرمول ایجاد شده در گرس‌هاپر به‌راحتی دچار تغییرات نموده تا با شرایط آب‌وهوایی اقلیم انتخاب‌شده سازگار شده و بدین طریق فرآیند طراحی و تحلیل آن، به فرآیندی ساده‌تر تبدیل شود؛ و ج) شبیه‌سازی سالیانه‌ی نور روز. شبیه‌سازی‌های حاصل از مدل‌سازی روشنایی مبتنی بر اقلیم معمولاً همراه با نتایج زیادی است که لازم است بدون کاسته‌شدن از مقادیر حقیقی‌شان تبدیل به شاخص‌هایی محسوس شوند. بدین منظور شاخص‌های بسیاری برای ارزیابی عملکرد نور روز در محیط داخلی، با در نظرگیری معیارهای مختلف مکانی و زمانی ایجاد شده‌اند. از جمله پرکاربردترین این شاخص‌ها، شاخص روشنایی مفید نور روز (UDI) است که توسط «نبیل» و ماردالیویچ در سال ۲۰۰۶، به‌جهت تعیین سودمندی شرایط روشنایی حاصل از نور روز به‌گونه‌ای که نه فضا فاقد نور کافی باشد و نه بیش‌از حد آکنده از آن، معرفی شد. UDI نخستین شاخصی است که ایده‌ی آستانه‌های حدّی را معرفی کرده است. روشنایی مفید نور روز درصدی از ساعات اشغال فضا در طول سال است که روشنایی مفید (در میان دو حد بالا و پایین)، ناکافی (کم‌تر از حد پایین) یا بیش‌از حد (بیش‌تر از حد بالا) است (Ayoub, 2019). آستانه‌ی حدی روشنایی مفید در ابتدا توسط نبیل و ماردالیویچ ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس تعیین شده بود اما بعد از آن توسط ماردالیویچ و همکاران دچار تغییراتی شد؛ برای نمونه این مقدار در سال ۲۰۱۱ توسط ماردالیویچ و همکاران به ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس افزایش یافت (Yu et al. 2020) یا بار دیگر در سال ۲۰۱۲ با تعریف دو زیرشاخه از این شاخص خودسامانی روشنایی مفید نور روز (UDI-a) و ازدیاد روشنایی مفید نور روز (UDI-e) این مقدار به ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس تغییر نمود. خودسامانی روشنایی مفید نور روز (UDI-a) به‌معنای روشنایی نور روز، در محدوده‌ی بین ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس بوده که به‌طور معمول برای کاربر دل‌پذیر یا دست‌کم قابل تحمل است و ازدیاد روشنایی مفید نور

1. Rhinoceros 3D
2. CBDM
3. Ladybug
4. EnergyPlus
5. Radiance
6. DAYSIM



شکل شماره (۱): الف: موقعیت مدل مرجع در ساختمان، ب: ابعاد مدل مرجع

روز (UDI-e) به‌معنای آن است که روشنایی حاصل از نور روز در محدوده‌ای بالاتر از ۳۰۰۰ لوکس بوده که به احتمال زیاد موجب ایجاد عدم آسایش حرارتی یا بصری یا هـــر دو در کاربر می‌گردد (D. A. Chi et al. 2018).

مدل مرجع

فرض بر آن اســـت که اتاق اداری مرجع، در شـــهر اصفهان در یکی از طبقات میانی ساختمانی چندطبقه واقع‌شده و پیرامون آن عاری از هرگونه موانع طبیعی یا انسان‌ساخت است. مقادیر عددی مربوط به عرض، عمق و ارتفـــاع مدل مورد اســـتفاده در این پژوهش به‌ترتیب برابر با ٤ متر، ۷ متر و ۳,۲ متر تعیین شده‌است. با توجه به آن‌که پژوهش‌های پیشین نسبت مساحت پنجره به دیوار ۳۵ تا ٤۵ درصد را برای چنین کاربری ساختمانی پیشـــنهاد کرده‌اند(Valladares-Rendón, Schmid, & Lo, 2017; Yu et al. 2020)، در پژوهش حاضر نسبت مساحت پنجره به دیوار به‌صورت ثابت برابر با ٤۰ درصد در نظر گرفته‌شـــده است. هم‌چنین فاصله‌ی کف پنجره از کف اتاق مرجع برابر با ۰,۸ متر تعین شده است.

مصالح

با توجه به آن‌که پژوهش حاضر تنها بر بررسی خیرگی تمرکز دارد، توجه به نوع مصالح به‌لحاظ ویژگی‌های حرارتی فاقد اهمیت اســـت اما از نظر بررســـی‌های مربوط به نور اما تمامی جداره‌ها، سقف و کف نیازمند بررسی بوده و لازم است درصد انعکاس این سطوح مختلف را مشـــخص نمود. مراجع و اســـتانداردهای مختلفـــی برای ســـطوح مذکـــور، درصـــد انعکاس مختلفی را ذکر کرده‌اند؛ به‌هـــرروی در این پژوهش ارقام پیشنهادی استاندارد IES-LM-83-12 جامعه‌ی مهندسین روشنایی وام‌گرفته‌شده است.

برنامه زمانی، بارها و نحوه استفاده از فضا

مطابق پیشنهاد استاندارد IES-LM-83-12، محاسبات مربوط به شبیه‌ســـازی روشنایی و انرژی با فرض آن صورت می‌پذیرد که برنامه‌ی زمانی اشغال فضا در یک دوره‌ی یک‌ســـاله، از روز شنبه تا چهارشنبه، در طول ســـاعات ۸ صبح الی ٦ بعدازظهر در نظرگرفته شود. هم‌چنین بر اساس روش کار پیشنهادی پژوهش‌های مشابه، تراکم فضایی برابر با ۰,۱ فرد در هر مترمربع در نظرگرفته‌شده است.

جدول شماره (۱): چارچوب شبیه‌سازی و مشخصات کلی مدل مرجع

جهت‌گیری	چهار جهت‌گیری اصلی (جنوبی، غربی، شمالی، شرقی)		
ابعاد	عرض	٤ متر	
	عمق	۷ متر	
	ارتفاع	۳,۲ متر	
داده‌های اقلیمی	IRN_ES_Badr.Esfahan.AFB.408000_ITMY		
بازتابندگی سطوح	کف	٪۲۰	
	سقف	٪۷۰	
	دیوار داخلی	٪۵۰	
نسبت پنجره به دیوار	٪٤۰		
فاصله کف پنجره از کف اتاق	۰,۸ متر		
طبقه	میانی		
برنامه‌ی زمانی اشغال فضا	دوره‌ی یک ساله	شنبه تا چهارشنبه	ساعت ۸ صبح الی ٦ بعدازظهر
چگالی کاربران	۰,۱ نفر در هر مترمربع		
دوره‌ی بررسی	دوره‌ی یک ساله		
ابعاد شبکه‌بندی	۰,۵ متر در ۰,۵ متر		

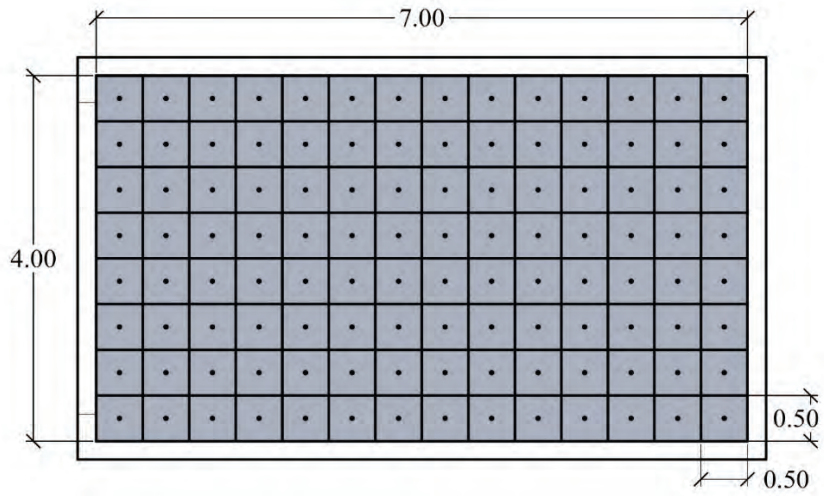
داده‌های اقلیمی

با توجه به آن‌که این پژوهش از روش مدل‌سازی مبتنی‌بر داده‌های اقلیمی استفاده می‌کند، استفاده از چنین داده‌ای امری الزامی است. در این پژوهش از داده‌های اقلیمی پایگاه هوایی بدر اصفهان، از نوع «نمونه سال هواشناختی ایران[1]» یا به‌اختصار ITMY که توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ایران توسعه‌یافته، استفاده‌شده است. خلاصه‌ای از چارچوب شبیه‌سازی و مشخصات کلی مدل مرجع پایه مورد بررسی در این پژوهش در جدول آورده شده‌است.

تنظیمات شبیه‌سازی

شبیه‌سازی روشنایی مفید نور روز (UDI) در یک بازه‌ی زمانی یک‌ساله از ساعت ۸ صبح الی ٦ بعدازظهر و مجموعاً ۳٦۵۰ ساعت تعریف شده‌است. آستانه‌های حدی درنظرگرفته‌شده برای UDI در این پژوهش وام‌گرفته شده از پژوهش ماردالیویچ (Mardaljevic, 2015 ؛ میری و کمپانی سعید، ۱۳۹۳). است که چهار آستانه‌ی حدی برای UDI شامل عدم‌دستیابی به روشنایی مفید نور روز یا UDI < 100 lux، روشنایی مفید نور روز تکمیلی یا 100 lux < UDI < 300 lux، روشنایی مفید نور روز خودسامان یا 300 lux < UDI < 3000 lux و روشنایی مفید نور روز مزید یا 3000 lux < UDI را در نظر می‌گیرد. با توجه به محدودیت‌های افزونه‌ی Honeybee که تنها امکان تعریف سه آستانه‌ی حدی UDI را فراهم می‌سازد

1. Iran Typical Meteorological Year (ITMY)



شکل شماره (۲): شبکه‌بندی شبیه‌سازی نور روز

و نیـــز با توجه به تعریف مســـئله در این پژوهش که تنها به بررسی نتایج حاصل از دسته‌ی «روشنایی مفید نور روز خودسامان» می‌پردازد، می‌توان طبقه‌بندی‌های «عدم دستیابی به روشنایی مفید نور روز» و «روشنایی مفید نور روز تکمیلی» را ادغام نمود. ضروری است شبیه‌ســـازی نور روز بر صفحه‌ای شـــبکه بندی شده اجرا شـــود. مطابق با روش‌کار ارائه‌شده در استاندارد IES-LM-83-12، ابعاد شـــبکه‌بندی مربعی می‌تواند در بازه‌ی ۳۰,۴۸ ســـانتی‌متر الی ۶۰,۹۶ سانتی‌متری و در ارتفاع سطح‌کار (۷۶,۲ سانتی‌متر) قرار داشته باشد (Illuminating Engineering, 2014). بدین‌ترتیـــب ابعاد شـــبکه‌بندی مربعی درنظرگرفته‌شـــده برای این پژوهش ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع سطح‌کار ۸۰ سانتی‌متر تعیین شده‌است.

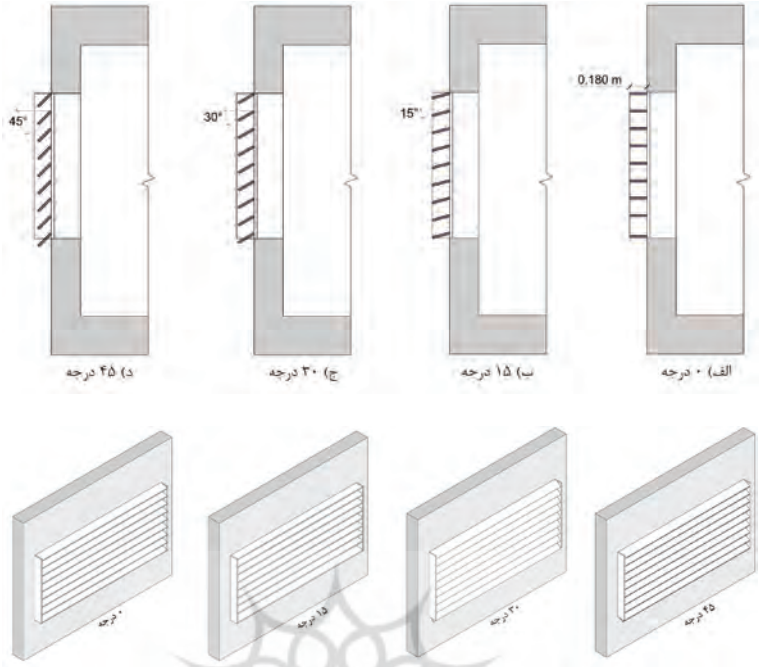
جدول شماره (۲): آستانه‌های حدی درنظرگرفته شده برای UDI در پژوهش حاضر

تجمیع روشنایی مفید نور روز تکمیلی با عدم دسترسی به آن (UDI-n) $UDI < 300\ lux$
روشنایی مفید نور روز خودسامان (UDI-a) $300\ lux < UDI < 3000\ lux$
روشنایی مفید نور روز مزید (UDI-e) $3000\ lux < UDI$

گزینه‌های مورد بررسی طراحی

در این پژوهش دو مؤلفـــه به‌عنوان متغیرهای اصلی طراحـــی یا به‌عبارت دیگر گزینه‌های مورد بررســـی طراحی در نظرگرفته‌شـــده‌اند؛ سیستم‌های سایه‌انداز و شیشـــه. شایان ذکر است به‌دلیل آن‌که نتایج حاصل از ترکیب سیســـتم‌های مختلف سایه‌انداز و شیشه در هر جهت‌گیری تنها با خود قابل قیاس اســـت، متغیر جهت‌گیری به‌عنوان یک متغیر فرعی طراحی به‌شمار رفته‌است.

از جمله معیارهای اصلی در تعیین گزینه‌های طراحی مورد بررســـی شامل انواع سیســـتم‌های سایه‌انداز و شیشه، لزوم امکان ساخت یا دسترسی آسان و هزینه‌ی مناســـب بوده است. بدین‌ترتیب علاوه بر حالت پایه (بدون ســـایه‌انداز)، دو ســـایه‌انداز کرکره‌ای افقی و عمودی بازتابی و غیربازتابی و شیشه‌های دوجداره و



شکل شماره (۳): برش از مقطع و ترسیم ایزومتریک سایه‌انداز کرکره‌ای افقی

سه‌جداره برای پروسه‌ی شبیه‌سازی انتخاب شده‌اند.

سیستم‌های سایه‌انداز

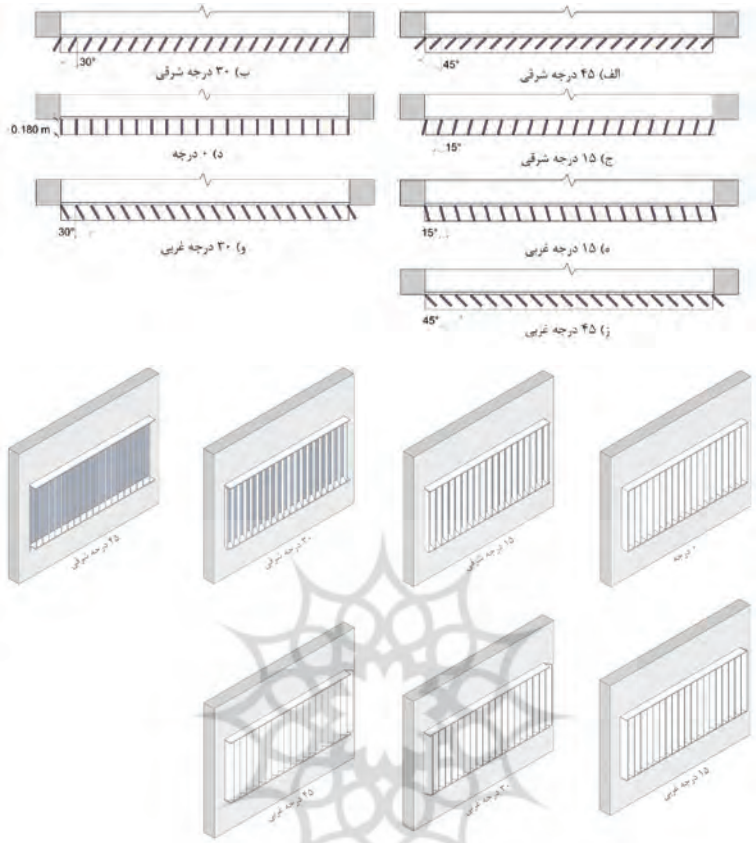
انتخاب مشخصه‌های هندسی سایه‌اندازهای کرکره‌ای با بررسی کاتالوگ‌های فنی-معمارانه‌ی شرکت‌های تولیدکننده لوور از جمله واریما، لوورتک و هانترداگلاس انتخاب شده است. بررسی لوورها به لحاظ زاویه‌ی قرارگیری در حالت ثابت در بازه‌ی ۰ تا ٤٥ درجه با گام‌های ۱۵درجه‌ای صورت پذیرفته‌است. مشخصه‌های هندسی و ساختاری تمامی سایه‌اندازهای مورد بررسی به‌جز میزان بازتابش مرئی متفاوت سایه‌انداز غیربازتابی و سایه‌انداز بازتابی یکسان درنظرگرفته شده‌است.

شیشه‌ها

چنانچه پیش‌تر گفته شد، نسبت پنجره به دیوار از عوامل اساسی در میزان دریافت نور فضاهای داخلی است. بدین‌ترتیب مطابق با فرضیات مسئله و به‌عنوان عاملی اساسی و تأثیرگذار در محاسبات مذکور، مساحت پنجره ٤٠٪ مساحت دیوار دارای پنجره یا به‌عبارتی برابر با ۵,۱۲ متر مربع درنظرگرفته‌شده است. مشخصات ساختاری شیشه‌های مورد بحث در پژوهش پیش‌رو، در جدول آمده‌است.

جدول شکل شماره (۳): مشخصات شیشه‌های مورد بررسی

شیشه‌ی دو جداره‌ی شکاف هوا - (DCL)	U-Factor ($W/m^2 \cdot K$)	۳,۰۰٦
	SHGC	۰,٦۹۱
	T_{vis}	۰,۷۰۲
شیشه‌ی سه جداره‌ی شکاف هوا - (TCL)	U-Factor ($W/m^2 \cdot K$)	۲,۱۸۱
	SHGC	۰,٦۱٤
	T_{vis}	۰,٦۳۵



شکل شماره (۴): برش از مقطع و ترسیم ایزومتریک سایه‌انداز کرکره‌ای عمودی

یافته‌ها و گفتمان

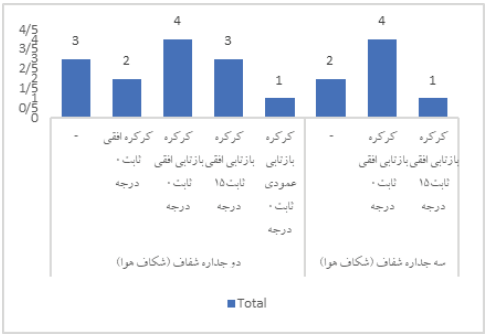
در این پژوهش، ۳٤ گزینه‌ی طراحی منحصر به فرد، در چهـــار جهت‌گیری مختلف، از نظر میزان دریافت روشنایی مفید نور روز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پنج گزینـــه‌ی برتر طراحی در هر جهت‌گیری در **Error! Reference source not found.** آورده شده‌است.

چنان‌چه از مداقـــه در **Error! Reference source not found.** بـــر می‌آید، کرکـــره بازتابی افقی ثابت صفر درجه با ۸ بار تکرار، عدم اســـتفاده از سایه‌انداز بـــا ۵ بار تکرار، کرکره بازتابـــی افقی ثابت ۱۵ درجه با ٤ بـــار تکرار، کرکره افقی ثابت صفر درجه با ۲ بار تکرار و نهایتاً کرکره بازتابی عمودی ثابت ۰ درجه با ۱ بار تکرار بیش‌ترین استفاده را در جهت‌گیری‌های مختلف داشته‌اند. از ســـوی دیگر در میان گزینه‌های برتر جهت‌گیری‌های مختلف، شیشه‌های دو جداره و سه‌جداره به‌ترتیب ۱۳ بار و ۷ بار تکرار شده‌اند.

شکل شماره (۵): گزینه‌های برتر در جهت‌گیری‌های مورد بررسی

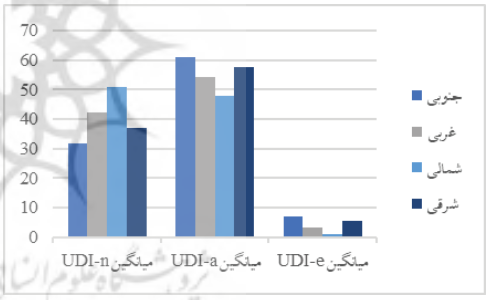
سایه‌انداز	شیشه	ج.	(UDI-n)	(UDI-a)	(UDI-e)	ر.ج.	ر.ت.ج.
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	جنوبی	۹.۵۰۴۹۱۱	۷۸.۸۹۳۳۰۴	۱۱.۶۰۱۷۸۶	۱	۱
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	جنوبی	۱۳.۴۰۹۰۱۸	۷۷.۵۹۸۹۲۹	۸.۹۹۱۹۶۴	۲	۲
کرکره بازتابی افقی ثابت ۱۵ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	جنوبی	۱۶.۸۷۵۸۹۳	۷۷.۴۵۲۱۴۳	۵.۶۷۱۸۷۵	۳	۳
کرکره افقی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	جنوبی	۱۸.۸۸۴۵۵۴	۷۷.۴۵۰۷۱۴	۳.۶۶۴۷۳۲	۴	۴
کرکره بازتابی افقی ثابت ۱۵ درجه	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	جنوبی	۲۱.۲۱۹۷۳۲	۷۴.۸۲۰۸۹۳	۳.۹۵۹۲۸۶	۵	۷
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	غربی	۱۸.۴۰۵۸۹۳	۷۶.۱۹۰۸۹۳	۵.۴۰۳۰۳۶	۱	۵
-	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	غربی	۹.۷۱۶۶۹۶	۷۲.۸۷۷۱۴۳	۱۷.۴۰۶۲۵	۲	۱۳
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	غربی	۲۳.۴۷۷۴۱۱	۷۲.۴۶۴۳۷۵	۴.۰۵۸۱۲۵	۳	۱۴
-	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	غربی	۱۳.۱۱۳۵۷۱	۷۱.۴۰۶۶۰۷	۱۵.۴۷۹۸۲۱	۴	۱۷
کرکره بازتابی افقی ثابت ۱۵ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	غربی	۲۶.۰۵۶۱۶۱	۷۱.۴۰۵۷۱۴	۲.۵۳۷۵۸۹	۵	۱۸
-	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شمالی	۱۶.۴۰۵۸۹۳	۷۱.۹۹۶۹۶۴	۱۱.۵۹۷۱۴۳	۱	۱۵
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شمالی	۳۰.۷۵۱۴۲۹	۶۹.۲۴۰۹۸۲	۰.۰۰۷۵۸۹	۲	۳۱
-	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	شمالی	۲۲.۳۸۶۶۹۶	۶۸.۰۹۰۹۸۲	۹.۵۲۲۳۲۱	۳	۳۳
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	شمالی	۳۶.۵۰۵۱۷۹	۶۳.۴۹۴۸۲۱	۰	۴	۴۸
کرکره بازتابی عمودی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شمالی	۳۵.۰۷۵۸۰۴	۶۲.۲۸۹۹۱۱	۲.۶۳۴۲۸۶	۵	۵۲
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شرقی	۱۴.۷۹۵۷۱۴	۷۵.۸۵۸۷۵	۹.۳۴۵۱۷۹	۱	۶
کرکره بازتابی افقی ثابت ۱۵ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شرقی	۲۱.۰۸۰۸۹۳	۷۳.۶۳۹۰۱۸	۵.۲۷۹۷۳۲	۲	۹
کرکره بازتابی افقی ثابت ۰ درجه	سه جداره شفاف (شکاف هوا)	شرقی	۱۸.۶۳۵۱۷۹	۷۳.۶۱۲۷۶۸	۷.۷۵۲۰۵۴	۳	۱۰
کرکره افقی ثابت ۰ درجه	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شرقی	۲۲.۴۱۳۱۲۵	۷۳.۵۷۳۳۹۳	۴.۰۱۴۱۰۷	۴	۱۱
-	دو جداره شفاف (شکاف هوا)	شرقی	۷.۹۹۰۷۱۴	۷۱.۱۰۳۹۲۹	۲۰.۹۰۴۹۱۱	۵	۱۹

ج: جهت‌گیری؛ ر.ج.: رتبه در جهت‌گیری؛ ر.ت.ج.: رتبه در میان تمامی جهت‌گیری‌ها



شکل شماره (۵): پرتکرارترین ترکیب‌ها در جهت‌گیری‌های مختلف

از سوی دیگر چنان‌چه در **Error! Reference source not found.** مشاهده می‌شود، مدل پایه که ترکیبی از شیشه‌ی دو جداره و عدم وجود سایه‌انداز است، به‌جز در جهت‌گیری جنوبی، در سایر جهت‌گیری‌ها یکی از گزینه‌های برتر است.



شکل شماره (۶): میانگین آستانه‌های حدی شبیه‌سازی روشنایی مفید نور روز در جهت‌گیری‌های مختلف

Error! Reference source not found. میانگین به‌دست‌آمده از آستانه‌های حدی شاخص UDI برای گزینه‌های مختلف طراحی در جهت‌گیری‌ها مورد بررسی را به تصویر کشیده‌است. مطابق این نگاره استفاده از ترکیب‌های مختلف از سیستم‌های سایه‌انداز و شیشه در جهت‌گیری‌های جنوبی و شرقی، بیش‌ترین میزان از روشنایی مفید نور روز خودسامان در طول سال را به‌همراه دارد. از سوی دیگر، با استناد به UDI-e معین می‌گردد دو جهت‌گیری مذکور با احتمال بروز خیرگی بیش‌تر و جهت‌گیری شمالی با کم‌ترین احتمال بروز خیرگی نسبت به جهت‌گیری‌های دیگر در بازه‌ای یک‌ساله مواجه‌اند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به‌کاوش پیرامون نحوه‌ی دستیابی به سطوح بصری بهینه در ساختمان‌های اداری در اقلیم گرم‌وخشک و به‌طور خاص شهر اصفهان پرداخته‌است. بدین‌منظور ترکیب‌های مختلفی از ترکیب سایه‌اندازهای کرکره‌ای با پیکربندی‌های متفاوت و یک‌حالت عدم استفاده از سایه‌انداز با ۲ گونه شیشه‌ی مختلف شامل شیشه‌ی دوجداره و سه‌جداره‌ی شفاف در جهت‌گیری‌های جنوبی، غربی، شمالی و شرقی مورد پژوهش قرارگرفته و در هر جهت‌گیری ۳٤ سیستم کنترل‌کننده‌ی نور روز منحصر به‌فرد مورد بررسی قرار گرفته‌است. آن‌چه از اندیشه پیرامون یافته‌های به‌دست‌آمده حاصل می‌گردد آن است که:

- در میان انواع سیستم‌های سایه‌اندازی مورد بررسی، کرکره‌ی بازتابی و به‌طور خاص کرکره‌ی بازتابی افقی در پیکربندی‌های مختلف، عملکردی آشکارا برتر در بهره‌گیری حداکثری نور روز مفید خودسامان (UDI-a) در فضاهای داخلی دارد.
- یافته‌های به‌دست‌آمده نشان‌گر عملکرد نسبتاً مشابه شیشه‌های دو جداره‌ی و سه‌جداره‌ی شفاف به‌منظور بهره‌گیری حداکثری از نور روز مفید خودسامان است.
- کارآمدترین سیستم کنترل‌کننده‌ی نور روز به‌لحاظ بهره‌گیری حداکثری از نور روز مفید خودسامان، ترکیب پیکربندی‌های مختلف سایه‌انداز کرکره‌ای

بازتابی افقی و شیشه‌های دوجداره‌ی و سه‌جداره‌ی شفاف است.

- سنجش شاخص UDI-e در جهت‌گیری‌های مختلف بازگوکننده‌ی احتمال بروز خیرگی ناشی از حضور نور روز در فضاهای داخلی جبهه‌های جنوبی و شرقی است.

پژوهش حاضر توانسته با بررسی گزینه‌های مختلف طراحی، مؤثرترین سیستم‌های کنترل‌کننده‌ی نور روز برای جهت‌گیری‌های مختلفی از ساختمان‌های اداری شهر اصفهان به‌عنوان نماینده‌ای از شهرهای اقلیم گرم‌وخشک را به‌منظور بهره‌گیری حداکثری از نور روز مفید در فضاهای داخلی معرفی نماید. با این‌وجود ضروری می‌نماید در پژوهش‌های آتی، پژوهشگران با درنظرگیری سایر معیارهای معمارانه و بررسی انواع نیازهای کاربر به‌هنگام حضور در فضاهای داخلی، پژوهشی گسترده‌تر و چندبعدی در این زمینه صورت دهند. هم‌چنین لازم است تا با استفاده از شاخص‌های سنجش خیرگی، بررسی ژرف‌تری پیرامون احتمال وقوع خیرگی ناشی از نور روز در جهت‌گیری‌های مختلف صورت پذیرد.

فهرست منابع

– اخلاصی ا، مفیدی شمیرانی م، عنبری روزبهانی ن.۱۳۹۳. رویکرد طراحی الگوریتمیک و راهکارهای معماری بومی ایران در بهره‌گیری و کنترل نور روز: چگونگی بهره‌گیری از راهکارهای معماری گذشته در راستای طراحی نماهای شفاف معاصر. آرمانشهر، ۷: ۲۵–۳۵.

– عرب انواری ا، فیاض ر. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی پارامتریک کارایی ساختمان در مراحل اولیه طراحی: ساختمان مسکونی میان‌مرتبه در اقلیم گرم و خشک. نامه معماری و شهرسازی، ۲۳: ۵–۲۸.

– میری م، کمپانی سعید م. ۱۳۹۳. طراحی فرآیندی جهت نیل به روشنایی طبیعی مناسب برای یک فضای کاری اداری در شهر تهران از طریق محاسبه ابعاد بهینه‌ی پنجره، سایبان و عمق مفید اتاق. آرمانشهر، ۱۴: ۷۳–۸۹.

– وزارت نیرو، ۱۳۹۶. معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ترازنامه انرژی.

– Ahmad, R. M. & Reffat, R. M. (2018). A comparative study of various daylighting systems in office buildings for improving energy efficiency in Egypt. Journal of Building Engineering, 18, 360-376. doi:10.1016/j.jobe.2018.04.002

– Ayoub, M. (2019). 100 Years of daylighting: A chronological review of daylight prediction and calculation methods. Solar Energy, 194, 360-390. doi:10.1016/j.solener.2019.10.072

– Chi, D. A. Moreno, D. & Navarro, J. (2018). Correlating daylight availability metric with lighting, heating and cooling energy consumptions. Building and Environment, 132, 170-180. doi:10.1016/j.buildenv.2018.01.048

– Chi, F. a. Wang, Y. Wang, R. Li, G. & Peng, C. (2020). An investigation of optimal window-to-wall ratio based on changes in building orientations for traditional dwellings. Solar Energy, 195, 64-81. doi:10.1016/j.solener.2019.11.033

– Fathy, F. Mansour, Y. Sabry, H. Refat, M. & Wagdy, A. (2020). Conceptual framework for daylighting and facade design in museums

foar.2019.10.004
– Turan, I. Chegut, A. Fink, D. & Reinhart, C. (2020). The value of daylight in office spaces. Building and Environment, 168. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106503
– Valladares-Rendón, L. G. Schmid, G. & Lo, S.L. (2017). Review on energy savings by solar control techniques and optimal building orientation for the strategic placement of façade shading systems. Energy and Buildings, 140, 458-479. doi:10.1016/j.enbuild.2016.12.073
– Wong, I. L. (2017). A review of daylighting design and implementation in buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74, 959-968. doi:10.1016/j.rser.2017.03.061
– Yu, F. Wennersten, R. & Leng, J. (2020). A state-of-art review on concepts, criteria, methods and factors for reaching 'thermal-daylighting balance'. Building and Environment, 186, 107330. doi:https//:doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107330
and exhibition spaces. Solar Energy, 204, 673-682. doi:10.1016/j.solener.2020.05.014
– Illuminating Engineering, s. (2014). IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE) (LM-83-12): Illuminating Engineering Society of North America.
– Le-Thanh, L. Le-Duc, T. Ngo-Minh, H. Nguyen, Q.H. & Nguyen-Xuan, H. (2021). Optimal design of an Origami-inspired kinetic façade by balancing composite motion optimization for improving daylight performance and energy efficiency. Energy, 219. doi:10.1016/j.energy.2020.119557
– Mardaljevic, J. (2015, 16-17 April 2015). Climate-Based Daylight Modelling And Its Discontents. Paper presented at the CIBSE Technical Symposium, London, UK.
– Pellegrino, A. Cammarano, S. Lo Verso, V. R. M. & Corrado, V. (2017). Impact of daylighting on total energy use in offices of varying architectural features in Italy: Results from a parametric study. Building and Environment, 113, 151-162. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.012
– Samadi, S. Noorzai, E. Beltrán, L. O. & Abbasi, S. (2020 .(A computational approach for achieving optimum daylight inside buildings through automated kinetic shading systems. Frontiers of Architectural Research, 9(2), 335-349. doi:https://doi.org/10.1016/j.