مقالهٔ پژوهشی

DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423

سال نهم، شماره اول – بهار و تابستان ۱۴۰۳

ارزیابی تأثیر ایوان در خانه‌های سنتی تبریز بر میزان تغییرات فاکتور نور روز (نمونه موردی: خانه‌های بهنام، قدکی، گنجه‌ای‌زاده)

سهیلا عبدی‌زاده [*۱]، حسین نصیری [۲]، فرهاد احمدنژاد [۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد معماری- انرژی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی‌ارشد معماری- انرژی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

[۳] استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹)

چکیده

فاکتور نور روز به عنوان یک عنصر مهم در معماری و یک استراتژی مفید در طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف شناخته شده است. در این میان، ایوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر میزان دریافت نور روز است که می‌تواند بر کاهش مصرف انرژی مفید واقع شود. نور روز، اثرات مثبت فیزیکی و روانی بر کاربران داشته و از جنبه‌های اصلی در طراحی است؛ لذا، مطالعه حاضر باهدف ارزیابی تأثیر ایوان در خانه‌های سنتی تبریز بر میزان تغییرات فاکتور نور روز انجام گرفت. در این میان، معماری دوران قاجار به دلیل قرابت به عصر حاضر و ویژگی ساختاری خانه‌های این دوران یعنی دارا بودن ایوان و کاربری فعال بسیاری از آن‌ها و نیز جامعه آماری بالاتر، دارای ارجحیت است؛ بنابراین، خانه‌های بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده در شهر تبریز به عنوان نمونه و جامعه آماری انتخاب شدند. در پژوهش حاضر، اطلاعات به روش کتابخانه‌ای- میدانی گردآوری شد. در ادامه، میزان نور روز فضاهای پشت ایوان با نرم‌افزار شبیه ساز انرژی ارزیابی گردید. بر اساس شاخص انتخابی، عملکرد ایوان در جهات و فصول مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر ایوان در میزان نور روز با کاهش ۶۰-۳۰ درصدی در تابستان در مقایسه با کاهش ۳۰-۱ درصدی در زمستان بیشتر است. با توجه به نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که خانه‌های سنتی دارای ایوان به لحاظ کنترل شرایط روشنایی در فضا نسبت به خانه‌های فاقد ایوان، عملکرد بهینه‌تری داشته و کیفیت روشنایی در فضاهای پشت ایوان این خانه‌ها به‌مراتب نزدیک‌تر به حد استاندارد در فصول مختلف سال است.

واژگان کلیدی

ایوان، معماری سنتی، فاکتور نور روز، روشنایی، شبیه‌سازی.

[*] نویسنده مسئول مکاتبات: so.abdizadeh@tabriziau.ac.ir

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه میدهد مقاله چاپ شده را با دیگران به اشتراک بگذارد منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

۱. مقدمه

فاکتور نور روز[1] (DF) به عنوان یک عنصر مهم در معماری و یک استراتژی مفید در طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف شناخته شده است (Li, 2010)؛ به‌طوری‌که با بهبود محیط داخلی می‌تواند به طراحی پایدار کمک کند (Gomes et al., 2014). بنابر تحقیقات، DF از سه مؤلفه آسمان (SC)، مؤلفه بازتاب شده خارجی (ERC) و مؤلفه بازتاب شده داخلی (IRC) تشکیل شده است و تجزیه‌وتحلیل آن به عواملی از جمله موقعیت خورشید، شکل و جهت‌گیری فضاها بستگی دارد (Acosta et al., 2013). معماران از فاکتور نور روز در طراحی ساختمان به منظور تأمین روشنایی مناسب در فضای داخلی استفاده می‌کنند؛ چراکه نور روز، اثرات مثبت فیزیکی و روانی بر کاربران دارد. با توجه به آنچه گفته شد، نور روز به عنوان یک عنصر کلیدی در طراحی بنا است که با داشتن فواید روانی مختلف، اثرات زیبایی شناختی ناملموس و پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی آن نیز به‌طور گسترده‌ای توسط طراحان مورد قبول واقع شده است (Chel et al., 2009). این موضوع در طراحی فضاهای مسکونی به دلیل نیازهای نوری ویژه در نوع فعالیت افراد، طولانی بودن مدت‌زمان حضور کاربر در فضا و گسترده بودن طیف سنی افراد حاضر اهمیت بیشتری می‌یابد (Shafavi Moghaddam et al., 2019). با توجه به فاکتور نور روز، آگاهی از نحوه درک ساکنان از روشنایی داخلی، می‌تواند بر بازشوها، ویژگی‌های شیشه، شکل ساختمان، سایبان‌ها اثرگذار باشد. در این راستا، ایوان یکی از کهن‌ترین اندام‌های معماری در ایران است که احتمال دارد جنبه‌های نمادین آن بیشتر مورد توجه باشد ولی با بررسی ایوان با توجه به چگونگی طراحی و جهات قرارگیری آن در شرایط اقلیمی خاص و فضاهای مشرف به آن، شاهد نقش اصلی آن در فراهم آوردن شرایط آسایش در فضاهای داخلی می شویم (Bagheri et al., 2016). علاوه بر این، ایوان به عنوان یک سامانه کنترل‌کننده نور روز در پوسته ساختمان، در افزایش کیفیت روشنایی طبیعی فضا، کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بهبود عملکرد حرارتی ساختمان مؤثر خواهد بود که می‌تواند در کنترل و بازتاب نور روز و کاهش شاخص چشم‌زدگی از طریق جداره ساختمان نقش مهمی ایفا کند (Moazeni & Ghiabaklou, 2016). معماری گذشته گزینه‌های طراحی بسیاری را با تکیه‌بر نور طبیعی ارائه می‌دهد. در این میان، معماری خانه‌های دوره قاجار با دارابودن ایوان و کاربری فعال بسیاری از آن‌ها در زمان حاضر و همچنین جامعه آماری بالاتر نسبت به بقیه دوره‌های تاریخی موردتوجه است. بدین منظور، با بررسی‌های به عمل آمده خانه‌های تاریخی بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده در شهر تبریز که در حال حاضر به کاربری آموزشی تغییر یافته‌اند؛ کانون اصلی توجه تحقیق پیشرو قرار گرفت. با بررسی‌های به عمل آمده آشکار می‌شود که در زمینه تأثیر ایوان و جهت‌های مختلف قرارگیری آن بر میزان نور روز خلأ تحقیقاتی وجود دارد. برای تعیین فاکتور نور روز، روش‌های مختلفی از جمله شبیه سازی‌های کامپیوتری یا روش‌های محاسبه‌ای وجود دارد که مطالعه حاضر باهدف بررسی تأثیر وجود ایوان بر روشنایی طبیعی فضاها در خانه‌های سنتی تبریز از طریق شبیه سازی کامپیوتری انجام گرفت.

با توجه به هدف پژوهش حاضر، این سؤال مطرح می‌شود که وجود یا عدم وجود ایوان در جبهه‌های مختلف ساختمانی چه تأثیری بر فاکتور نور روز و میزان روشنایی طبیعی دارد؟ در این تحقیق، در پی یافتن پاسخ پرسش پژوهش، ابتدا با مطالعه مبانی نظری و مرور پیشینه تحقیقاتی برای تفهیم بیشتر با موضوع پرداخته می‌شود. سپس به بیان روش تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات پرداخته و در گام بعدی نتایج موردبحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲. پیشینه پژوهش

افراد برای انجام مناسب فعالیت خود و نیز رؤیت محیط به وجود نور کافی نیاز دارند. مقدار این نور باید متناسب با فعالیت فرد بوده تا دچار خستگی چشمی ناشی از تطابق پی‌درپی نور کم یا زیاد نشود (Light & C.E.N, 2011). روشنایی روز توسط شاخص‌ها و همچنین روش‌های اندازه‌گیری میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به پیشرفت

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

نرم‌افزارهای رایانه‌ای در سال‌های اخیر، ارزیابی عملکرد ساختمان از طریق شبیه سازی روندی افزایشی دارد. بدین منظور، ثبت اطلاعات ورودی برای نرم‌افزار مثل هندسه و فرم فضا، ویژگی‌های مصالح و منابع نوری (خورشید و آسمان) برای ارزیابی شرایط نوری فضا باید در نظر گرفته شود. همچنین، لازم است تا شبکه‌ای از حسگرها در ارتفاع معینی قرار داده شود و شاخص‌های مربوطه به واسطه داده‌های روشنایی منتج در محل هر یک از این حسگرها محاسبه گردد. در ادامه، با مقایسه نتایج حاصله با مقادیر توصیه شده در استانداردها و آیین‌نامه‌های نوری، نتایج تفسیر شده و میزان رضایت‌مندی فرد از کفایت نور در فضا پیش‌بینی شود (Heschong, 2012). یکی از کمیت‌هایی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم و همچنین در محاسبه شاخص‌های دیگر به عنوان اطلاعات اولیه محسوب می‌شود، شدت روشنایی است و شامل شار نوری است که در واحد سطح دریافت شده و واحد آن لومن بر مترمربع یا لوکس است که با نماد E نمایش داده می‌شود (Shafavi Moghaddam et al., 2019). در طول دهه گذشته، شاخص‌های سنجش نور با توجه به شرایط آسمان و محدوده زمانی مورد ارزیابی به دو گروه استاتیک و دینامیک تقسیم می‌شوند. شاخص‌های استاتیک برای ارزیابی یک وضعیت ثابت هستند که از جمله می‌توان به فاکتور نور روز اشاره کرد. مقدار فاکتور نور روز برابر با نسبت بین روشنایی در داخل و خارج فضا در محیط بدون مانع و تحت شرایط آسمان ابری بوده که برای هر نقطه معینی از سطح کار به صورت جداگانه‌ای محاسبه و در قالب یک عدد منفرد و برای ارزیابی کل فضا استفاده می‌گردد. بر اساس مطالعات انجام‌یافته، هر دو معیار استاتیک و دینامیک در استانداردهای ساختمان سبز مانند لید گنجانده شده‌اند که معیارهای استاتیک در لید (نسخه ۲، ۳ و ٤) قرار گرفته‌اند. مطابق با نسخه ۲، برای به دست آوردن گواهی لید نور روز در نسخه ۳، حداقل ۲۷۰ لوکس یا ۲ درصد فاکتور نور روز، باید حداقل در ۷۵ درصد فضاهای اشغال شده معمولی فراهم شود. بااین‌حال، در مقایسه با لید نسخه ۲، یک آستانه بالا یعنی ٥٤۰۰ لوکس در نظر گرفته شده است و زمان ارزیابی از ۱ ساعت در کل سال (ساعت ۱۲ بعدازظهر در اعتدالین) به ۲ ساعت (۹ صبح و ۳ بعدازظهر در ۲۱ سپتامبر) تغییر کرده است. آستانه پایین به ۱۰۸ لوکس در لید نسخه ۳ کاهش یافت است. در آخرین نسخه لید (نسخه ٤)، محدوده روشنایی قابل‌قبول به ۳۰۰۰–۳۰۰ لوکس کاهش‌یافته است. علاوه بر معیارهای ایستای لید، میانگین فاکتور نور روز که یک معیار معمول در ارزیابی‌های نور روز است نیز بررسی می‌شود (Guid, 1999). با توجه به نوع فعالیت، آستانه این شاخص از ۵–۲ درصد متغیر است (Nabil & Mardaljevic, 2005). به‌طوری‌که فضاهایی با میانگین DF کمتر از ۲ در صد به‌اندازه کافی روشن نبوده، DF ۵–۲ در صد به‌اندازه کافی روشن و بالاتر از ۵ در صد تحت عنوان روشنایی خوب در نظر گرفته می‌شود (Guide, 1999) (جدول ۱).

جدول ۱: ضوابط مربوط به کفایت نور در سیستم ارزیابی لید (Shafavi Moghaddam, Zomorodian, & Tahsildoost, 2019)

شاخص	سیستم ارزیابی	شرح ضابطه
فاکتور نور روز (DF)	لیید ۲	در حداقل ۷۵ درصد از مساحت فضا، فاکتور نور روز بیش از ۲ درصد باشد.
مقدار روشنایی (E)	لیید ۳	حداقل ۷۵ درصد از مساحت فضا، در اعتدال پاییزی در ساعات ۹ صبح و ۳ بعدازظهر، حداقل ۱۰ فوت کندلا (۱۰۸ لوکس) و حداکثر ۵۰۰ فوت کندلا (۵۴۰۰ لوکس) روشنایی دریافت کند.
	لیید ۴	حداقل ۷۵ درصد از مساحت فضا، در اعتدال پاییزی در ساعات ۹ صبح و ۳ بعدازظهر، تحت شرایط آسمان صاف، روشنایی بین ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس دریافت کند.
کفایت نور روز فضایی (sDA)	لیید ۴	درصدی از فضا که مقدار روشنایی حداقل ۳۰۰ لوکس را برای زمان حداقل ۵۰ درصد زمان اشغال فضا در یک سال (احتساب ۱۰ ساعت اشغال در هر روز) دریافت کند، ۵۵ درصد و یا بیشتر باشد.

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

با توجه به مطالعات انجام‌یافته، طراحی نما تأثیر زیادی بر عملکرد نور روز دارد. در این را ستا، Ahmed با ا ستفاده از سایبان‌های پویا برای دستیابی به عملکرد نور روز بر اساس استانداردهای لید ٤ و با هدف تعیین زاویه بهینه سایبان، مطالعه‌ای را در یک کلاس درس دانشگاهی در مصر انجام داد. برای انجام این مطالعه از نرم‌افزارهای رادیانس[۲]، دی‌سیم[۳] و دیزاین‌بیلدر[٤] استفاده شد. این پژوهش، لزوم استفاده از سیستم سایبان پویا را اثبات کرد؛ چرا که تغییر زاویه سایبان با تغییر زاویه میل خورشید بر بازشوهای ساختمان مؤثر واقع شد. همچنین نشان داده شد که در صورت وجود بازشوهای وسیع در نمای شرقی، مقدار کلی روشنایی در ساعت ۹ صبح بسیار بیشتر از ساعت ۳ بعدازظهر است (Ahmed, 2021). همچنین، در مطالعه‌ای عملکرد نور روز به کمک نظر سنجی و شبیه سازی در چهار کلاس درس و در دو ساختمان دارای گواهی‌نامه نقره‌ای لید در طی یک سال ارزیابی شد. در این بررسی معیارهای پویا و ایستای نور روز و تابش خیره‌کننده طبق توانایی دانش‌آموزان در بیان واکنش ذهنی آن‌ها در کلاس‌های درس تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج حاکی از همبستگی قوی بین ادراک دانش‌آموزان و معیارهای نور پویا بود. علاوه بر این، نتایج نشان داد آستانه معیارهای نور روز و تابش خیره‌کننده باید بر اساس نظرسنجی‌های جهانی بازنگری شود؛ چرا که توانایی ساکنان برای انطباق با درجات بالاتر یا پایین‌تر نور به فرهنگ و شرایط اقلیمی مربوط می‌شود (Zomorodian & Tahsildoost, 2019). مطالعه دیگری که در شرایط نور روز انجام شد نشان داد که نسبت بین متوسط درخشندگی سطح کار و منبع تابش خیره‌کننده بیشترین همبستگی را با پاسخ ذهنی دارد. این مطالعه نسبتی بین ۲۲–۰ را برای دستیابی به یک ناحیه خیره‌کننده نامحسوس توصیه کرد (Suk & Schiler, 2013). از طرفی، استفاده صحیح از نور روز در مدارس باعث بهبود عملکرد دانش‌آموزان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. در این راستا، Tsikra و Andreou، نقش سایبان و استراتژی‌های نور روز را در آسایش بصری و صرفه‌جویی انرژی در مدارس یونان مورد بررسی قرار دادند. هدف مطالعه این بود که اجرای برخی عوامل در پوسته ساختمان مدارس تا چه حد می‌تواند عملکرد انرژی آن‌ها را بهبود بخشیده و آسایش حرارتی و بصری را تضمین کند. نتایج بیانگر این بود که ساختمان مدرسه مورد مطالعه مانند نمونه‌های مطالعه شده در پژوهش‌های قبلی، دارای برخی مشکلات از جمله جهت‌گیری ساختمان و سایبان‌های نامناسب است که منجر به بروز بیش گرمایی و مشکلات مربوط به خیرگی می شود. هرچند کمیت نور از نظر میانگین فاکتور نور روز رضایت‌بخش بود؛ بااین‌حال، مشکلات مربوط به کیفیت نور روز و آسایش حرارتی و بصری گزارش گردید (Tsikra & Andreou, 2017). جهت‌گیری نامناسب ساختمان می‌تواند چالشی برای ارتقا آسایش و صرفه‌جویی انرژی باشد. چندین مطالعه به بررسی عملکرد نور روز در نماهای جنوبی پرداخته‌اند؛ اما دیگر جهت‌گیری‌ها با کمبود مطالعه در این زمینه مواجه هستند. بر پایه مطالعات انجام شده و با درنظرگرفتن مسائل مربوط به نور روز، چندین استراتژی در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان، مسائلی مانند کاهش تابش خیره‌کننده از اهمیت بالایی برخوردار است، درحالی‌که توزیع یکنواخت نور طبیعی علاوه بر کیفیت نور روز به کاهش نور مصنوعی نیز مربوط می‌شود. مستند شده است که اجرای طاقچه‌های نوری در ارتفاعات جنوبی همراه با لوورهای خارجی بیشترین تأثیر مثبت را در سطوح نور روز در عمق کلاس و در یکنواختی نور روز دارد. استفاده از طاقچه‌های نوری و لوورها منجر به دو برابر شدن فاکتور نور روز در نزدیکی پنجره‌ها و چهار برابر شدن این فاکتور در فواصل دورتر شده و همچنین نقش مثبتی در بارهای گرمایشی و سرمایشی ساختمان دارد (Antoniou & Aik, 2005). موهاپاترا و همکاران در مطالعه‌ای فاکتور نور روز را با کنترل زاویه‌ای برای کاهش تابش خیره‌کننده در یک ساختمان اداری سه طبقه‌ای مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. یافته‌های این بررسی حاکی از آن بود که پرده‌های کرکره‌ای پنجره به کنترل تابش خیره‌کننده، نور روز و بیش‌گرمایی کمک می‌کنند. همچنین، کنترل این پرده‌ها تو سط ساکنان تلا شی برای کاهش مصرف انرژی ساختمان بوده و زاویه آن‌ها باید به‌طور مؤثری طراحی شود تا واکنش خوبی از ساکنان دریافت کند. آن‌ها دریافتند که برخی زوایای خاص، نور روز خوبی را برای همه زمان‌ها (صبح، بعدازظهر، عصر) ارائه می‌دهند. در این میان، زاویه ۱۵۰ درجه روشنایی یکنواخت را برای اتاق‌های رو به شرق و غرب در شهرهای بوبانسور و اوریسا هند فراهم می‌کند (Mohapatra

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

et al, 2018). چینازو و همکاران تأثیر دمای داخلی و روشنایی نور روز بر ادراک بصری را مورد مطالعه قرار دادند. هدف ارزیابی اثر متقابل دما و اثر تک‌وجهی روشنایی‌های نور روز بر ادراک بصری نور روز بود. نتایج نشان داد که اثرات متقابل دمای داخل ساختمان بر ادراک بصری رخ‌داده است. به‌طوری‌که دما بر گرمای درک شده از نور روز تأثیرگذار بود و دما با روشنایی نور روز تعامل داشت. روشنایی روز یک استراتژی غیرفعال است که در افزایش سرزندگی، عملکرد و آسایش بصری ساکنان نقش داشته و به کاهش مصرف انرژی الکتریکی کلی ساختمان کمک می‌کند (Chinazzo et al., 2020). در این راستا برخی محققین، در مطالعه‌ای روشنایی نور روز را برای آسایش بصری و عملکرد انرژی در محیط‌های شهری مورد بررسی قرار دادند. هدف این مقاله بررسی تحقیقات مربوطه از جمله مفاهیم اساسی روشنایی روز، انواع آسمان، حرکت خورشید و پارامترهای معماری مؤثر در بافت شهری بود. نتایج به دست‌آمده نشان داد که این عوامل از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تأثیر آن‌ها بر میزان نور روز و مصرف انرژی غیرقابل‌انکار است. علاوه بر این، با افزایش ضریب بازتاب مصالح در سطوح خارجی، میزان نور روز که به بخش‌های داخلی ساختمان می‌رسد افزایش‌یافته و درنتیجه نیاز به نور مصنوعی کاهش می‌یابد. همچنین، سایبان‌های خارجی نیز آسایش بصری را فراهم کرده و مصرف انرژی ساختمان را کاهش می‌دهند. این محققین اظهار داشتند که مقدار تابش نور روز به ساختمان، یک گزینه صرفه‌جویی در انرژی در نظر گرفته می شود که به اقلیم منطقه بستگی دارد. بااین‌حال، جهت‌گیری خیابان ممکن است باعث توزیع ناهموار تابش گردد (Nasrollahi & Shokri, 2016). نور روز نقش کلیدی در آسایش حرارتی و بصری سرنشینان و همچنین ایجاد یک محیط پایدار دارد. اندازه پنجره، شکل و ابعاد اتاق سه عامل اصلی اثرگذار بر کیفیت و کمیت نور روز هستند. تعیین فاکتور نور روز یک تجزیه‌وتحلیل پیچیده مرتبط با کسب نور طبیعی کافی و به‌طور هم‌زمان اجتناب از بیش گرمایی است. در مطالعه Vaisi و Kharvari از فاکتور نور روز به منظور بررسی اعتبار استاندارد فعلی نسبت سطح پنجره به سطح کف فضا (WFR) پیشنهادی توسط مقررات ملی نور روز ساختمان ایران، استفاده شد. علاوه بر این، نسبت یکسانی برای یافتن و کنترل کیفیت نور روز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که WFR فعلی دقیق نیست؛ بنابراین، بر اساس استانداردهای لید، بریم[۵] و گرین استار[۶]، محدوده بهینه WFR بین ۱۵-۲٤ درصد ارائه شد که تابش خیره‌کننده و هم بیش گرمایی را کنترل می‌کند. این مطالعه همچنین نشان داد که چگونه شکل و اندازه پنجره به‌طور هم‌زمان بر میانگین DF و یکنواختی تأثیر می‌گذارد (Vaisi & Kharvari, 2019). بسیاری از محققان نور روز را به عنوان یک واقعیت روان‌شناختی بهینه برای زندگی بیان می‌کنند؛ چرا که نخستین انسان‌ها خورشید را به عنوان تنها منبع نور می شناختند. افراد تمایل غریزی به نور طبیعی در ساختمان دارند و مطالعات تأیید کرده است که قرارگرفتن در معرض نور روز می‌تواند با کاهش سردرد، تنش چشم یا استرس، تأثیر قابل‌توجهی بر سلامتی داشته باشد. تابادکانی و همکاران به بررسی مزایا و محدودیت‌های نور روز در ساختمان‌ها و همچنین ارزیابی آسایش بصری پرداختند. این مطالعه سیستم‌های روشنایی روز را برای انسداد یا تغییر جهت نور طبیعی در داخل فضا و عملکرد کلی آن‌ها بررسی کرد. یافته‌ها عدم توافق در آستانه‌های روشنایی داخلی قابل‌قبول برای بیشتر شاخص‌ها و عدم وجود یک شاخص تابش خیره‌کننده قابل‌اعتماد در صورت وجود آفتاب در میدان دید ساکنان را نشان داد (Tabadkani et al., 2021). به‌طور مشابه، بسیاری از گواهینامه‌های ساختمان سبز معیار خاصی را برای ارزیابی نمای بیرون پیشنهاد می‌کنند، اما همچنان چالشی برای مطالعات آینده است.

۳. روش پژوهش

تحقیق حاضر، به لحاظ روش‌شناسی، از نوع کمّی و با رویکردی اثبات‌گرایانه است. جامعه آماری، خانه‌های سنتی تبریز است. با توجه به اینکه انتخاب نمونه‌ها بر اساس روش در دسترس بود؛ لذا، وجود و کامل بودن اسناد معماری کامل خانه‌ها معیار انتخاب نمونه‌ها بود. درمجموع، سه خانه بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده انتخاب و داده‌های آن‌ها از نقشه‌ها و اسناد برداشت گردید. لازم به

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

ذکر اســت که این خانه‌ها دارای ایوان‌هایی در ابعاد و جهات مختلف بوده و شــامل اتاق‌های پیرامونی هســتند. در راســتای هدف پژوهش، نخست مروری بر منابع علمی موجود درخصوص فاکتور نور روز و سایبان‌ها انجام گرفت. سپس، اسناد نمونه‌های مورد مطالعه با استفاده از مطالعات میدانی و برداشت‌های کمی از خانه‌های سنتی گردآوری شد. در ادامه، با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز انرژی دیزاین بیلدر در حوزه نور مدل سازی انجام گرفت و سپس داده‌های کمّی حاصل از شبیه سازی با استانداردهای مربوط به فاکتور نور روز مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

برای اجرای پژوهش حاضر، اطلاعات مربوط به روشنایی فضاها با پارامتر DF در نرم‌افزار دیزاین بیلدر در هر دو حالت مدل‌سازی (حالت اول: دارای ایوان و حالت دوم: فاقد ایوان)، شبیه‌سازی گردید. شایان‌ذکر است شش اتاق انتخابی که دارای بازشو و نورگیر از ایوان هستند، به عنوان آتلیه‌های معماری مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ لذا، با توجه به نقش و اهمیت کیفیت نور بر روی سطوح میزهای کار، شبیه‌سازی در ارتفاع استاندارد (۷۵ سانتی‌متر) انجام گرفت. این شبیه‌سازی در هر دو حالت دارای ایوان و فاقد ایوان، دارای ۱۲ خروجی است و شامل اولین روز از هر فصل سال (یک تیر، یک فروردین، یک مهر و یک دی‌ماه) است که داده‌ها از گرم‌ترین به سردترین حالت هر فصل در ساعات ۸ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۶ بعدازظهر مرتب گردیده تا تأثیر موقعیت خورشید در آسمان بر نورگیری هر یک از فضاها ارزیابی شود. مشخصات و ویژگی‌های مربوط به نمونه‌های مورد بررسی در (جدول ۲) و (جدول ٤) و شکل‌های مربوط به ایوان‌ها در (شکل ۱) و (جدول ۳) آورده شده است. حجم‌های مدل‌سازی شده در هر سه خانه (بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده) در نرم‌افزار دیزاین بیلدر به ترتیب در هر دو حالت دارای ایوان و فاقد ایوان در (شکل ۲) و (شکل ۳) نشان داده شده است. در مطالعه حاضر، با توجه به هدف نگارندگان به جهت ارزیابی تأثیر ایوان بر روشنایی فضا در خانه‌های سنتی شهر تبریز از عوامل مداخله‌گر احتمالی دیگری نظیر مصالح، ضخامت و شفافیت پنجره‌ها و غیره که می‌توانند در هر دو حالت مدل‌سازی تأثیر یکسانی در شبیه‌سازی داشته باشند، چشم‌پوشی شده است.

جدول ۲: مشخصات و ویژگی‌های اتاق‌های منتخب در خانه‌های گنجه‌ای‌زاده، قدکی و بهنام

Tab. 2: Specifications and features of selected rooms in Ganjeizadeh, Ghadaki and Behnam houses

نام خانه	اتاق	جبهه نورگیری	طبقه	مساحت	ارتفاع
گنجه‌ای‌زاده	کارگاه شهید تندگویان	از سمت جنوب	اول	۵۴,۳۸	۳,۳۵
	کلاس آوینی ۱	از سمت شرق	اول	۲۸,۳۷	۳,۳۵
	کلاس آوینی ۲	از سمت غرب	اول	۳۰,۵۰	۳,۳۵
قدکی	نمازخانه	از سمت جنوب	دوم	۱۶۰,۵۸	۴,۲۰
	سمعی بصری ۲	از سمت شرق	دوم	۳۴,۷۴	۴,۲۰
بهنام	اتاق ریاست	از سمت جنوب	اول	۵۹,۵۰	۷,۲۰

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

جدول ۳: شکل‌های مربوط به ایوان‌ها در خانه‌های گنجه‌ای‌زاده، قدکی و بهنام

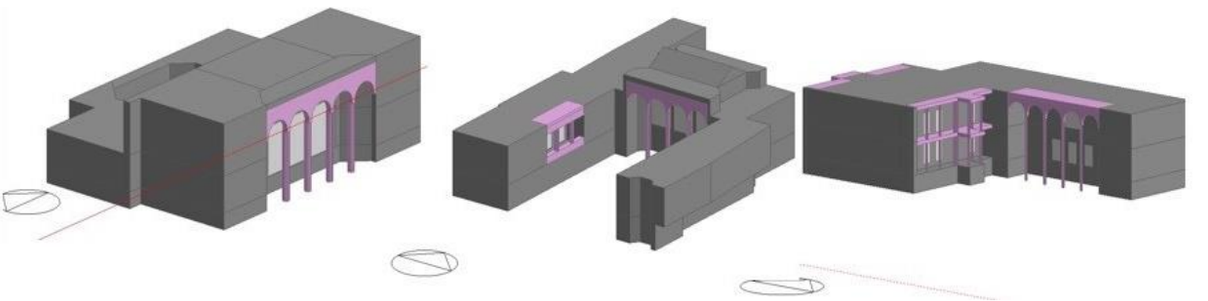
Tab. 3: The shapes of the porches in the houses of Ganjaeizadeh, Ghadaki and Behnam

گنجه‌ای‌زاده	ایوان جنوبی	
	ایوان شرقی	
	ایوان غربی	
قدکی	ایوان جنوبی	
	ایوان شرقی	
بهنام	ایوان جنوبی	

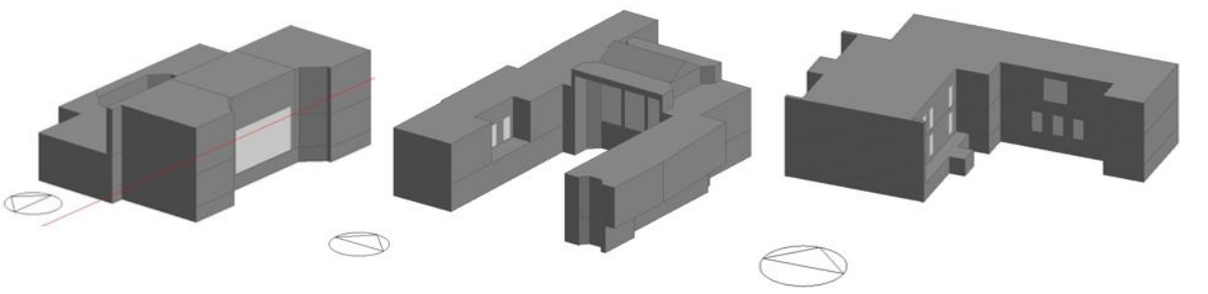
شکل ۱: ایوان‌های مورد مطالعه در خانه‌های بهنام، قدکی و گنجه‌ای زاده

Fig. 1: The studied porches in the houses of Behnam, Ghadaki and Ganjeizadeh

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]



شکل ۲: خانه‌های مدل‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر در شرایط وجود ایوان
Fig. 2: Houses modeled in Design Builder software in the presence of a porch



شکل ۳: خانه‌های مدل‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر در شرایط فاقد ایوان
Fig. 3: Houses modeled in Design Builder software in conditions without a porch

جدول ۴: مشخصات ایوان‌های مورد مطالعه در خانه‌های بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده
Tab. 4: Specifications of the studied porches in the houses of Behnam, Ghadaki and Ganjeizadeh

نام ایوان	عمق (متر)	ارتفاع (متر)
ایوان جنوبی بهنام	۲٫۴	۱۳
ایوان جنوبی قدکی	۳	۱۱
ایوان شرقی قدکی	۲٫۷	۶
ایوان جنوبی گنجه‌ای زاده	۳	۱۰
ایوان شرقی گنجه‌ای زاده	۱٫۵	۳٫۵
ایوان غربی گنجه‌ای زاده	۱٫۸	۳٫۵

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

٤. یافته‌های پژوهش

بهبود و بهینه‌سازی روشنایی تابع عوامل مختلفی است و ایوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان روشنایی و نور روز است که در این مقاله بررسی شده است. مطابق با روش معرفی شده در بخش‌های قبل، شاخص نور روز شبیه‌سازی شده و نتایج حاصل از آن در (جدول ۵) ارائه شده است. عملکرد ایوان‌ها در جهات مختلف بر اساس شاخص DF در طول سال در سه خانه مورد بررسی، مشخص شده است.

جدول ۵: مقدار DF در اتاق‌های مورد بررسی خانه‌های بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده

Tab. 5: The amount of DF in the investigated rooms of Behnam, Ghadaki and Ganjeizadeh houses

جداره جنوبی خانه بهنام	با ایوان ۸ صبح	بدون ایوان ۸ صبح	با ایوان ۱۲ ظهر	بدون ایوان ۱۲ ظهر	با ایوان ۱۶ عصر	بدون ایوان ۱۶ عصر
تابستان	۲,۰۳	۲,۶۲۴	۱,۶۹۲	۴,۲۴	۲,۰۲۲	۲,۶۱۲
بهار	۴,۱۴۲	۶,۶۴۳	۱۰,۶۶	۲۲,۵۷	۳,۹۱۹	۶,۲۴
پاییز	۴,۱۴۲	۶,۶۴۳	۱۰,۶۶	۲۲,۵۷	۳,۹۱۹	۶,۲۴
زمستان	۲۶,۷۶	۳۵,۷۲۲	۵۱,۷۸	۵۹,۹۹۶	۲۵,۲۱۹	۳۳,۸۰۳

جداره غربی خانه گنجه‌ای‌زاده	با ایوان ۸ صبح	بدون ایوان ۸ صبح	با ایوان ۱۲ ظهر	بدون ایوان ۱۲ ظهر	با ایوان ۱۶ عصر	بدون ایوان ۱۶ عصر
تابستان	۰,۲۹۴	۰,۴۶۳	۰,۳۵۸	۰,۶۱۸	۶,۸۳۷	۱۷,۸۴۸
بهار	۰,۴۴	۰,۶۸۸	۰,۳۹۸	۰,۶۸۱	۲۰,۲۶۶	۲۷,۷۰۱
پاییز	۰,۴۴	۰,۶۸۸	۰,۳۹۸	۰,۶۸۱	۲۰,۲۶۶	۲۷,۷۰۱
زمستان	۱,۳۶۱	۲,۲۸۶	۰,۵۴۵	۰,۷۷۴	۱۲,۵۹	۱۶,۴۸

جداره شرقی خانه گنجه‌ای‌زاده	با ایوان ۸ صبح	بدون ایوان ۸ صبح	با ایوان ۱۲ ظهر	بدون ایوان ۱۲ ظهر	با ایوان ۱۶ عصر	بدون ایوان ۱۶ عصر
تابستان	۸,۸۰۱	۱۸,۹۱۹	۰,۴۱۱	۰,۶۴۱	۰,۳۱۵	۰,۵۲۴
بهار	۲۱,۳۲	۲۵,۷۶۳	۰,۴۸۶	۰,۷۰۱	۰,۴۸۹	۰,۸۱۲
پاییز	۲۱,۳۲	۲۵,۷۶۳	۰,۴۸۶	۰,۷۰۱	۰,۴۸۹	۰,۸۱۲
زمستان	۱۴,۹۸	۱۸,۴۰۲	۰,۷۰۳	۱,۰۱۵	۱,۴۷۲	۲,۵۴۷

جداره جنوبی خانه گنجه‌ای‌زاده	با ایوان ۸ صبح	بدون ایوان ۸ صبح	با ایوان ۱۲ ظهر	بدون ایوان ۱۲ ظهر	با ایوان ۱۶ عصر	بدون ایوان ۱۶ عصر
تابستان	۰,۳۱۷	۰,۴۱۷	۰,۳۱۳	۰,۴۵۹	۰,۲۰۹	۰,۲۸۸
بهار	۰,۷۲۷	۰,۹۳۸	۴,۶۰۲	۴,۷	۰,۳۶۱	۰,۴۸۹
پاییز	۰,۷۲۷	۰,۹۳۸	۴,۶۰۲	۴,۷	۰,۳۶۱	۰,۴۸۹
زمستان	۵,۰۰۲	۶,۳۱۴	۱۰,۷۱۴	۱۰,۸۳۳	۱,۳۶۵	۱,۷۱۸

جداره جنوبی خانه قدکی	با ایوان ۸ صبح	بدون ایوان ۸ صبح	با ایوان ۱۲ ظهر	بدون ایوان ۱۲ ظهر	با ایوان ۱۶ عصر	بدون ایوان ۱۶ عصر
تابستان	۰,۸۸۶	۱,۴۲۸	۰,۶۹۸	۱,۱۱۲	۰,۷۹	۱,۲۸۱
بهار	۱,۳۲۸	۲,۲۳۶	۰,۹۱۸	۶,۲۴۷	۱,۲۰۸	۲,۰۵۸
پاییز	۱,۳۲۸	۲,۲۳۶	۰,۹۱۸	۶,۲۴۷	۱,۲۰۸	۲,۰۵۸
زمستان	۴,۱۵۱	۷,۲۵۹	۱۸,۰۶۷	۲۷,۳۷۷	۴,۰۰۳	۷,۱۵۴

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

جداره شرقی خانه قدکی	با ایوان ۸ صبح	بدون ایوان ۸ صبح	با ایوان ۱۲ ظهر	بدون ایوان ۱۲ ظهر	با ایوان ۱۶ عصر	بدون ایوان ۱۶ عصر
تابستان	۴,۱۶۷	۱۰,۹۸۵	۰,۰۸۸	۰,۲۲۹	۰,۱۸۴	۰,۲۹۹
بهار	۷,۶۷	۱۰,۴۰۲	۰,۱	۰,۲۷۸	۰,۲۷۳	۰,۴۴
پاییز	۷,۶۷	۱۰,۴۰۲	۰,۱	۰,۲۷۸	۰,۲۷۳	۰,۴۴
زمستان	۳,۱۱۳	۳,۹۳۴	۰,۱۴۹	۰,۳۹۶	۰,۶۴۴	۱,۰۲۵

با توجه به یافته‌های حاصل از (جدول ۵)، میزان اختلاف روشنایی نور روز در حالت‌های شبیه‌سازی شده؛ یعنی ایوان‌دار و فاقد ایوان در فصول تابستان و زمستان در (جدول ٦) با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته است.

با توجه به ضوابط ارائه شده در بخش پیشینه در رابطه با آستانه DF، این شاخص از ۵-۲ درصد متغیر است. به‌طوری‌که فضاهایی با میانگین DF کمتر از ۲ درصد به اندازه کافی روشن نبوده، DF ۵-۲ درصد به اندازه کافی روشن و بالاتر از ۵ درصد تحت عنوان روشنایی خوب در نظر گرفته می شود. یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این است که در زمستان به دلیل ورود بهینه نور با زاویه ارتفاع کمتر، فضاهای مورد بررسی در بازه روشنایی خوب (DF بیش از ۵ درصد) قرار می‌گیرند؛ درحالی‌که در تابستان به دلیل ممانعت ایوان از ورود نور روز به داخل و زاویه ارتفاع بالای خورشید، میزان DF در بازه کمتر از ۲ درصد قرار می‌گیرد.

جدول ۶: مقایسه میزان اختلاف DF در هر دو حالت شبیه‌سازی در فصول تابستان و زمستان

Tab. 6: Comparison of DF difference in both simulation modes in summer and winter seasons

جهت ایوان	ساعت بررسی	نام فضا	اختلاف DF در دو حالت شبیه‌سازی در تابستان	اختلاف DF در دو حالت شبیه‌سازی در زمستان	مقدار نسبت کاهش‌یافته در حالت با ایوان تابستان با درصد	مقدار نسبت کاهش‌یافته در حالت با ایوان زمستان با درصد
جنوبی	۱۲ ظهر	کارگاه شهید تندگویان	۰,۱۴۶	۰,۱۱۹	۳۱,۸۰٪	۱,۰۹٪
	۱۲ ظهر	نمازخانه	۰,۴۱۴	۹,۳۱	۳۶,۹۴٪	۳۴,۰۰٪
	۱۲ ظهر	اتاق ریاست	۲,۵۴۸	۸,۲۱۶	۶۰,۰۹٪	۱۳,۶۹٪
شرقی	۸ صبح	کلاس اوینی ۱	۱۰,۱۱۸	۳,۴۲۲	۵۳,۴۸٪	۱۸,۵۹٪
	۸ صبح	سمعی بصری ۲	۶,۸۱۸	۰,۸۲۱	۶۲,۰۶٪	۲۰,۸۶٪
غربی	۱۶ عصر	کلاس آوینی ۲	۱۱,۰۱۱	۳,۸۹	۶۱,۶۹٪	۲۳,۶۰٪

۵. بحث و نتیجه‌گیری

مقاله حاضر به بررسی تأثیر وجود ایوان بر میزان نور روز در خانه‌های سنتی شهر تبریز پرداخته است. این شهر در ٤٦ و ۲۵ طول شرقی و ۳۸ و ۲ عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ، در غرب استان آذربایجان‌شرقی و شمال‌غرب کشور ایران واقع شده است که مساحتی حدود ۲٤۵ کیلومترمربع دارد. در این بررسی، فضاهای متنوع خانه‌های بهنام، قدکی و گنجه‌ای‌زاده که دارای ایوان در جهات جنوبی، شرقی و غربی هستند، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از شبیه سازی‌های انجام گرفته به صورت

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

جدول در بخش یافته‌ها آورده شده است. همچنین، به منظور ارزیابی دقیق‌تر عملکرد ایوان بر روشنایی فضا در فصول گرم و سرد سال، (جدول ٦) ارائه شد. مطابق با داده‌های ارائه شده در آن، مشاهده شد که در تمامی زمان‌های موجود در شبیه سازی مقدار روشنایی روز در حالتی که ایوان وجود دارد (۳۰ تا ٦۰ درصد در تابستان و ۱ تا ۳۵ درصد در زمستان) کاهش‌یافته است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که عملکرد و کارایی ایوان تا حد مطلوبی در کنترل روشنایی فضا در تابستان و عبور نور مورد نیاز در زمستان مؤثر است. با توجه به نتایج حاصله این‌گونه استنتاج می‌گردد که تأثیر ایوان در کاهش میزان نور روز در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان است که این کاهش در تابستان به میزان ۳۰ الی ٦۰ درصد و در زمستان ۱ الی ۳۰ درصد است. همسو با بسیاری از مطالعات، ایوان فضایی مناسب و قابل توجیه اقلیمی در طی فصول گرم سال است. چراکه با نگاه مفصل‌تر به داده‌ها مشاهده شد که بیشینه مقدار نسبت کاهش‌یافته در حالت با ایوان تابستان (٦۰ درصد) دو برابر بیشینه مقدار نسبت کاهش‌یافته در حالت با ایوان زمستان (۳۰ درصد) است. به‌طوری‌که میزان کاهش نور روز در ایوان جنوبی خانه گنجه‌ای‌زاده در حالت ایوان‌دار نسبت به حالت بدون ایوان به ترتیب در تابستان و زمستان برابر با ۳۱/۸ و ۱/۰۹ درصد، برای ایوان شرقی برابر با ۵۳/٤۸ و ۱۸/۵۹ درصد و برای ایوان غربی نیز برابر با ٦۱/٦۹ و ۲۳/٦۰ درصد بود. ایوان جنوبی خانه قدکی نیز به ترتیب در تابستان و زمستان ۳٦/۹٤ و ۳٤ در صد کاهش نور روز را نسبت به حالت بدون ایوان داشت و در سمت شرق این میزان کاهش به ترتیب برابر با ٦۲/۰ و ۲۰/۸٦ درصد بود. خانه بهنام تنها با دارا بودن ایوان جنوبی، نور روز را به ترتیب در تابستان و زمستان به میزان ٦۰/۰۹ و ۱۳/٦۹ در صد کاهش داد. علاوه بر این، عملکرد اقلیمی ایوان را تنها به عنوان سایبانی برای تابش مستقیم خورشید نمی‌توان در نظر گرفت. بر اساس مطالعات، پارامتر DF درصدی از حاصل تقسیم میزان روشنایی داخلی فضا به روشنایی بیرون و بدون در نظر گرفتن تابش مستقیم خورشید است (Baker & Steemers, 2002)؛ و طبق نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر مبنی بر کاهش میزان نور روز در حالت ایوان‌دار، این‌گونه استنتاج می‌گردد که ایوان یک عنصر کالبدی اقلیمی تأثیرگذار بر این پارامتر است. فرم در معماری از عوامل مهم و تأثیرگذار دیگر در برابر عوامل اقلیمی است که بر اساس استاندارد CIBSE 1999 مشهود است که فرم ساختمان کاملاً بر شرایط نورگیری و روشنایی فضا تأثیر دارد (Guide, 1999). لذا، یافته‌های به دست آمده حاکی از این است که خانه‌های سنتی دارای فرم ایوان‌دار در فصل گرم بسته به جهت خود ٦۰-۳۰ درصد از DF که یکی از فاکتورهای روشنایی داخل فضا است، می‌کاهند و میزان تأثیر ایوان در کاهش DF در جبهه‌های شرقی و غربی بیشتر از جبهه جنوبی است. لذا، می‌توان ایوان را نوعی سایبان عمودی دانست که کارایی بهتری در جبهه‌های شرقی و غربی -که زاویه ارتفاع تابش خورشید کمتر است- دارد. با ارزیابی اطلاعات به دست آمده از پژوهش حاضر نتیجه‌گیری می شود که خانه‌های سنتی دارای ایوان از لحاظ کنترل شرایط روشنایی در فضا نسبت به خانه‌های فاقد ایوان عملکرد بهینه‌تری دارد و کیفیت روشنایی در فضاهای پشت ایوان در این خانه‌ها در فصول مختلف سال، به مراتب به حد استاندارد نزدیک‌تر است.

مشارکت نویسندگان

در مقاله حاضر کلیه نویسندگان از سهم مشارکت یکسان برخوردار هستند.

پی‌نوشت‌ها

۱. Daylight Factor.

۲. Radiance.

۳. Daysim.

٤. Design Builder.

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]

۵. . BREEAM

٦. . GREENSTAR

فهرست منابع

Acosta, I., Navarro, J., & Sendra, J. J. (2013). Predictive method of the sky component in a courtyard under overcast sky conditions. Solar energy, 89, 89-99.

Ahmed, E. B. (2021). Utilizing dynamic shading system to achieve daylight performance according to LEED standards V. 4: case study, university classrooms in Egypt. HBRC Journal, 17(1), 177-200.

Antoniou, K., & Aik, M. (2005). Analysis of different forms of classrooms in respect to Daylighting Performance. In Proceedings of PLEA 2005–The 22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture (pp. 93-97).

Bagheri, S.M., kordjamshidi, M., & Piraste, S. (2016). Evaluation of porches effect in annual energy consumption optimimzation of residential buildings. IJE, 19 (2): 1-12 [In persian].

باقری، سیده‌مهسا. کردجمشیدی، ماریا. پیراسته، شیما. (۱۳۹۵). ارزیابی تأثیر ایوان ساختمان‌های مسکونی در بهینه‌سازی مصرف انرژی سالانه. نشریه انرژی ایران. ۱۹ (۲)، ۱–۱۲.

Baker, N., & Steemers, K. (2002). Daylight design of buildings: a handbook for architects and engineers. Routledge.

Chel, A., Tiwari, G. N., & Chandra, A. (2009). A model for estimation of daylight factor for skylight: an experimental validation using pyramid shape skylight over vault roof mud-house in New Delhi (India). Applied Energy, 86(11), 2507-2519.

Chinazzo, G., Wienold, J., & Andersen, M. J. L. R. (2020). Influence of indoor temperature and daylight illuminance on visual perception. Lighting Research & Technology, 52(3), 350-370..

Gomes, M. G., Santos, A. J., & Rodrigues, A. M. (2014). Solar and visible optical properties of glazing systems with venetian blinds: Numerical, experimental and blind control study. Building and Environment, 71, 47-59.

Guide, C. L. (1999). 10: 1999: Daylighting and Window Design.

Heschong, L. (2012). Daylight Metrics: PIER Daylighting Plus Research Program. Final project report for Public Interest Research (PIER) Program.

Li, D. H. (2010). A review of daylight illuminance determinations and energy implications. Applied Energy, 87(7), 2109-2118.

Light, C. E. N. (2011). Lighting—Basic Terms and Criteria for Specifying Lighting Requirements. European Standard EN, 12665.

Moazeni, M.H., & Ghiyabaklou, Z. (2016). Simulation of the impact of horizontal canopies on the distribution of daylight and visual comfort. International Congress of Sustainability in Architecture and Urban Planning, 1-11 [In persian].

موذنی، محمدحسین. قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۳). شبیه سازی تأثیرگذاری سایه‌بان‌های افقی بر توزیع نور روز و آسایش بصری (نمونه موردی: فضای اداری در شهر تهران). کنگره بین‌المللی پایداری در معماری و شهرسازی- شهر مصدر. ۱۱–۱.

Mohapatra, B. N., Kumar, M. R., Mandal, S. K., & Mohapatra, R. K. (2018). Daylight factor analysis with slat angle control for glare reduction in a three storied office building. International Journal of Applied Engineering Research, 13(15), 12040-12046.

Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. Lighting Research & Technology, 37(1), 41-57.

Nasrollahi, N., & Shokri, E. (2016). Daylight illuminance in urban environments for visual comfort and energy performance. Renewable and sustainable energy reviews, 66, 861-874.

Shafavi Moghaddam, N., Zomorodian, Z. S., & Tahsildoost, M. (2019). Ability of daylight Indicators in estimating adequate lighting in space based on user assessments Case study: Architecture design studios in Tehran. Soffeh, 29(86): 37-56 [In persian].

شفوی‌مقدم، نسترن. زمردیان، زهراسادات. تحصیلدوست، محمد. (۱۳۹۸). کارآیی شاخص‌های نور روز در تخمین روشنایی کافی در فضا بر اساس ارزیابی کاربران نمونه موردی: فضاهای آموزشی دانشکده‌های معماری شهر تهران. نشریه صفه. ۲۹ (۸٦)، ۳۷–٥٦.

Suk, J., & Schiler, M. (2013). Investigation of Evalglare software, daylight glare probability and high dynamic range imaging for daylight glare analysis. Lighting Research & Technology, 45(4), 450-463.

Tabadkani, S., Roetzel, A., Li, H. X., & Tsangrassoulis, A. (2021). Daylight in buildings and visual comfort evaluation: The advantages and limitations.

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.

Vaisi, S., & Kharvari, F. (2019). Evaluation of Daylight regulations in buildings using daylight factor analysis method by radiance. Energy for Sustainable Development, 49, 100-108.

Zomorodian, Z. S., & Tahsildoost, M. (2019). Assessing the effectiveness of dynamic metrics in predicting daylight availability and visual comfort in classrooms. Renewable energy, 134, 669-680.

[DOI: 10.52547/ciauj.9.1.423]