

مقاله پژوهشی

# مطالعه تطبیقی نماهای متحرک ساختمان‌های اداری تهران بر اساس آسایش بصری ساکنین با شاخص (SDG)، (DGP)

آرزو ملک<sup>۱</sup>، آویده طلایی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
malek.arezoo@wtiau.ac.ir

۲- استادیار، گروه معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)  
talaei.avideh@wtiau.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۱۱/۲۳]

تاریخ دریافت: [۱۴۰۱/۵/۲۰]

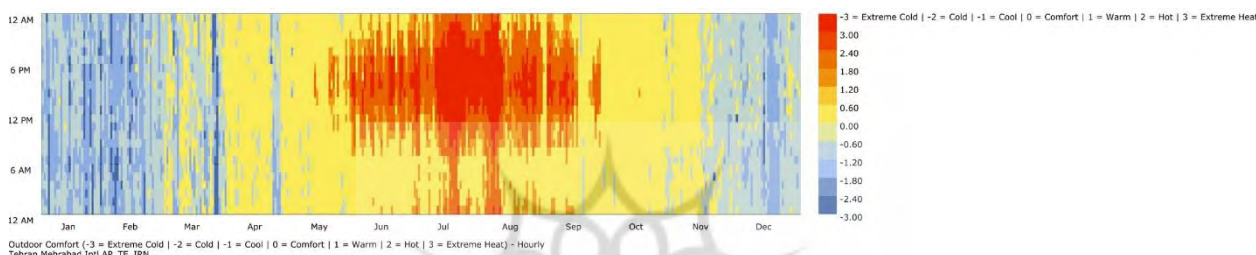
## چکیده

با توجه به افزایش روند استفاده از نماهای شفاف در ساختمان‌های اداری برای استفاده از نور روز در فضای ساختمان‌ها، ایجاد تدابیری برای جلوگیری از نفوذ بیش‌ازحد نور خورشید در چنین فضاهایی و افزایش آسایش بصری و کیفیت فضایی کاربران و در نتیجه بهبود عملکرد و نتیجتاً کاهش انرژی امری ضروری است، لذا به کار بردن نماهای متحرک در این دوره در جهت پیشرفت فناوری و صرفه‌جویی منابع، امری مؤثر است. در تهران، تنها چند مطالعه بر تابش نور روز متمرکز شده‌اند و بنابراین، معیارهای قابل اجرا برای برآورده کردن اولویت محلی مورد نیاز است. در گام اول با مطالعه انواع سیستم‌های متحرک و نحوه پاسخ‌گویی آن‌ها با استناد به مدارک کتابخانه‌ای و در گام بعدی مدل‌سازی فضای نمونه‌ها و آنالیزهایی بر اساس ویژگی‌های آن‌ها به این مطالعه باهدف تطبیق این نماها از نظر آسایش بصری با استفاده از ارزیابی بر اساس شاخص (DGP) در چهار فضای اداری، واقع در تهران، ایران پرداخته شد. در نهایت نتیجه تحقیق بدین ترتیب است که نمای متحرک با سیستم فعال و کنترل مرکزی با اختلاف ۸.۴٪ بهترین عملکرد را در بین انواع سیستم‌ها داشته است.

واژگان کلیدی: ساختمان‌های اداری، آسایش بصری، نماهای متحرک.

## ۱- مقدمه

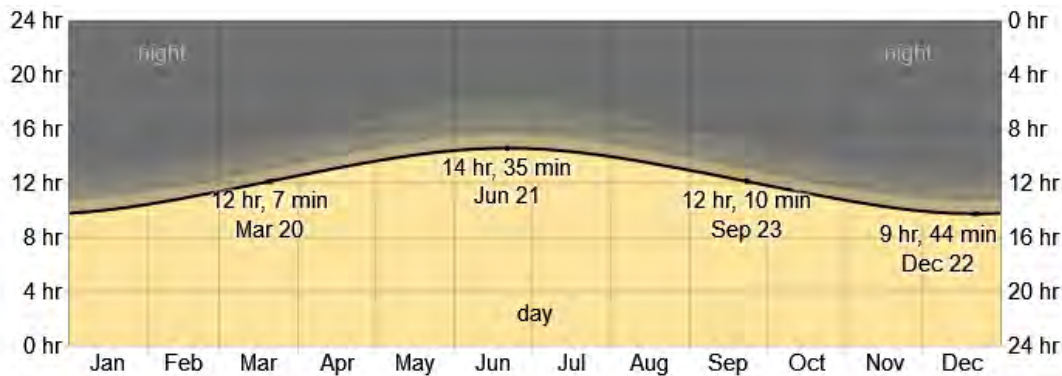
بخش ساختمان نقش بسزایی در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و در نتیجه آلودگی محیط‌زیست، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم دارد. برای دستیابی به جامعه‌ای پایدار، انرژی مصرفی ساختمان‌ها باید کاهش یابد. در واقع بخش ساختمان بیشتر از بخش حمل‌ونقل و صنعت انرژی مصرف می‌کند و همچنین یکی از بخش‌هایی است که می‌توان انرژی زیادی به‌واسطه آن صرفه‌جویی کرد (IPCC, 2007). لذا با توجه به موقعیت جغرافیایی تهران و نمودار آسایش حرارتی در فضای باز تهران که با استفاده از داده‌های آب‌وهوایی (EPW) تهران ایستگاه مهرآباد در افزونه لیدی‌باگ تحلیل شده است (تصویر ۱)، بهبود در مصالح و سیستم‌های مکانیکی نصب‌شده در نما، تأثیرگذار در افزایش راندمان ساختمان‌ها و کاهش مصرف انرژی است. هدف اصلی طراحی ساختمان‌های اداری حفاظت از ساکنین از محیط بیرونی و دستیابی به آسایش ساکنین در محیط داخلی با در نظر گرفتن تغییرات محیطی اطراف است (Modin, 2014).



تصویر ۱. نمودار آسایش حرارتی در فضای باز تهران در بازه ۱۲ ماهه سال با استفاده از داده‌های آب و هوایی تهران ایستگاه مهرآباد در افزونه Lady Bug. (مأخذ داده‌ها: [energyplus.net/weather](http://energyplus.net/weather), مأخذ تحلیل: نگارنده)

مهم‌ترین بخش ساختمان در بحث اتلاف انرژی و آسایش ساکنین از لحاظ بصری و دمایی، پوسته‌ی خارجی آن است که خود شامل سه بخش پوسته صلب، بازشو و همچنین بخش متصل‌کننده‌ی این دو عنصر می‌باشد (ابراهیم‌پور، محمد کاری، ۱۳۸۳). مفهوم نمای دوپوسته و هوشمند به دلیل مزایای زیست‌محیطی آن از نظر تهویه، طراحی معماری و صرفه‌جویی در انرژی بالقوه توجه متخصصان ساختمان را به خود جلب کرده است (شیخی نسلجی و مهدی‌زاده سراج، ۱۴۰۱). پوسته‌ی متحرک به‌عنوان مؤثرترین عامل تشکیل‌دهنده نمای ساختمان به‌منظور آسایش ساکنین و مصرف انرژی در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است. امروزه تعداد زیادی ساختمان بدون در نظر گرفتن شرایط محیطی اطراف طراحی می‌شوند. توسعه فناوری ساختمان در راستای طراحی ساختمان‌هایی است که در بازه‌ی بزرگی در طول سال به سیستم‌های اضافی وابسته هستند. سیستم HVAC (گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع) که برای کاهش شرایط ناخواسته و حفظ یک محیط داخلی راحت استفاده می‌شود، این سیستم برای پیروی از شرایط در حال تغییر به سیستم‌های کنترلی پیشرفته و ورودی انرژی نیاز دارد، درحالی‌که پوشش ساختمان عمدتاً به‌عنوان یک مانع اطراف ساکن است. بیرونی ساختمان، لایه‌ای است که حداکثر تبادل حرارتی بین محیط داخلی و خارجی را دارد. پوشش ساختمان در طول روز و شب و دوره‌های فصلی در معرض تغییرات چرخه‌ای در محیط بیرونی قرار دارد؛ بنابراین، پوسته ساختمان باید با در نظر گرفتن صرفه‌جویی در انرژی و همچنین تغییرات محیطی طراحی شود (Addington & Schodek, 2012). در این مقاله تلاش بر این است تا با تطبیق چهار نمونه نمای متحرک ساختمان اداری در شهر تهران به‌عنوان شهری از ایران که به دلیل موقعیت جغرافیایی خود، امکان بهره‌برداری مناسب از نور خورشید را دارد (تصویر ۲)، (تعداد ساعاتی که خورشید قابل مشاهده است (خط سیاه). نوارهای رنگی از پایین (بیشتر زرد) به بالا (بیشتر خاکستری) نشان می‌دهد: نور کامل روز، گرگ‌ومیش (مدنی، دریایی و نجومی) و شب کامل)، با شاخص‌های مطرح در طراحی نما به‌منظور حداکثر آسایش به یک اطلاع‌رسانی کافی برای بهبود طراحی و ساخت امروزی پرداخته شود.

درواقع هدف این تحقیق، تطبیق نماهای ساختمان‌های اداری موفق و امروزی شهر تهران با شاخص‌های مطرح‌شده در مقالات بین‌المللی می‌باشد و سؤال پژوهش چگونگی تأثیر سیستم نمای متحرک بر آسایش بصری است. در این تحقیق فرض می‌شود عوامل ساختاری نمای متحرک تأثیر بسزایی در آسایش بصری ساکنین دارد.



تصویر ۲. ساعات روزانه روشنایی روز و گرگومیش در ایران (ساعت) در سال ۲۰۲۲، (weatherspark.com).

## ۲- مرور مبانی نظری و پیشینه

### ۲-۱- سیستم‌های مورد استفاده در نماهای پاسخگو

نمای پاسخگو به‌عنوان یک سیستم هوشمند با قابلیت‌های خاص مانند زمان واکنش، سازگاری و توانایی یادگیری در نظر گرفته می‌شود (Sherbini & Krawczyk, 2004). به‌طورکلی، عملکرد سیستم‌های نمای پاسخگو می‌تواند تحت تأثیر حسگرها، سیستم‌های کنترلی، سیستم‌های فعال که با استفاده از فناوری‌های مواد و فناوری‌های ساختاری ساخته می‌شوند، قرار گیرد.

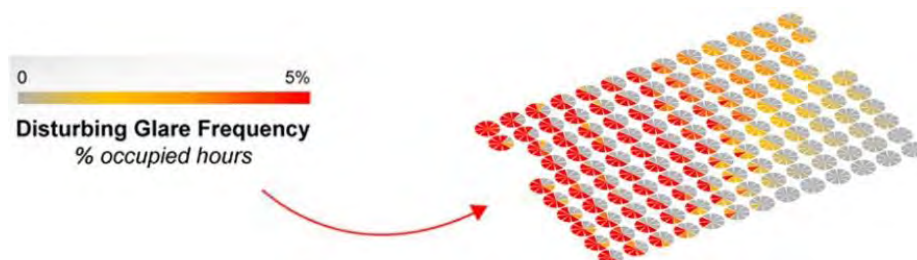
بر اساس نوع حرکت پارامتر اصلی می‌توان سیستم‌های مختلف نما متحرک را شناسایی نمود. پنج نوع حرکت از جمله چرخشی، تغییر شکل دهنده تا شونده، کشویی و هیبریدی، به‌علاوه شش پارامتر دیگر که عبارتند از: نوع سیستم (فعال یا غیرفعال)، نوع سیستم کنترل (کنترل دستی یا کنترل مرکزی)، نوع کنترل اجزاء (منفرد یا جمعی)، عملکرد نما (کنترل نور روز، کنترل حرارتی یا جریان هوا)، زمان پاسخگویی عناصر در سیستم (ثانیه، دقیقه یا ساعت) و دید سیستم نما (کم، متوسط یا زیاد) در جدول مقایسه تعریف شده‌اند (جدول ۵). با مطالعه و تحقیق در این رابطه، چهار ساختمان اداری مورد بررسی در تهران از نظر سیستم نمای خود مورد بررسی قرار گرفته و طبق (جدول ۱) دسته‌بندی شدند.

نوع سیستم	نوع سیستم کنترل	نوع کنترل اجزاء	عملکرد نما	زمان پاسخگویی			میزان دید			نوع حرکت				
				ثانیه	دقیقه	ساعت	کم	متوسط	زیاد	چرخشی	تغییر شکل دهنده	تا شونده	کشویی	هیبریدی
فعال (Active)	کنترل مرکزی	منفرد	کنترل حرارتی	ثانیه	دقیقه	ساعت	کم	متوسط	زیاد	چرخشی	تغییر شکل دهنده	تا شونده	کشویی	هیبریدی

جدول ۱. جدول پیشنهادی برای تقسیم بندی انواع نمای متحرک (نگارنده).



مختلف در هر موقعیت در ساختمان است. ارتفاع نمای پیش فرض ۱.۲ متر از کف پایانی (ارتفاع چشم برای یک ناظر نشسته) است. فرکانس تابش خیره‌کننده آزاردهنده در راینو با استفاده از هشت‌بخشی جهت‌دار، با رنگ نشان‌دهنده فرکانس از ۰ تا ۵ درصد مشاهده می‌شود (تصویر ۳).



تصویر ۳. نحوه نمایش و سنجش نور خیره‌کننده در پلان (مأخذ: climatestudiodocs.com).

حبیبی، والادارس و پنا<sup>۱</sup> (۲۰۲۲) به بررسی عملکرد پایدار توسط ده فناوری نمای هوشمند نمونه بر اساس یک بررسی سیستماتیک پرداختند. مرزوک، الشارکای و الیسیا<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) تحقیقی در ارتباط با بهینه‌سازی راندمان حرارتی و بصری با استفاده از ساختار پارامتریک نورگیر در ساختمان‌های میراثی انجام داده‌اند. شی، ابل و وانگ<sup>۳</sup> (۲۰۲۰) یک روش شبیه‌سازی پارامتریک برای بهینه‌سازی طراحی نمای متحرک برای راحتی نور روز پیشنهاد کردند. وو، لی، لین، یان، توو<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) پژوهشی بر اساس سنجش آسایش حرارتی کاربر در میزان تابش انرژی خورشیدی به دفتر اداری را بررسی کردند (آرام و ایرجی، ۱۴۰۱). شیرازیان، حسینی و نوروزیان ملکی (۱۳۹۱) به مطالعه‌ی تطبیقی جداره‌های خارجی (نما) در ساختمان‌های مسکونی تهران با روش تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند.

طبق مروری که از سوابق مربوطه انجام شد، مسئله تحلیل و تطبیق انواع سیستم‌های استفاده در ساختمان‌های اداری تهران در ارتباط با بحث آسایش بصری جای مطالعه و تحقیق دارد به‌ویژه به دلیل اهمیت بالای این مسئله در بهبود راندمان کارکنان و تأثیری که بر موضوع بهینه‌سازی مصرف انرژی دارد، در این پژوهش با سعی بر در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار ذکر شده در مقاله بر کاهش خیرگی نور روز به تطبیق این نمونه‌ها پرداخت شده‌است.

عنوان: Sustainability performance by ten representative intelligent Façade technologies: A systematic review  
سال پژوهش: ۲۰۲۲

نویسندگان: Saeid Habibi, Oriol Pons Valladares, Diana Maritza Pena

1

این مقاله با هدف شناسایی عملکردهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نماهای هوشمند در پایگاه‌های علمی اصلی از طریق یک بررسی سیستماتیک به دنبال بررسی‌های استاندارد گزارش‌دهی متاآنالیز می‌باشد. این بررسی کاوش‌های بیشتر در مورد فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه، قابل بازیافت، قابل استفاده مجدد و انعطاف‌پذیر را پیشنهاد می‌کند.

عنوان: Optimizing thermal and visual efficiency using parametric configuration of skylights in heritage buildings  
سال پژوهش: ۲۰۲۰

نویسندگان: Marzouk M, ElSharkawy M, Eissa A

۲

در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار Diva-grasshopper برای شبیه‌سازی شرایط حرارتی و نور روز استفاده می‌شود که در آن

<sup>1</sup> Habibi, Valladares & Peña

<sup>2</sup> Marzouk, ElSharkawy & Eissa

<sup>3</sup> Shi, Abel & Wang

<sup>4</sup> Wu, Li, Lin, Yan & Tu

بهینه‌سازی ژنتیکی چند هدفه با پلاگین Octopus مورد بررسی قرار می‌گیرد که می‌تواند بهترین راه‌حل کلی را به‌عنوان یک معاوضه به حداکثر رساندن روشنایی روز و به حداقل رساندن مصرف انرژی ارائه دهد. نتایج عملکرد بهبودیافته‌ای را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده اثربخشی استراتژی‌ها و تکنیک‌های بهینه انرژی و نور روز است.

عنوان: Influence of two motion types on solar transmittance and daylight performance of dynamic façades  
سال پژوهش: ۲۰۲۰

نویسندگان: Shia, X., Tabladab, A., Wanga, L.

با استفاده از شبیه‌سازی پارامتریک به‌منظور بهینه‌سازی طراحی نمای متحرک برای تعیین بهترین سازش بین حداقل مصرف انرژی و حداکثر راحتی نور روز یک روش پیشنهاد کردند. حرکات دینامیکی شامل مقادیر مختلف انتقال، محورها و ابعاد بودند که در نهایت نتیجه منجر به کاهش ۲۱-۱۴ درصدی مصرف انرژی با استفاده از نمای پویا گردید.

عنوان: A PMV-based HVAC control strategy for office rooms subjected to solar radiation  
سال پژوهش: ۲۰۲۰

نویسندگان: Wu, J. Li, X. Lin, Y. Yan, Y. & Tu, J.

راحتی کاربر و مصرف انرژی دو موضوع بسیار مهم است که منجر به کنترل تابش بهینه می‌شود. در این پژوهش، شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی برای کمک به توسعه استراتژی‌های کنترل آسایش حرارتی استفاده شده است. یک مطالعه شبیه‌سازی مقایسه‌ای بین کنترل آسایش حرارتی کنترل دمای معمولی در یک اتاق اداری معمولی انجام شده است که در معرض تابش خورشیدی است. نتایج نشان می‌دهد که کنترل مبتنی بر PMV می‌تواند آسایش حرارتی بهتری را در اتاق اداری فراهم کند.

عنوان: مطالعه‌ی تطبیقی جداره‌های خارجی (نما) در ساختمان‌های مسکونی تهران با روش تحلیل سلسله‌مراتبی  
سال پژوهش: ۱۳۹۱

نویسندگان: محمدحسین شیرازیان، سید باقر حسینی، سعید نوروزیان ملکی

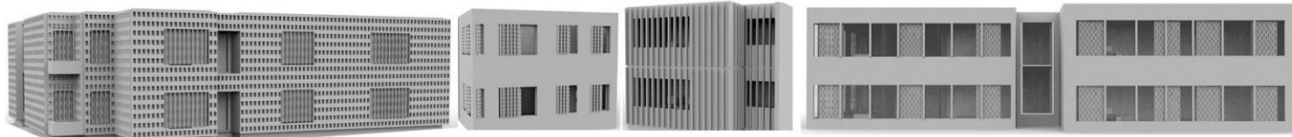
در این تحقیق چهار نمونه از سیستم نماهای شناخته‌شده و موجود در کشور، معرفی شده است. سپس با تکنیک دلفی نظریات متخصصان بر مبنای چهار عامل ویژه تعیین‌کننده کیفیت، جمع‌آوری و مورد ارزیابی واقع شد و در نهایت با روش تحلیل سلسله-مراتبی، چهار سیستم نما با هم مقایسه گرفته است. تحلیل یافته‌ها نشان می‌دهد که سیستم صفحات ساندویچی با بتن پاششی، سیستم نمای مناسب برای ساختمان‌های مسکونی تهران می‌باشد.

### ۳- روش‌شناسی

در این تحقیق ابتدا مطالعاتی در بخش بحث و بررسی بر مبنای تحقیقات موجود صورت گرفته و چهار نمونه از ساختمان‌های اداری شاخص با نماهای متحرک با سیستم‌های نسبتاً متفاوت در تهران به‌منظور تطبیق آن‌ها، معرفی می‌شود که عبارتند از ساختمان اداری سعادت‌آباد، ساختمان اداری زمرد ۱۱، ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام و ساختمان اداری شریف، سیستم نمای متحرک هرکدام از این ساختمان‌ها دارای ویژگی‌ها و مصالح مختلفی هستند، در این پژوهش از مصالح استاندارد نرم‌افزار کلایمت استودیو راینو برای نمونه‌ها در آنالیز استفاده شده است (جدول ۳) و سپس با مدل‌سازی سه‌بعدی این ساختمان‌ها با در نظر گرفتن موقعیت این ساختمان‌ها و پلان و مصالح به‌کاررفته در این پروژه‌ها در نرم‌افزار راینو<sup>۱</sup>، گرس‌هاپر<sup>۲</sup> به‌صورت الگوریتم‌های پارامتریک (تصویر ۴) و بررسی شرایط محیطی به‌صورت سالانه میانگین خیرگی تابشی فضای داخلی بر اساس شاخص<sup>۳</sup> sDG و<sup>۴</sup> DGP باوجود سیستم متحرک نما و در صورت عدم وجود آن با استفاده از نرم‌افزار کلایمت استودیو<sup>۵</sup> تحلیل و بررسی می‌شود و برای درک بهتر در یک

1. Rhinoceros 3D
2. Grasshopper
3. Spatial Disturbing Glare
4. Determination of the Daylight Glare Probability
5. Climate Studio

زمان مشخص و معین انقلاب گرمایی در ساعت ۱۵:۳۰ در موقعیتی ثابت، رندری از فضا گرفته می‌شود. در انتها میزان تأثیر نماهای متحرک در آسایش بصری فضای این ساختمان‌ها بر اساس شاخص sDG تحلیل می‌شود و سپس به بررسی بهترین عملکرد و بیشترین بازدهی در بین ساختمان‌ها پرداخته می‌شود تا در نتیجه به یک مدل مناسب با توجه به موقعیت جغرافیایی تهران رسیده‌شود.



تصویر ۴. مدل‌های سه‌بعدی ساختمان‌ها از نمای نزدیک به ترتیب از راست ساختمان زمرد، اداری سعادت‌آباد، دفتر مرکزی آجر کهن سرام، اداری شریف (نگارنده).

Climate Studio: سریع‌ترین و دقیق‌ترین نرم‌افزار تجزیه و تحلیل عملکرد محیطی برای بخش معماری، مهندسی و ساخت‌وساز (AEC) است و در راستای ارتقا افزونه دیوا<sup>۱</sup> ایجاد شده‌است. روند شبیه‌سازی آن به طراحان و مشاوران کمک می‌کند تا ساختمان‌ها را برای بهره‌وری انرژی، دسترسی به نور روز، عملکرد روشنایی الکتریکی، راحتی بصری و حرارتی و سایر معیارهای آسایش ساکنان بهینه کنند (Tao, Zhu & Passe, 2020).

specularity	diffuse	انعکاس	رنگ آبی	رنگ سبز	رنگ قرمز	ضریب سختی	سطح	
0.47%	84.43%	84.90%	0.793	0.845	0.854	0.3	سقف	
0.93%	15.43%	16.36%	0.152	0.154	0.155	0.2	کف	
-	-	-	۰.۴۷۶	۰.۴۲۷	۰.۳۹۷	-	شیشه بازشو	
-	-	94.0%	0.941	0.940	0.937	0.1	پروفیل پنجره	
0.24%	37.77%	38.01%	0.230	0.364	0.448	0.3	نمای متحرک	زمرد
۰.۰۳%	۱۸.۳۷%	۱۸.۴۰%	۰.۳۵۱	۰.۱۳۰	۰.۳۵۱	۰.۳	نمای متحرک	سرام
۲.۲۴%	۵۲.۳۱%	۵۴.۵۵%	۰.۲۸۱	۰.۴۸۸	۰.۶۷۱	۰.۲	نمای متحرک	سعادت‌آباد
0.00%	13.79%	13.79%	0.075	0.110	0.224	0.3	نمای متحرک	شریف

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی مصالح استفاده‌شده در سنجش DGP (نگارنده)

#### ۴- یافته‌ها

##### ۴-۱- مشخصات کلی چهار نمونه ساختمان‌های اداری در تهران

در ادامه به بررسی و معرفی چهار نمونه ساختمان اداری واقع در تهران دارای نمای متحرک از نظر موقعیت و مصالح و نوع سیستم و میزان دید (با استفاده از نسبت سطوح شفاف بدون پوسته به سطوح کدر)، پرداخته شده‌است و در انتها به صورت خلاصه و جمع‌بندی در جدول ۴، گردآوری شده‌است.

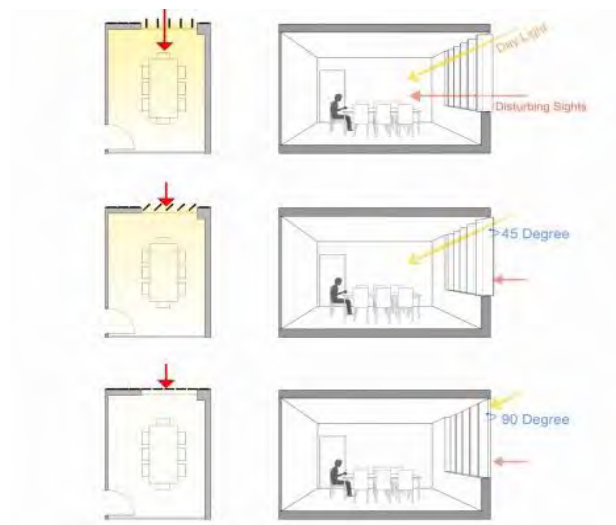
## ۴-۱-۱- ساختمان اداری سعادت‌آباد

در جبهه جنوبی پروژه تجاری اداری سعادت‌آباد، آفتاب تیز با لوورهای عمودی شکسته شده است و بازی سایه و نور در فضا، هم از تندی آفتاب در ساعات کار می‌کاهد و هم فضای داخل را به فضایی دلپذیر و متنوع برای کاربران تبدیل می‌کند. صفحه‌های چوبی نمای شمالی نسبت به نیاز کاربران، نما را دستخوش تغییر می‌کنند. نمای شمالی نیز با مدولاسیونی مشابه نمای جنوبی طراحی شده است. این مدولاسیون تمام سطح نما را پوشانده و به نما بافت آرامی می‌دهد. بافت نما در قسمت‌هایی که مقابل بازشوها قرار می‌گیرد، متحرک می‌شود و در سه زاویه ۰، ۴۵ و ۹۰ درجه می‌چرخد (تصویر ۵). با باز و بسته کردن لوورهای متحرک می‌توان میزان روشنایی طبیعی فضا را کنترل کرد و همچنین حریم خصوصی فضا نسبت به ساختمان مقابل نیز قابل کنترل خواهد بود.

نام پروژه	ساختمان اداری سعادت‌آباد	ساختمان اداری زمرد ۱۱	ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام	ساختمان اداری شریف
سال ساخت	۱۳۹۲ - ۱۳۹۴	۱۳۹۹-۱۳۹۴	۱۳۹۵ - ۱۳۹۷	۱۳۹۹-۱۳۹۶
محل قرارگیری بنا	بلوار سعادت‌آباد، کوچه ۳۵ ام	خیابان پاسدارن، نبش گل‌نبی و زمرد	ستاری شمال، نرسیده به خروجی خلیل‌آبادی	خیابان آزادی، خیابان اکبری، نبش خیابان اتکا
تصویر نما				
طراحان/معماران	جناب محسن کاظمیان فرد	جناب معین افضل‌خانی، خانم زهرا عزیزی	جناب هومن بالازاده	جناب هومن بالازاده
مساحت زمین	۲۵۰ مترمربع	۱۲۴۰ مترمربع	۲۱۳ مترمربع	۹۰۰ مترمربع
تکنولوژی اجرا شده	فعال (Active)	فعال (Active)	فعال (Active) و غیرفعال (Passive)	فعال (Active)
نوع سیستم کنترل	کنترل دستی	کنترل دستی	کنترل دستی	کنترل مرکزی
جنس نما متحرک	چوب	آجر	آجر	آجر
ساختار نمای متحرک	لوور چوبی	مدول‌های متحرک آجری کشویی	پنل‌های آجری چرخشی	

جدول ۴. مشخصات کلی نمونه ساختمان‌های اداری در تهران. (نگارنده)

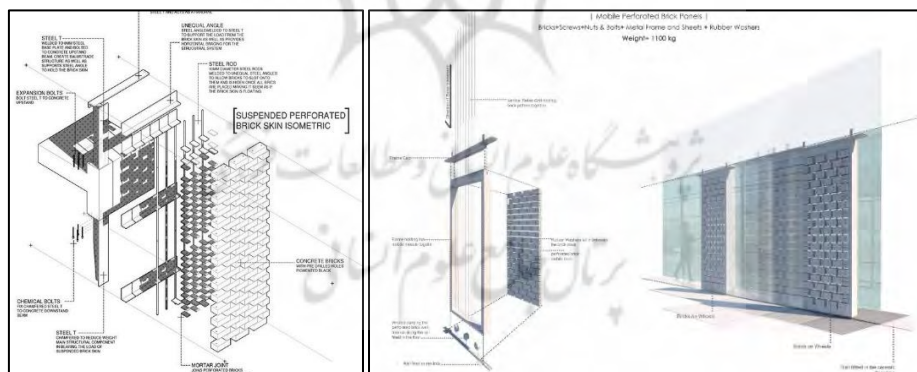




تصویر ۵. تأثیر لوور چوبی‌نمای شمالی ساختمان اداری سعادت‌آباد بر فضای داخلی (مأخذ: www.caoi.ir).

#### ۴-۱-۲- ساختمان اداری زمرد

نحوه چینش و سبک‌سازی دیوارها و مدوله‌ای آجری (ثابت و متحرک) در این پروژه و پیچ و مهره کردن آن‌ها به‌جای بندکشی و نهایتاً جایگزین کردن نور میان آجرها به‌جای بندکشی قابل توجه است. نورگیری حداکثری کلیه فضاها و امکان کنترل نور در طبقات سه به بعد که بیشتر در معرض آفتاب هستند با استفاده از مدول‌های متحرک آجری امکان‌پذیر است در واقع در طبقات اداری اجرای مدوله‌ای متحرک آجری که پشت شیشه‌های نما قرار گرفته‌اند و در راستای نما حرکت می‌کنند، هرکدام ۱۰۰۰ کیلو وزن دارند ولی به‌راحتی با اعمال فشار کم دست‌جابه‌جا می‌شوند که امکان کنترل تابش نور به داخل فضا را به مصرف‌کننده می‌دهد (تصویر ۶).

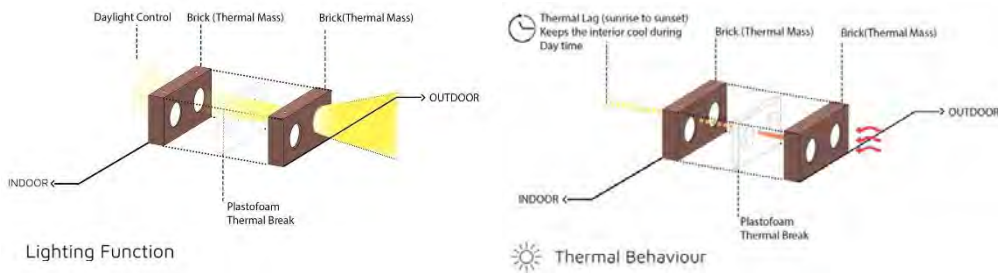


تصویر ۶. پنل‌های مدوله‌ای آجری متحرک ساختمان اداری زمرد (مأخذ: www.caoi.ir).

#### ۴-۱-۳- ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام

در نمای ساختمان آجرهای حفره‌دار به‌کار رفته است، این آجرها در نما یک الگوی هندسی ایجاد می‌کنند که به‌واسطه‌ی شکاف پنجره از هم دیگر تفکیک می‌شوند. پنجره‌ها نیز به‌صورت آکاردئونی بوده و دارای طیف رنگی مشابه آجر به‌کاررفته در نما می‌باشد. در ساختمان کهن‌سرام، تابش و گرمای خورشید توسط یک سیستم غیرفعال و با استفاده از شبکه‌های آجری قابل تنظیم، کنترل می‌شود (تصویر ۷).

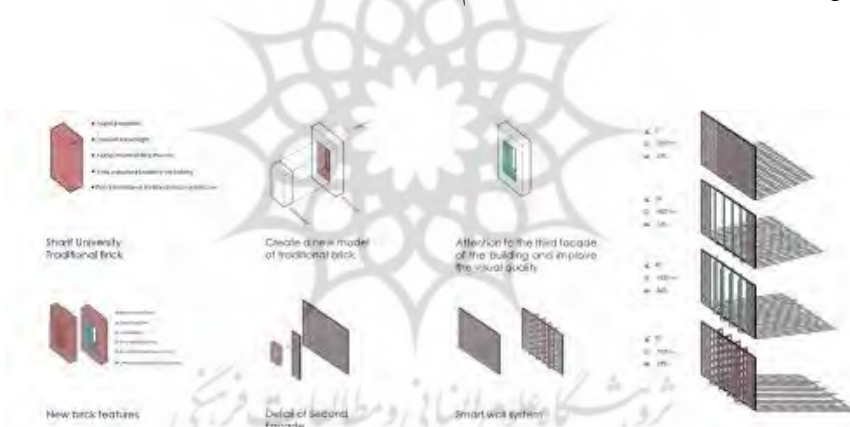
ساختمان از دولایه تشکیل شده است که ۶۰ سانتیمتر بین آن‌ها فاصله وجود دارد و پنجره‌های اصلی منظور تهویه طبیعی در لایه دوم نما قرار گرفته‌اند.



تصویر ۷. نقش آجرهای عینکی در هدایت و کنترل نور ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام (مأخذ: www.caoi.ir).

#### ۴-۱-۴- ساختمان اداری شریف

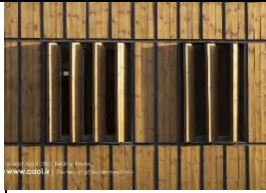

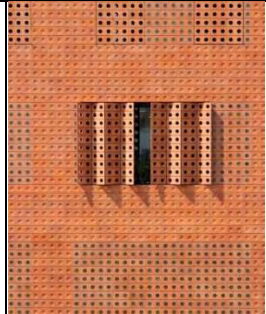

آجرهای مجوف مورد استفاده در این بنا، بر مبنای آجرهای سنتی ۱۰×۲۰ سانتیمتر ساختمان‌های دانشگاه صنعتی شریف و با اعمال تغییراتی در ابعاد آن‌ها شکل گرفته‌اند. به این ترتیب که آجرهای جدید دارای ابعاد ۱۹۰۵×۳۲ سانتیمتر می‌باشند و حفره‌ای به ابعاد ۱۰×۲۰ سانتیمتر در مرکز آن‌ها قرار دارد (تصویر ۸). پنل آجر هوشمند به کار رفته در این بنا این قابلیت را دارد که در طول روز و بر اساس شدت و نحوه تابش نور خورشید به صورت خودکار تنظیم شود.



تصویر ۸. جزئیات پنل آجری ساختمان اداری شریف. (مأخذ: www.caoi.ir).

جدول ۵. مشخصات نوع نماهای متحرک نمونه ساختمان‌های اداری در تهران. (نگارنده)

نام ساختمان و سال ساخت	تصویر نما	نوع سیستم	نوع سیمه تم کنترل	نوع کنترل اجزاء	عملکرد نما	زمان پاسخگویی	میزان دید	نوع حرکت
		فعال (Active)	غیرفعال (Passive)	کنترل نور روز کنترل حرارتی کنترل هوا کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی کنترل هوا کنترل حرارتی	کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی کنترل هوا کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی	کم زیاد متوسط کم زیاد متوسط کم زیاد متوسط کم زیاد متوسط	کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی کنترل هوا کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی	کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی کنترل هوا کنترل حرارتی کنترل نور روز کنترل حرارتی

																				ساختمان اداری سعادت‌آباد ۱۳۹۴ - ۱۳۹۲
																				ساختمان اداری زمرد ۱۱ ۱۳۹۴ - ۱۳۹۹
																				ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام ۱۳۹۷ - ۱۳۹۵
																				ساختمان اداری شریف ۱۳۹۶ - ۱۳۹۹

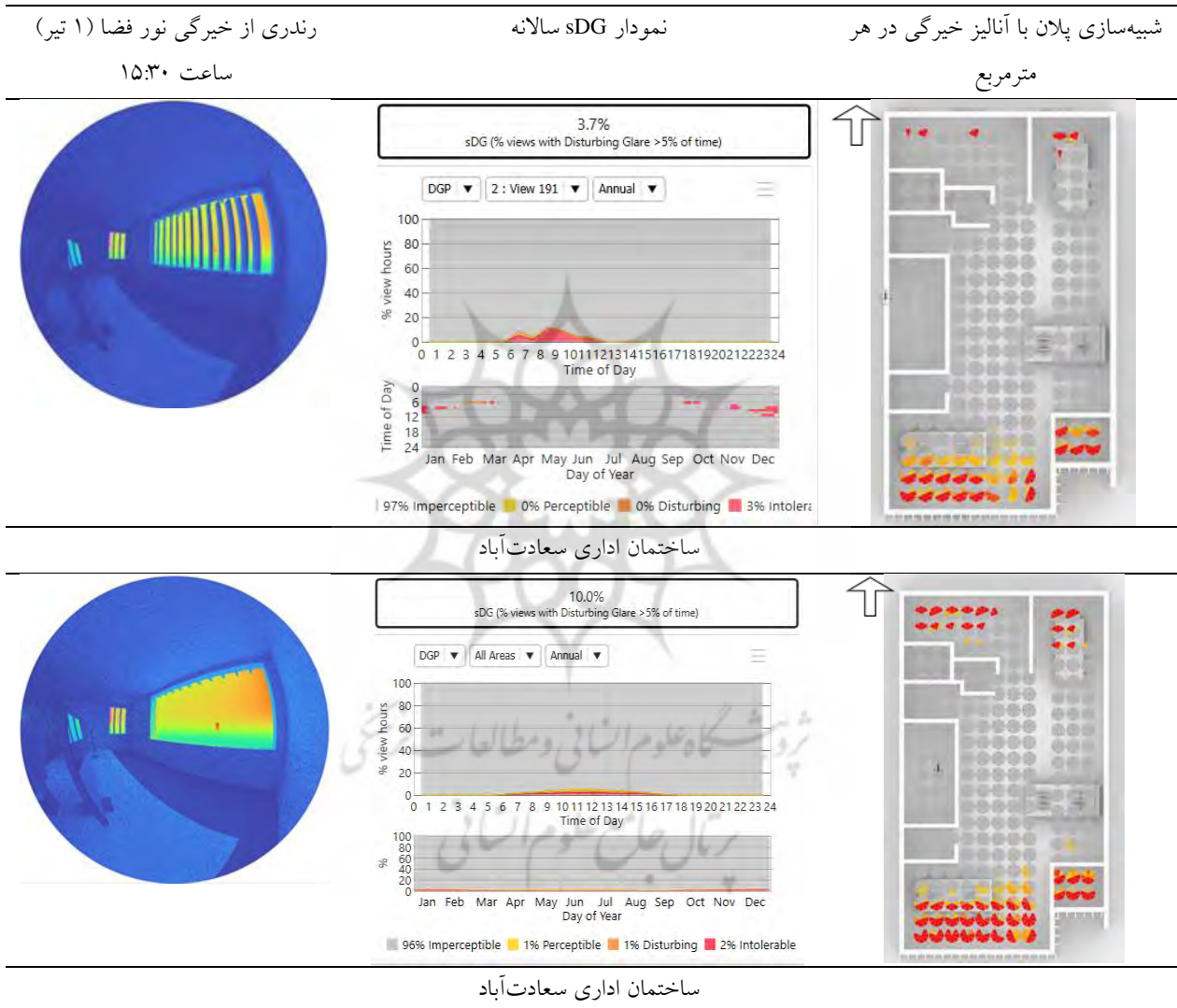
#### ۴-۲- نتایج شبیه‌سازی و تطبیق پوسته متحرک و آسایش بصری بر اساس میزان (sDG) ساختمان‌های نمونه

نتایج آنالیزها و تحلیل‌ها در مورد ساختمان اداری سعادت‌آباد که سیستم استفاده‌شده در نمای آن از نوع فعال است و به‌صورت دستی در سه زاویه ۰، ۴۵ و ۹۰ درجه می‌چرخد و جنس پنل‌های استفاده‌شده از چوب است به این ترتیب است که به‌صورت سالانه ۳۷٪ احتمال خیرگی نور را در بیش‌تر از ۵٪ درصد مواقع سبب می‌شود که از این مقدار ۳٪ خیرگی به‌صورت غیرقابل تحمل و ۹۷٪ شدت کمی دارد (جدول ۶) و در صورت نبود این پنل‌های متحرک ۱۰٪ احتمال خیرگی نور را در سال دارد که در ۹۶٪ مواقع قابل تحمل است (جدول ۶)؛ بنابراین وجود این سیستم لازم است تا احتمال خیرگی نور را در فضای داخلی تا ۶۳٪ کاهش دهد.

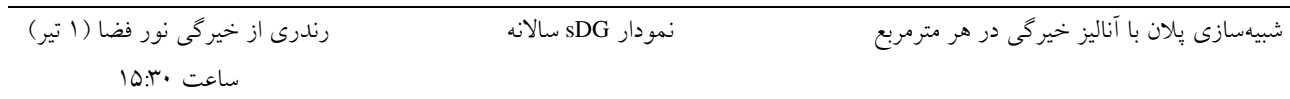
با توجه به موقعیت این ساختمان و طراحی کاربر محور و معمارانه آن، نتیجه تحلیل‌ها و بررسی‌های ساختمان اداری زمرد در چارچوب ارجاع به شاخص sDG به این شرح است: این ساختمان با وجود نمای متحرک در نمای جنوبی و غربی که از نوع فعال و باقابلیت کنترل دستی آن به‌صورت کشویی که قابل به کنترل نور روز در فضای داخل است، به‌صورت سالانه ۶۱٪ احتمال خیرگی

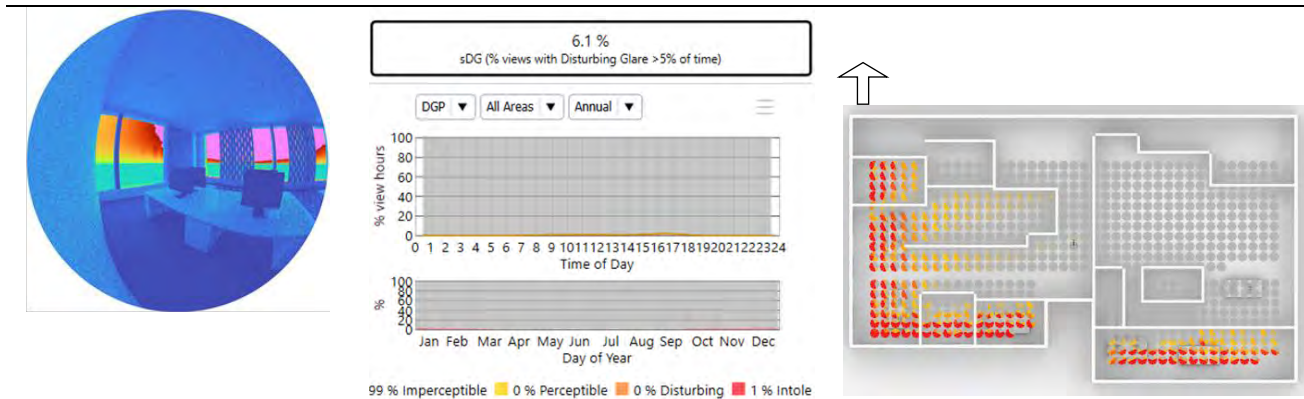
نور را در بیش‌تر از ۰.۵٪ درصد مواقع سبب می‌شود که از این مقدار ۱٪ خیرگی به‌صورت غیرقابل‌تحمل و ۰.۹۹٪ شدت کمی دارد (جدول ۷)، این در حالی است که این ساختمان در صورت نبود این پنل‌های متحرک ۱۱.۳٪ احتمال خیرگی نور را در سال دارد که تقریباً در ۰.۳٪ مواقع غیرقابل‌تحمل است (جدول ۵)؛ بنابراین وجود این سیستم راحتی بصری ساکنین این فضای اداری را تا ۰.۵٪ افزایش داده است.

جدول ۶. شبیه‌سازی و تطبیق پوسته متحرک و آسایش بصری بر اساس میزان (sDG) ساختمان اداری سعادت‌آباد (نگارنده)

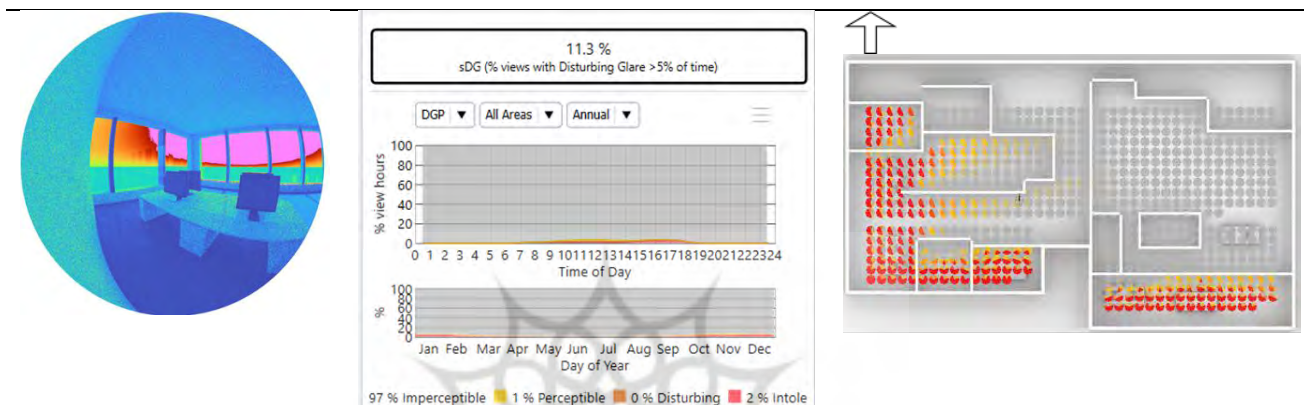


جدول ۷. شبیه‌سازی و تطبیق پوسته متحرک و آسایش بصری بر اساس میزان (sDG) ساختمان اداری زمرد (نگارنده)





ساختمان اداری زمرد ۱۱

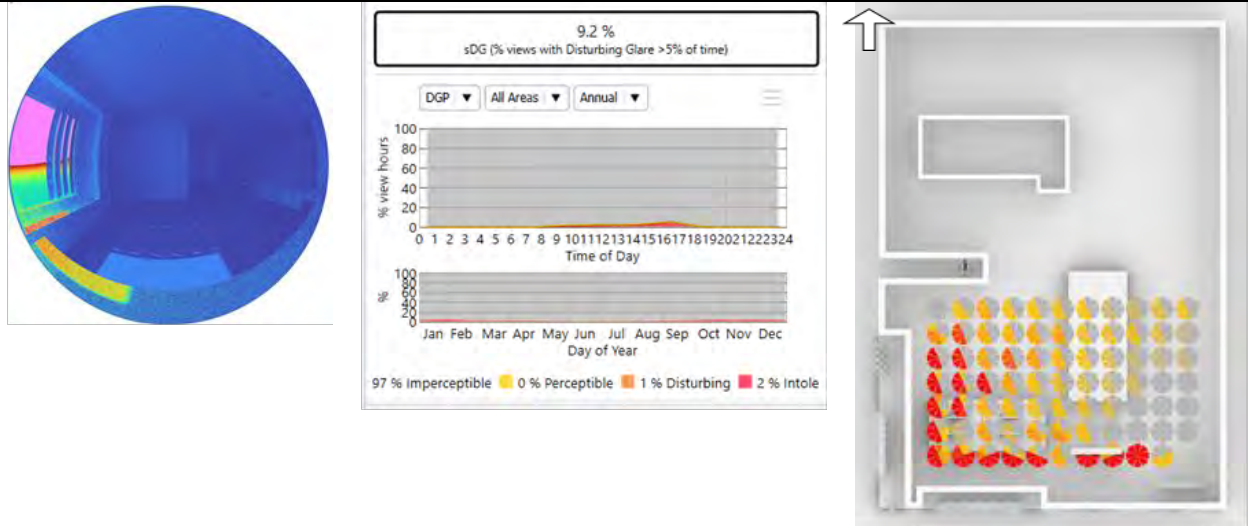


ساختمان اداری زمرد ۱۱

نتایج آنالیزها و تحلیل‌ها در مورد ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام که دارای نمای متحرک از نوع فعال و غیرفعال به دلیل طراحی خاص پنل‌های آجری متحرک و با قابلیت کنترل دستی و تا شونده به این ترتیب است که به صورت سالانه ۹.۲٪ احتمال خیرگی نور را در بیش‌تر از ۵٪ درصد مواقع سبب می‌شود که از این مقدار ۳٪ خیرگی به صورت غیرقابل تحمل و ۹۷٪ شدت کمی دارد (جدول ۸) و در صورت نبود این پنل‌های متحرک ۱۵.۸٪ احتمال خیرگی نور را در سال دارد که در ۹۵٪ مواقع قابل تحمل است (جدول ۸)؛ بنابراین وجود این سیستم احتمال خیرگی نور را در فضای داخلی تا ۶.۶٪ کاهش داده است.

جدول ۸. شبیه‌سازی و تطبیق پوسته متحرک و آسایش بصری بر اساس میزان (sDG) ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام

شبه‌سازی پلان با آنالیز خیرگی در هر مترمربع	نمودار sDG سالانه	رندری از خیرگی نور فضا (۱ تیر) ساعت ۱۵:۳۰
---	-------------------	---



ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام

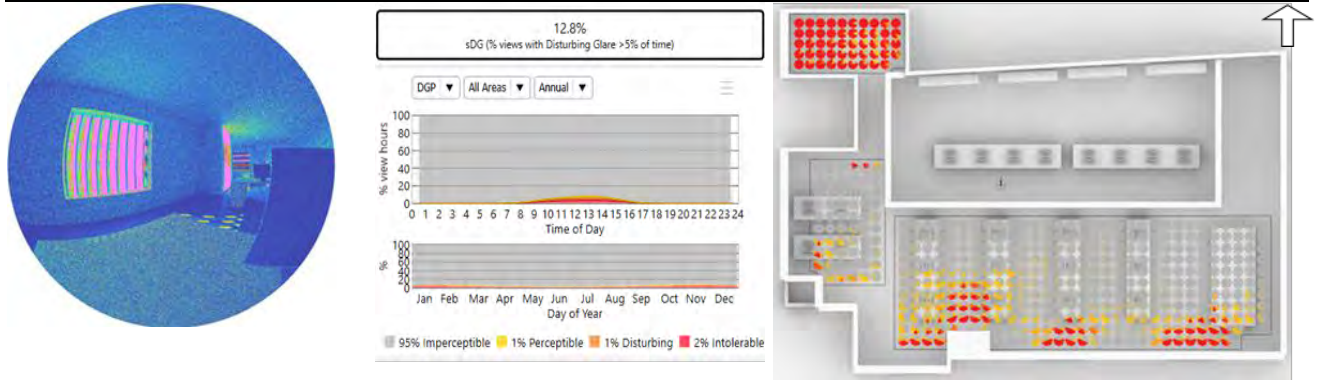


ساختمان دفتر مرکزی آجر کهن سرام

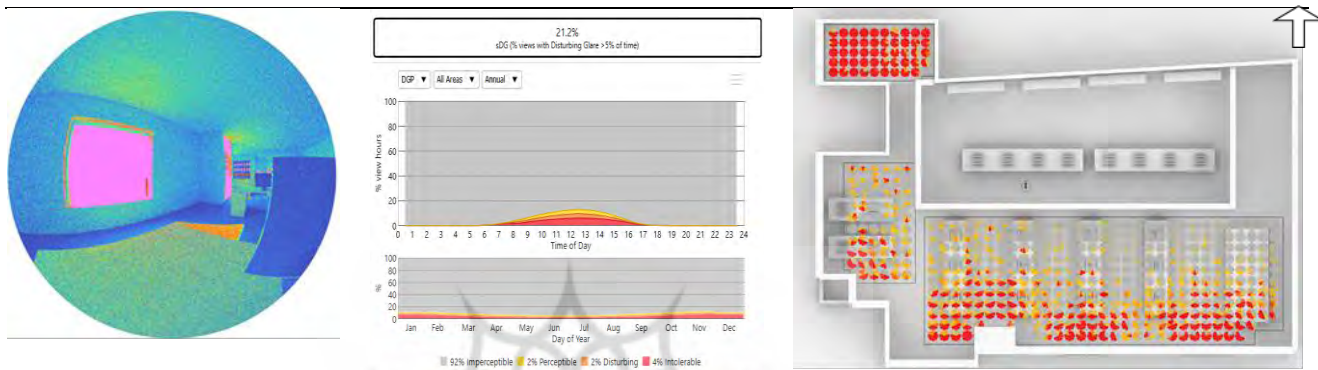
اندازه‌گیری خیرگی نور در محل بر اساس موقعیت صندلی ساکنین توسط نورسنج انجام شد که به‌صورت عمودی در ارتفاع سطح چشم کاربران نشسته (تقریباً ۱.۲۰ متر از کف) تنظیم شده است، به این ترتیب که هر چه رنگ رندر به سمت رنگ‌های روشن سبز، زرد و قرمز و در نهایت خود به صورتی متمایل باشد خیرگی نور آزارنده‌تر و هر چه به سمت رنگ تیره آبی متمایل تر باشد آسایش بصری مناسب‌تر است (جدول ۹). نتایج آنالیزهای ساختمان اداری شریف حاکی بر آن است که این ساختمان با نمای متحرک فعال چرخشی با کنترل مرکزی به‌صورت سالانه ۱۲.۸٪ احتمال خیرگی نور را در بیش‌تر از ۰.۵٪ درصد مواقع سبب می‌شود که از این مقدار ۲٪ خیرگی به‌صورت غیرقابل تحمل و ۹۵٪ شدت کمی دارد (جدول ۹) و در صورت نبود این پنل‌های متحرک ۲۱.۲٪ احتمال خیرگی نور را در سال دارد (جدول ۹)؛ بنابراین وجود این سیستم احتمال خیرگی نور را در فضای داخلی تا ۸.۴٪ کاهش داده است.

جدول ۹. شبیه‌سازی و تطبیق پوسته متحرک و آسایش بصری بر اساس میزان (sDG) ساختمان اداری شریف

شبه‌سازی پلان با آنالیز خیرگی در هر مترمربع	نمودار sDG سالانه	رندری از خیرگی نور فضا (۱ تیر) ساعت ۱۵:۳۰
---	-------------------	---



ساختمان اداری شریف



ساختمان اداری شریف

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

انتخاب و طراحی نوع سیستم نمای مناسب لزوماً باید با موقعیت جغرافیایی شهر مناسب باشد تا در مصرف انرژی و آسایش ساکنین بهترین عملکرد را پیاده سازد، با توجه به میزان قابل توجه تابش نور در شهر تهران و ازدیاد ساختمان‌های اداری در آن به‌عنوان پایتخت، استفاده از نماهای شفاف در این ساختمان‌ها در سال‌های اخیر نیازمند پوسته‌ای است تا از خیرگی نور در فضای داخلی جلوگیری نماید و همچنین میزان مناسبی از نور روز را دریافت نماید، زیرا یکی از عوامل مهم اولویت قرار دادن کاربران ساختمان اداری در جهت ارتقا عملکرد آن‌ها هست.

اکثر نمونه‌های کاربردی نماهای پاسخگو دارای سیستم فعال هستند که در آن از محرک‌های دستی، موتورهای یا حسگرها برای ارائه پاسخ به شرایط متغیر محیطی در رابطه با نور روز استفاده می‌شود. از نمونه‌های بررسی شده تنها یک مورد، مبتنی بر کنترل مرکزی نما است و سه مورد دیگر به‌صورت کنترل دستی هستند، دو نما از نماهای متحرک دارای حرکت چرخشی و نمای دیگر تاشو و دیگری به‌صورت کشویی حرکت می‌کند. با توجه به دسته‌بندی ساختاری این نمونه‌ها و شبیه‌سازی‌های انجام‌شده برای آنالیز نورتابشی و نحوه عملکرد سیستم‌ها در راستای جلوگیری از خیرگی با استفاده از شاخص‌های DGP و sDG که بیشترین کاربرد را در سنجش آسایش بصری دارند و مطابقت عملکرد این نماها در ساختمان‌ها، به این نتیجه رسیده‌شد که سیستم فعال با قابلیت کنترل مرکزی در جبهه جنوبی و غربی ساختمان با ۸.۴ درصد اختلاف بیشترین بازدهی را در طول سال داشته است.

## ۶- تقدیر و تشکر

بدینوسیله از استاد گرامی جناب آقای دکتر علیرضا کریم‌پور بابت راهنمایی‌های ارزشمندشان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## ۷- منابع

- ۱- ابراهیم‌پور، ع.، معرفت، م.، و محمدکاری، ب. (۱۳۸۳). بهینه‌سازی عایق‌کاری در ساختمان‌های با استفاده مداوم در شرایط اقلیمی ایران از لحاظ بارهای حرارتی سالیانه. فنی و مهندسی مدرس، ۱۷، ۳۳-۵۲.
- ۲- آرام، ت.، و ایرجی، ج. (۱۴۰۱). جهت‌گیری بهینه ساختمان باهدف سایه‌اندازی مطلوب و کاهش مصرف انرژی (نمونه موردی خانه موسیقی تهران). پژوهش‌های معماری نوین، ۲(۲)، ۸۰-۶۵.
- ۳- شیخی‌نشلجی، م.، و مهدی‌زاده سراج، ف. (۱۴۰۱). طراحی سایبان هوشمند برای ساختمان اداری جهت کنترل ورود نور مستقیم خورشید مبتنی بر کاهش بار سرمایشی با الگوبرداری از گره‌های ایرانی اسلامی. پژوهش‌های معماری نوین، ۲(۱)، ۲۶-۷.
- ۴- شیرازیان، م. ح.، حسینی، ب.، و نوروزیان ملکی، س. (۱۳۹۱). مطالعه‌ی تطبیقی جداره‌های خارجی (نما) در ساختمان‌های مسکونی تهران با روش تحلیل سلسله‌مراتبی. هویت شهر، ۱۸، ۷۰-۶۱.
- 5- Addington, D. M., & Schodek, D. L. (2012). *Smart materials and new technologies: for the architecture and design professions*. Routledge.
- 6- Boyce, P. R. (2003). *Human factors in lighting*. Crc Press.
- 7- Habibi, S., Valladares, O. P., & Peña, D. M. (2022). Sustainability performance by ten representative intelligent Façade technologies: a systematic review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102001.
- 8- Hopkinson, R. G. (1972). Glare from daylighting in buildings. *Applied ergonomics*, 3(4), 206-215.
- 9- <https://climatestudiodocs.com/docs/annualGlare.html>
- 10- <https://energyplus.net/weather>
- 11- <https://weatherspark.com/y/105125/Average-Weather-in-Tehran-Iran-Year-Round>
- 12- IPCC. (2007). *Adaptation and Mitigation Options*. The Intergovernmental Panel on Climate Change, Switzerland.
- 13- Jakubiec, J. A., & Reinhart, C. F. (2012). The 'adaptive zone'—A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces. *Lighting Research & Technology*, 44(2), 149-170.
- 14- Marzouk, M., ElSharkawy, M., & Eissa, A. (2020). Optimizing thermal and visual efficiency using parametric configuration of skylights in heritage buildings. *Journal of Building Engineering*, 31, 101385.
- 15- Modin, H. (2014). Adaptive building envelopes. *Chalmers University of Technology*, 18-19.
- 16- Sherbini, K., & Krawczyk, R. (2004). Overview of intelligent architecture. *1st ASCAAD international conference-design in architecture KFUPM*, 137-152.
- 17- Shi, X., Abel, T., & Wang, L. (2020). Influence of two motion types on solar transmittance and daylight performance of dynamic façades. *Solar Energy*, 201, 561-580.
- 18- Suk, J. Y., Schiler, M., & Kensek, K. (2017). Investigation of existing discomfort glare indices using human subject study data. *Building and Environment*, 113, 121-130.
- 19- Van Den Wymelenberg, K., & Inanici, M. (2014). A critical investigation of common lighting design metrics for predicting human visual comfort in offices with daylight. *Leukos*, 10(3), 145-164.
- 20- Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and buildings*, 38(7), 743-757.
- 21- Wu, J., Li, X., Lin, Y., Yan, Y., & Tu, J. (2020). A PMV-based HVAC control strategy for office rooms subjected to solar radiation. *Building and Environment*, 177, 106863.
- 22- Tao, Y. X., Zhu, Y., & Passe, U. (2020). Modeling and data infrastructure for human-centric design and operation of sustainable, healthy buildings through a case study. *Building and Environment*, 170, 106518.





# Comparative Study of the Kinetic Facades of Office Buildings in Tehran Based on the Visual Comfort with Using (sDG) and (DGP) indices

Arezo Malek<sup>1</sup>, Avide Talai\*<sup>2</sup>

1-Ph.D. student, Department of Architecture, Tehran West Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

malek.arezoo@wtiau.ac.ir

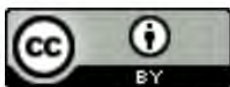
2-Assistant Professor, Department of Architecture, Tehran West Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)

talaei.avideh@wtiau.ac.ir

## Abstract

Considering the increase in the trend of using transparent facades in office buildings to utilize daylight in the space of buildings, creating measures to prevent excessive penetration of sunlight in such spaces and increasing the visual comfort and spatial quality for users and thus improving performance. And as a result, reducing energy consumption is essential, so using kinetic facades in this period of time is effective and profitable in order to improve technology and save resources. In Tehran, only a few studies have focused on this subject, and therefore, applicable criteria are needed to meet local preferences. This study was carried out with the aim of comparing these facades in terms of visual comfort using index-based evaluation (DGP) in four office spaces located in Tehran, Iran through two steps. The first step studying the types of mobile systems and the way they respond by referring to library documents, and the second step, modeling the interior and exterior of the samples and analysis based on their characteristics. In conclusion, the result of the research is that the kinetic facade with an active system and central control had the best performance among all types of systems with a difference of 8.4%.

**Keywords:** Office buildings, Visual comfort, Kinetic facades



This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License

(CC BY 4.0)