ISSN: 2538-3019, EISSN: 2676-4806
DOI: 10.30479/AT.2020.10857.1231
دوفصلنامهٔ اندیشهٔ معماری، نشریهٔ علمی، سال چهارم، شمارهٔ هشتم، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، صص ۱۳۵-۱۵۳

بررسی تحلیلی تاثیر پارامترهای کالبدی پوسته در ایجاد آسایش بصری خانه‌های سنتی اقلیم گرم و خشک ایران (نمونه موردی: اتاق‌های پنج دری خانه‌های سنتی یزد)

محبوبه پوراحمدی[۱]، محمدعلی خانمحمدی*[۲]، فرهنگ مظفر[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۸/۱۲/۱۷

چکیده

بیان مساله: باوجود این‌که بسیاری از تحقیقات در حال انجام در مورد نور در ساختمان به ارزیابی انرژی‌کارایی آن می‌پردازند، ولی آسایش بصری نیز به همان اندازه مهم است. با تایید عملکرد انرژی خانه‌های سنتی یزد و پایداری محیطی در آن‌ها، این نکته مطرح است که این ساختمان‌ها چگونه در ارتباط با عملکرد آسایش بصری واکنش نشان داده و آیا پارامترهای کالبدی پوسته، تامین کننده شرایط آسایش بصری ساکنان می‌باشد.

سوال تحقیق: سوالات اصلی پژوهش را می توان به این صورت مطرح نمود که آیا پارامترهای کالبدی پوسته (نوع شیشه و سایه بان) در اتاق‌های پنج‌دری خانه‌های سنتی یزد، تامین کننده آسایش بصری در فضاهای مورد استفاده می‌باشند و هم چنین حذف این پارامترها از پوسته چه تاثیری در عملکرد بصری فضاهای مورد استفاده دارند؟

اهداف تحقیق: هدف اصلی این پژوهش، بررسی تحلیلی تاثیر پارامترهای کالبدی پوسته خانه‌های سنتی اقلیم گرم و خشک ایران بر آسایش بصری ساکنین می‌باشد.

روش تحقیق: در این پژوهش با در نظر گرفتن اتاق‌های پنج‌دری که عمده فعالیت های ساکنان خانه در آن انجام می‌گرفته است، ابتدا با در نظر گرفتن دو شاخص پویای کفایت مکانی نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید، میزان این شاخص‌ها در حالت‌های متفاوت کالبدی مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله بعد تحلیل خیرگی انجام پذیرفت.

مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری تحقیق: نتایج نشان می‌دهد تنها در جبهه شمال‌غربی دستیابی به تاییدیه لید، صورت می‌پذیرد. هم‌چنین تنها در این جبهه، خیرگی به صورت غیر قابل درک می‌باشد. بنابراین پارامترهای کنونی پوسته در این جبهه، پاسخ مناسبی به ایجاد آسایش بصری در فضا می‌باشد.

کلمات کلیدی: پارامترهای کالبدی پوسته، آسایش بصری، اتاق پنج‌دری، اقلیم گرم و خشک

۱- پژوهشگر دکترا معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران. ایمیل: ma_pourahmadi@arch.iust.ac.ir
۲- دانشیار، گروه معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران (نویسنده مسئول). ایمیل: khanmohammadi@iust.ac.ir
۳- دانشیار، گروه معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران. ایمیل: m.mozaffar@aui.ac.ir

** این مقاله برگرفته از رساله دکتری معماری محبوبه پوراحمدی با عنوان "بهینه سازی بازشوها از منظر خیرگی در ساختمان های آموزشی اقلیم گرم و خشک ایران، نمونه موردی ساختمان های دانشگاهی شهر یزد" بوده است که با راهنمایی دکتر محمدعلی خانمحمدی و دکتر فرهنگ مظفر در دانشگاه علم و صنعت ایران در حال انجام است.

۱- مقدمه

طراحی ساختمان و فضاها با کیفیت های نور روز بسیار مطلوب می‌باشد. این کیفیت ها شامل ارتباط با بیرون از طریق دید و نور طبیعی، کاهش استفاده از روشنایی الکتریکی و حفظ آسایش بصری می باشد. نور روز عموما باعث بهبود احساس سلامتی، شادابی و هوشیاری می-شود. بدون وجود سطوح نور مناسب، افراد نمی توانند فعالیت‌های روزمره خود را به طور موثر، کارآمد و راحت انجام دهند (Boyce & Smet, 2014). سطوح روشنایی به طور قابل توجهی بر فیزیولوژی و سایکولوژی افراد تاثیر می‌گذارد. کمبود نوردهی منظم، ممکن است سبب ایجاد یک‌سری علائم مانند خستگی، استرس، تغییر فاز و اختلالات فصلی شود (Cai, 2013).

علاوه بر این، بر اساس گزارش منتشر شده توسط آژانس بین المللی انرژی، نور مصنوعی مسئولیت میزان تلفیقی ۱۴ درصد مصرف برق را بر عهده دارد (McNeel, 2010)؛ لذا بهره‌برداری از نور طبیعی یک عامل مهم برای کاهش انرژی است. با وجود این که بسیاری از تحقیقات در حال انجام در مورد نور در ساختمان به ارزیابی انرژی کارایی آن می‌پردازند، طبق گفته لینهارت و اسکارتزینی، آسایش بصری نیز به همان اندازه مهم است (Linhart & Scartezzini, 2011).

در پژوهش‌های متعددی عملکرد خانه‌های سنتی یزد از لحاظ پایداری و مصرف انرژی مورد توجه قرار گرفته است و این بناها به عنوان نمونه‌های موفق معماری بومی در این زمینه‌ها مطرح شده‌اند. ولی تا کنون پژوهش شاخصی در ارتباط با عملکرد آسایش بصری این فضاها صورت نگرفته است. این پژوهش به دنبال آن است تا تاثیر پارامترهای کالبدی پوسته در ایجاد آسایش بصری خانه‌های سنتی اقلیم گرم و خشک ایران را بررسی نموده و تعیین نماید این پارامترها چه تاثیری در عملکرد بصری فضاهای مورد استفاده داشته‌اند.

۲- پرسش‌های پژوهش

با توجه به این‌که در این پژوهش، اتاق های پنج دری به عنوان نمونه موردی در نظر گرفته شدند، سوالات اصلی پژوهش را می توان به صورت زیر مطرح نمود:

- آیا پارامترهای کالبدی پوسته (نوع شیشه و سایه بان) در اتاق‌های پنج‌دری خانه‌های سنتی یزد، تامین کننده آسایش بصری در فضاهای مورد استفاده می‌باشند؟
- حذف این پارامترها از پوسته چه تاثیری در عملکرد بصری فضاهای مورد استفاده دارند؟

۳- فرضیه تحقیق

فرضیه تحقیق را می توان به این صورت مطرح نمود که وضعیت فعلی پوسته در خانه های سنتی اقلیم گرم و خشک ایران، تامین کننده آسایش بصری استفاده کنندگان بوده است.

۴- پیشینه تحقیق

پیشینه پژوهش‌ها در زمینه آسایش بصری به حدود ۹۰ سال پیش باز می‌گردد. بخشی از پژوهش‌ها به ارائه معیاری برای ارزیابی آسایش بصری و بخشی دیگر به بهینه‌سازی کالبدی بازشوها از منظر آسایش بصری اشاره دارند.

منزن و کلاریچ، بهینه‌سازی انرژی و نور روز را برای یک سایه‌بان شیبدار ثابت و پرده‌های کرکره‌ای داخلی بر روی بازشوهای نمای جنوبی انجام دادند (Manzan & Clarich, 2017). مدول‌های شبیه‌سازی در یک حلقه بهینه‌سازی خودکار با استفاده از مدل مرزی، مناسب برای شبیه‌سازی طولانی ادغام شدند. نتایج، راه حل‌های بهینه‌ای را نشان داد، هم‌چنین بر روی مصرف انرژی یا کاهش ساعات استفاده از پرده‌ها نیز تمرکز کرد.

لیم و همکاران، پژوهشی را به منظور ارزیابی نور روز در یک ساختمان اداری در مالزی انجام دادند. بر اساس پژوهش‌های شبیه‌سازی آن‌ها دریافتند که با تغییر نوع شیشه و افزودن سایه‌بان‌های داخلی، بهبود قابل توجهی در کیفیت آسایش بصری و کاهش خیرگی حاصل خواهد شد (Y.W. Lim, M.Z. Kandar, M.H. Ahmad, D.R. Ossen, 2012).

شن و زمپلیکو تاثیر استراتژی‌های متفاوت کنترل سایه-بان را بر روی مصرف انرژی و آسایش بصری در یک فضای اداری بررسی کردند. سایه بان‌های داخلی به منظور مسدود کردن تابش خورشیدی استفاده شدند و با از بین بردن خیرگی، آسایش بصری استفاده کنندگان از

ساختمان را ارتقا دادند. آن‌ها چهار مدل سایه بان را مدلسازی کردند تا بهره‌وری از نور روز را بیشتر و احتمال ناراحتی بصری را کاهش دهند (Shen & Tzempelikos, 2013).

۵- روش تحقیق

روش تحقیق پژوهش فعلی با روش توصیفی- تحلیلی و بر اساس دو رویکرد تحقیق تجربی و تحقیق شبیه‌سازی انجام شده است. ابتدا با تجزیه و تحلیل منابع کتابخانه-ای، منابع نظری پژوهش و معیارهای ارزیابی آسایش بصری مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه مدل مورد نظر با ارزیابی میدانی انتخاب شد و الگوهای رفتاری ساکنین بر اساس فصل و ساعات روز مورد ارزیابی قرار گرفت.

در ادامه یک دسته‌بندی کلی از موقعیت و ابعاد اتاق‌های پنج دری صورت گرفت و مدل مورد نظر انتخاب شد. به منظور بررسی عملکرد آسایش بصری در مرحله اول این فضاها از لحاظ روشنایی مورد بررسی قرار گرفته و موقعیت‌هایی که مورد تایید واقع شدند، در مرحله دوم از بابت خیرگی نیز ارزیابی شدند. برای ارزیابی روشنایی از روش شبیه‌سازی با نرم افزار رادیانس[۱] از طریق پلاگین دیوا[۲] و برای ارزیابی خیرگی از نرم افزار اولگلیر[۳] استفاده شد.

۶- مبانی نظری

تعریف و درک درست از آسایش بصری[۴]، یک عنصر کلیدی برای تعریف اهداف عملکرد روشنایی در ساختمان می‌باشد و در استاندارد اروپا به این صورت تعریف می‌شود : «شرایط ذهنی بصری لذت بخش ناشی از محیط بصری» (EN 12665, 2011) و این امر به شرایط فیزیولوژی چشم انسان و کمیت‌های فیزیکی وابسته است (Carlucci, Causone, De Rosa, & Pagliano, 2015).

۶-۱- انواع شیوه‌های ارزیابی آسایش بصری

ارزیابی دسترسی به نور روز در محیط داخل و آسایش بصری، می‌تواند با دو رویکرد محاسباتی متفاوت انجام شود. رویکرد ایستا[۵] که هدف، تایید میزان نور روز در شرایط خاص می‌باشد (به عنوان مثال آسمان ابری)؛ و شیوه پویا[۶]، که میزان نور روز را در تمام سال با در نظر گرفتن تغییرات زمان و شرایط آب و هوایی می‌سنجد.

انتخاب بین این دو رویکرد، بسته به هدف تجزیه و تحلیل می‌باشد (Bellia, Fragliasso, & Stefanizzi, 2016). در نمودار ۱ تعدادی از مهم‌ترین شاخصه‌های استفاده شده برای توصیف محیط نوری بیان شده است. در جدول شماره ۱ نیز شاخص‌های مرتبط با هر رویکرد معرفی شده و متغیرهای در نظر گرفته شده در هر شاخص مشخص شده است.

۶-۲- معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی آسایش بصری

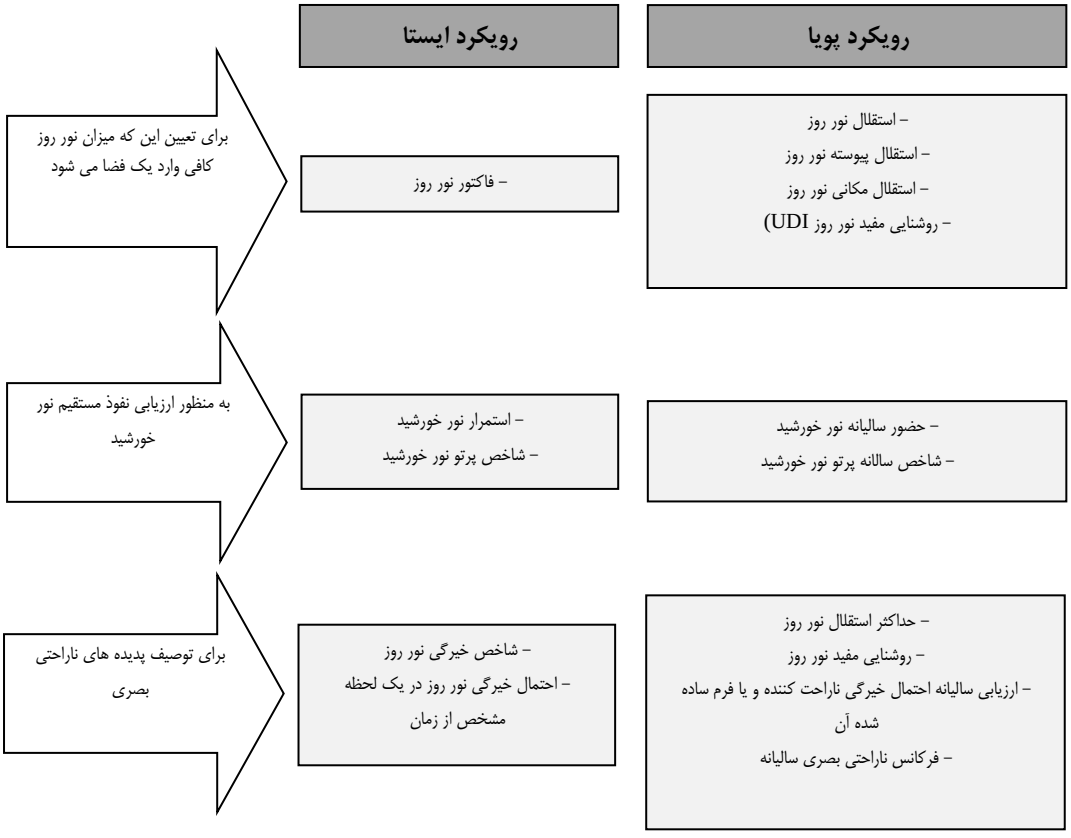
۶-۲-۱- معیارهای ارزیابی روشنایی

معیارهای ایستا برای ارزیابی عملکرد نور روز، برای مدت طولانی رایج بوده‌اند، اما در سال‌های اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای تبدیل به معیارهای پویا شده‌اند (Reinhart, 2004). در واقع نمی‌توان کیفیت نور روز یک محیط فیزیکی را در یک لحظه ارزیابی نمود، زیرا نور روز بسته به حرکت خورشید، تغییر فصول و شرایط آب و هوایی، تغییر می‌کند. بر خلاف معیارهای پویا، معیارهای ایستا تغییرات نور روز را با تغییرات روزانه و فصلی در نظر نمی‌گیرد و معمولا به شرایط آسایش کاربران توجهی ندارد (Jakubiec & Reinhart, 2015).

با در نظر گرفتن شرایط متفاوت آسمان، معیارهای پویا که معیارهای مبتنی بر اقلیم نامیده می‌شوند، رویکرد جامع‌تری را برای آنالیز نور روز یک فضا اتخاذ می‌کنند (Mardaljevic, Heschong, & Lee, 2009).

در سال ۲۰۱۲ انجمن مهندسی روشنایی آمریکای شمالی[۷]، دو معیار پویا را معرفی کرد: کفایت نور روز[۸] و نفوذ سالیانه نور خورشید[۹]. این دو معیار به منظور ارزیابی نور روز داخل یک فضا عملکرد جامعی را ارئه می‌کنند (Jakubiec, 2014).

بعد از اعتبارسنجی این معیارها در چندین پروژه پژوهشی، استانداردهای متفاوت ساختمان، این معیارها را در استانداردهای خود اعمال کردند. اعتبار قابل قبول لید[۱۰] در شبیه‌سازی نور روز، برای استقلال مکانی نور روز بیشتر از ۵۰ درصد و ۷۵ درصد در ساعات اشغال و برای نفوذ نور خورشید زیر ۱۰ درصد را در تمام مساحت کف اشغال شده به ترتیب برای رسیدن به امتیاز ۲ و ۳ در نظر می‌گیرد.



نمودار ۱– تعدادی از مهم ترین شاخصه‌های استفاده شده برای توصیف محیط نوری، ماخذ: (Bellia et al., 2016)

جدول ۱– معرفی شاخصه‌های مرتبط با رویکرد پویا و ایستا و متغیرهای در نظر گرفته شده در هر شاخص

رویکرد	شاخص	تعریف	متغیر در نظر گرفته شده
ایستا	فاکتور نور روز	نسبت روشنایی افقی بیرون به روشنایی افقی داخل در همان زمان در شرایط آسمان ابری	روشنایی افقی بیرونی روشنایی افقی داخلی
	استمرار نور خورشید	مدت زمانی از روز که نور خورشید می‌تواند وارد یک فضا شود.	زمان بروز نور خورشید
	شاخص پرتو نور خورشید	مساحت مقطعی از پرتو نور خورشید که از طریق بازشو عبور می‌کند. این شاخص را می توان به صورت سالانه ارائه کرد و شاخص پرتو سالانه نور خورشید نامید.	مساحت نورگذر بازشو مدت زمان بروز خورشید کسینوس زاویه برخورد
	شاخص خیرگی نور روز	این شاخص با هدف تعریف خیرگی ناراحت کننده نور روز تعریف شده و در چهار دسته بر اساس درک خیرگی، طبقه‌بندی شده است: – محسوس کمتر از ۲۰ – قابل قبول بین ۲۰ و ۲۴ – ناراحت کننده بین ۲۴ و ۲۸ – غیر قابل تحمل بالاتر از ۲۸	روشنایی هر بخش از بازشو متوسط روشنایی محیط متوسط وزنی روشنایی بازشو زاویه فضایی متناظر با بازشو زاویه فضایی تصحیح شده به وسیله شاخص فضایی گوث
	احتمال خیرگی نور روز در یک لحظه مشخص از زمان	درصدی از مردم که به طور بالقوه توسط خیرگی، آزار می‌بینند.	روشنایی بازشو زاویه فضایی متناظر با بازشو روشنایی عمودی چشم شاخص موقعیت گوث
	– استقلال نور روز	درصد سالیانه زمان اشغال یک فضا، که نور روز برای رسیدن به حداقل روشنایی مورد تایید استانداردها کافی می‌باشد.	روشنایی افقی

پویا	استقلال پیوسته نور روز	نسبت روشنایی نور روز به روشنایی مشخص شده توسط مقررات	روشنایی افقی
	حداکثر استقلال نور روز	درصد سالیانه زمانی که روشنایی نور روز از روشنایی هدف تجاوز می‌کند و روشنایی آن ۱۰ بار بیشتر از آن است.	روشنایی افقی
	استقلال فضایی نور روز	درصدی از صفحه کار که شدت روشنایی به لطف نور روز، تا ۵۰ درصد ساعات کار در طول سال تامین می‌شود.	روشنایی افقی
	روشنایی مفید نور روز	درصد سالیانه زمان که روشنایی نور روز شامل چهار محدوده متفاوت می‌شود: ۱۰۰-۰ لوکس (که نور روز برای انجام کارهای بصری کافی نیست) ۱۰۰ لوکس (سطح نور روز کافیست اما کمتر از مقدار تجویزی مقررات است و در نتیجه باید با روشنایی الکتریکی ادغام شود)۲۰۰۰ لوکس (نور روز برای انجام کارهای بصری کافی می-باشد) بیشتر از۲۰۰۰ لوکس (نور روز ممکن است ناراحت تشخیص داده شود)	روشنایی افقی
	– حضور سالیانه نور خورشید	درصدی از صفحه کار که شدت روشنایی مربوط به مولفه مستقیم نور روز بیش از۱۰۰۰ لوکس برای حداقل ۲۵۰ ساعت در سال می‌باشد.	مولفه روشنایی به دلیل نور مستقیم خورشید
	شاخص سالانه پرتو نور خورشید	شاخص پرتو نور خورشید می‌تواند به صورت سالیانه ارائه شود.	مساحت نورگذر بازشو مدت و زاویه برخورد خورشید
	احتمال سالانه خیرگی ناراحت کننده	درصدی از مردم که به طور بالقوه توسط خیرگی، آزار می‌بینند. می-توان آن را به صورت سالیانه یا از طریق روش‌های محاسباتی ساده شده نشان داد.	روشنایی بازشو زاویه فضایی متناظر با بازشو روشنایی عمودی چشم شاخص موقعیت گوث
	فرکانس ناراحتی بصری سالیانه	درصدی از زمان کار در سال که هیچ یک از دو معیار زیر رضایت بخش نیستند: ۱) روشنایی پرتو (برای نمونه روشنایی به دلیل نور مستقیم خورشید بر روی چشم باید کمتر از ۱۰۰۰ لوکس باشد. ۲) مجموع روشنایی عمودی بر روی چشم باید کمتر از ۲۶۷۰ لوکس باشد.	روشنایی پرتو (برای نمونه روشنایی به دلیل نور مستقیم خورشید بر روی چشم) مجموع روشنایی عمودی بر روی چشم

طبق استاندارد انجمن مهندسی روشنایی، زمانی که کفایت نور روز بالای ۵۵ درصد باشد، فضا «خنثی» یا «قابل قبول» در نظر گرفته می‌شود و زمانی که بالای ۷۵ درصد باشد، فضا «مطلوب» می‌باشد (IES, 2012).

۶-۲-۱-۱- کفایت مکانی نور روز

این شاخصه، معیاری برای توصیف سالیانه سطوح مکفی آشکار نور روز در یک محیط داخلی می‌باشد و به صورت درصدی از یک سطح آنالیز شده که حداقل سطح روشنایی نور روز برای یک بخش خاصی از ساعات کار در هر سال را دارا می باشد، تعریف شده است. محاسبه آن بر اساس فرمول زیر می باشد:

$$sDA_{x/y\%} = \frac{\sum_i (wf_i \cdot DA)}{\sum_i p_i} \in [0,\ 1]$$
$$\text{with} \quad wf_i = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad DA \geq DA_{limit} \\ 0 & \text{if} \quad DA < DA_{limit} \end{cases},$$

x سطح روشنایی مرجع و y کسری از زمان، p_i نقاطی هستند که متعلق به محاسبه شبکه‌ها می‌باشد. آنالیز استقلال مکانی نور روز در انجمن مهندسی روشنایی به صورت درصدی از نقاط سطوح آنالیز بیان می‌شود که آستانه روشنایی آن‌ها برای ۵۰٪ ساعات اشغال، مساوی یا بیشتر از ۳۰۰ لوکس می‌باشد (ارزیابی شده از ساعت ۸ صبح تا ۶ بعد از ظهر ساعت محلی) (IES, 2012).

جدول ۲- معرفی تعدادی از شاخصه‌های ناراحتی خیره کننده در چهار مقیاس احساس خیرگی (Suk, Schiler, & Kensek, 2016)

درجه احساس خیرگی	احتمال آسایش بصری	شاخص خیرگی سی آی ای	شاخص خیرگی نور روز	نرخ خیرگی یکپارچه	احتمال خیرگی نور روز
غیر قابل تحمل	۴۰<	۲۸<	۳۱<	۲۸<	۰/۴۵<
آزار دهنده	۴۰-۶۰	۲۲-۲۸	۲۴-۳۱	۲۲-۲۸	۰/۴-۰/۴۵
قابل درک	۶۰-۸۰	۱۳-۲۲	۱۸-۲۴	۱۳-۲۲	۰/۳۵-۰/۴
غیر قابل درک	۸۰<	۱۳<	۱۸<	۱۳<	۰/۳۵<

۶-۲-۱-۲- نفوذ سالیانه نور خورشید

این شاخص به صورت درصدی از صفحه کار است که شدت روشنایی مربوط به مولفه مستقیم نور روز بیش از ۱۰۰۰ لوکس برای حداقل ۲۵۰ ساعت در سال می‌باشد. ارزیابی نفوذ نور خورشید، بر اساس روشنایی افقی می‌باشد و به طور خاص بر روی محاسبه مولفه‌های روشنایی به دلیل نور خورشید، تمرکز می‌کند.

۶-۲-۲- معیارهای ارزیابی خیرگی

خیرگی زمانی اتفاق می‌افتد که چشم‌ها با یک روشنایی مشخصی سازگار شده‌اند، سپس نور آزاردهنده، منحرف و گاهی اوقات خیره کننده در داخل میدان بصری ظاهر می‌شود. خیرگی یک پدیده پیچیده ایست و رویکردهای متفاوتی در ارزیابی آن برای محاسبه قابلیت‌های ایجاد ناراحتی به کار گرفته شده‌اند. روش مستقیم شامل اندازه‌گیری و محاسبه روشنایی یک منبع نوری مشخص است که توسط یک نقطه مشاهده معین دیـــده می‌شود.

دقیق‌ترین رویکرد، نسبت خطر خیرگی به کنتراست روشنایی یک شی در میدان بصری یک مشاهده‌کننده است. سایر شاخصه های خیرگی بر اساس معادلاتی است که تعدادی از فاکتورهای کلیدی را به قضاوت‌های ذهنی درجه ناراحتی تجربه شده در محیط‌های داخلی مربوط می‌کند (Osterhaus, 2005). در اصل، این شاخصه‌ها به کنتراست بین روشنایی منبع خیرگی، منبع اندازه زاویه دیده شده از دیدگاه مشاهده‌کننده و روشنایی پس‌زمینه، همان‌گونه که از موقعیت مشاهده‌کننده دیده می‌شود، توجه دارد (Linney, 2008).

خیرگی یک پدیده پیچیده‌ایست و رویکردهای متفاوتی در ارزیابی آن برای محاسبه قابلیت‌های ایجاد ناراحتی به کار گرفته شده‌اند. برای ارزیـابی خیرگی نور روز، عموما از شاخص احتمال خیرگی نور روز[11] استفاده می‌شود.

این شاخص بر اساس ایلومیننس عمودی چشـــم و هم‌چنین لومیننس منبع خیرگی، زاویه فضایی آن و موقعیت شاخص می‌باشد. در مقایسه با شاخصه‌های خیرگی موجود، احتمال خیرگی نور روز، همبستگی بسیار قوی‌ای را با واکنش کاربران درباره درک خیرگی نشان می‌دهد. در جدول شماره ۲، تعدادی از شاخصه‌های خیرگی ناراحت کننده در چهار مقیاس احساس خیرگی، مقایسه شده‌اند.

۷- مطالعات و بررسی ها

۷-۱- معرفی مدل مورد بررسی

معماری سنتی ایران دارای ویژگی‌های منحصر به فردی بوده که ضمن توجه به محیط زیست، پاسخگوی نیازهای انسانی نیز بوده است. خانه های سنتی یزد نمونه‌ای از مسکن بومی است که دارای خصوصیات کالبدی و عملکردی متفاوت است. توده و فضا در این خانه‌ها به دلایل متعددی شکل می‌گرفته است که از این میان می‌توان به اقلیم، مناسبات فرهنگی، ویژگی‌های اجتماعی و ... اشاره کرد.

آن‌چه در خانه‌های سنتی یزد مشاهده می‌کنیم منطبق بودن با اقلیم و در نتیجه استفاده مطلـوب از محیط در راستای بهبود کیفیت زندگی می‌باشد. شرایط طبیعی و اقلیم یکی از مهم‌ترین تدابیر در معماری این بناها بوده است. استفاده از نور طبیعی در گذشته یکی از ارکان ساخت و ساز بناها بوده و بدون توجه به قوانین حرکـــت خورشیـــد و نـــور آسمان، انتخاب جهت، ابعاد، تناسبات و ترکیب فضاهای پر و خالی در مجموعه‌های ساختمانی بی‌معنی بود. این نیاز موجب شده بود که از همان ابتدای

کار و انتخاب ایده‌های اصلی طراحی، امکان روشن کردن فضاهای داخلی با نور طبیعی یکی از نیازهای اصلی و بدیهی به شمار آید.

در این پژوهش اتاق‌های پنج‌دری در خانه‌های سنتی یزد به منظور ارزیابی عملکرد نور روز و ایجاد آسایش بصری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این فضاها، عموما به عنوان یکی از اتاق‌های اصلی خانه در نظر گرفته شده و عمده فعالیت‌های روزمره در این فضا انجام می‌شده است. بر اساس یک تقسیم بندی کلی از موقعیت اتاق پنج‌دری در بیست خانه مورد مطالعه، این فضا در سه جبهه شمال-غربی، شمال‌شرقی و جنوب‌شرقی مورد بررسی قرار گرفت. در بین خانه‌های مورد بررسی، پنج‌دری در خانه-های شفیع‌پور، لاری‌ها، مستروای و مرتاض در جبهه جنوب‌شرقی واقع شده بود. این فـــضا در خانه‌های شفیع پور، اردکانیـــان، علیرضا عرب، لاری‌ها، عرب‌ها، مرتاض، سمسار و گلشن، در جبهه شمال‌شرقی و در خانه‌های رسولیان، اخوان سیگاری، کلاهدوزها، اردکانیان، مستر-وای، علیرضا عرب، مرتاض و فاتح‌ها در جبهه شمال-غربی قرار گرفته بود. در جدول شماره ۳، اتاق پنج‌دری در یک نمونه از هر جبهه، بر اساس هندسه خورشیدی مورد تحلیل قرار گرفته است. به منظور مدل‌سازی، پنج-دری خانه شفیع‌پور در جبهه جنوب‌شرقی (تصویر ۱-الف)، پنج‌دری خانه ابریشمی (تصویر ۱-ب) در جبهه شمال‌شرقی و پنج‌دری خانه کلاهدوزها در جبهه شمال-غربی (تصویر ۱-ج) به دلیل ابعاد تقریبا مشابه انتخاب شدند.

۷-۲- الگوی رفتاری خانه‌های سنتی متناسب با اقلیم

هدف از ارائه این بخش، مد نظر قرار دادن شرایط استفاده متناسب با رفتار و هندسه خورشید می‌باشد تا با تحلیل‌های نرم افزاری انجام شده در بخش‌های بعد، درک بهتری از اندیشه نهفته در معماری سنتی به دست بیاید.

۷-۲-۱- الگوهای رفتاری متناسب با فصل

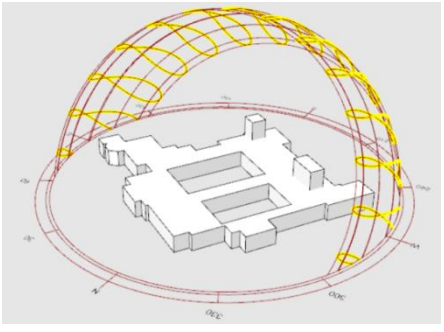
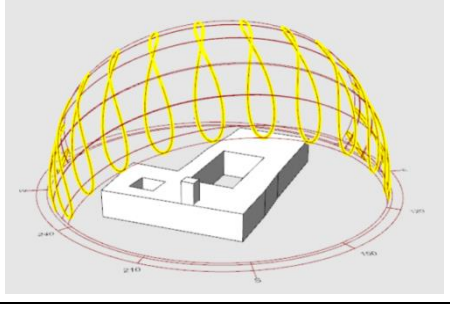
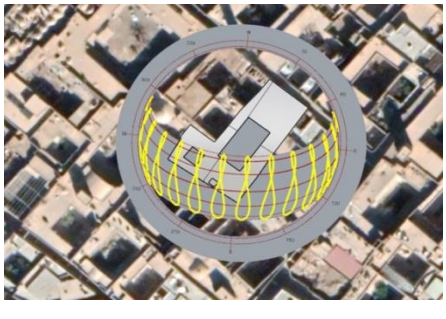
یکی از الگوهای رایج استفاده از خانه های سنتی بر اساس نورخورشید، تقسیم بندی فضاها به دو دسته تابستان‌نشین و زمستان‌نشین بوده است. جبهه تابستان-نشین در وجه جنوبی حیاط قرار گرفته است تا در تابستان از تابش مستقیم آفتاب در امان بماند و روی محور اصلی آن معمولاً فضای نیمه باز با تالار قرار می-گیرد. این تالارها و ایوان‌ها جز در مواقع بسیار سرد سال مهم‌ترین فضای زندگی در خانه بوده‌اند. زمستان‌نشین نیز به همه‌ی فضاهایی که در وجه شمالی حیاط ساخته می‌شوند تا از آفتاب زمستان که با زاویه‌ای مایل به درون اتاق‌ها می‌تابد استفاده کنند، گفته می‌شود، اما مجموعه-ی معینی از فضاها با رابطه‌ای خاص، مجموعه‌ی فضاهای زمستان‌نشین را تشکیل می‌دهند که عبارتند از سه‌دری، پنج‌دری و شکم‌دریده که روی محور اصلی قرار می‌گرفته‌اند.

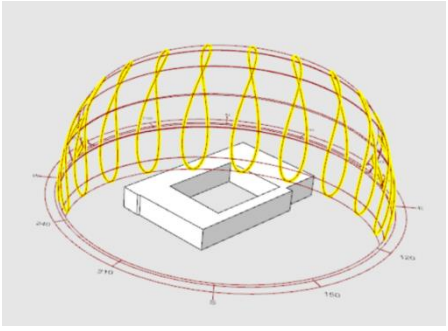
در جدول شماره ۴ موقعیت فضاهای تابستان‌نشین و زمستان‌نشین و رفتار جاری سنتی آن‌ها در سه مدل پیشنهادی ارائه شده است. با بررسی جدول، مشخص می‌شود، تالار در فصل تابستان، فضای اصلی خانه را شکل داده و عمده فعالیت‌ها در آن انجام می‌شده است. ولی در فصل زمستان، بیشتر فعالیت‌ها در اتاق‌های پنج-دری و سه‌دری انجام می‌شده است.

۷-۲-۲- الگوهای رفتاری متناسب با ساعات روز

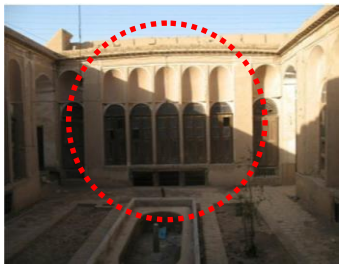
الگوی رفتاری افراد در خانه‌های سنتی بر اساس تابش روزانه خورشید نیز متفاوت بوده است. فضاهای جبهه جنوب‌شرقی کمترین استفاده را نسبت به سایر جبهه ها داشته‌اند. عمده دلیل آن، به خاطر موقعیت قرارگیری آن است که باعث می‌شود نور غرب که نور بسیار نامطلوبیست را دریافت کند. در این جبهه عمدتا بهار-خواب قرار می‌گرفته است و فضاهای اصلی به ندرت به چشم می‌خورند. جبهه شمال‌شرقی، مهم‌ترین فضاها از لحاظ عملکردی در طول زمستان در خود جای داده است. این فضاها عمدتا نشیمن اصلی خانه و یا مهمان-خانه (در خانه‌هایی که فاقد بیرونی بودند) بوده‌اند و از لحاظ حرارتی، بهترین نور یعنی نور جنوبی را دریافت می‌کرده‌اند. اتاق پنج‌دری اصلی یا هفت‌دری در این جبهه قرار گرفته‌اند.

جدول ۳- تحلیل اتاق‌های پنج دری در جبهه‌های مختلف بر اساس هندسه خورشیدی (ماخذ: نگارنده)

موقعیت قرارگیری پنج دری	تحلیل موردی بر اساس هندسه خورشیدی	نمونه‌های موردی
جبهه جنوب‌شرقی		خانه شفیع‌پور خانه لاری‌ها خانه مستروای خانه مرتاض
	خانه شفیع پور	
جبهه شمال‌شرقی		خانه ابریشمی خانه شفیع‌پور خانه اردکانیان خانه علیرضا عرب خانه عرب‌ها خانه لاری‌ها خانه سمسار خانه گلشن خانه گرامی
		
	خانه ابریشمی	

جبهه شمال‌غربی		خانه کلاهدوزها خانه اخوان‌سیگاری خانه رسولیان خانه اردکانیان خانه مستروای خانه علیرضا عرب خانه مرتاض خانه فاتح‌ها
	خانه کلاهدوزها	

الف



ب

ج

تصویر ۱- موقعیت اتاق پنج دری در الف) خانه شفیع پور ب) خانه ابریشمی ج) خانه کلاهدوزها (ماخذ: نگارنده)

بیشتر اتاق خواب‌های خانه در جبهه شمال‌غربی قرار گرفته‌اند. این فضاها هنگام صبح، انرژی نور خورشید را دریافت کرده و هنگام عصر، نوری به آن‌ها وارد نمی-شود. عمده اتاق‌های سه‌دری و پنج‌دری در این جبهه قرار گرفته‌اند. فضاهای خدماتی همانند آشپزخانه و انبار نیز که نیازی به نورخورشید ندارند، در گوشه‌ها قرار گرفته‌اند.

در خانه شفیع‌پور در هرکدام از جبهه‌های جنوب‌شرقی و شمال‌غربی، یک پنج‌دری و دو سه‌دری وجـــود دارد کـــه احتمالا به دلیل نیاز خانواده به اتاق‌های بیشتر و تلاش معمار در جهت حفظ تقارن بوده است.. به منظـــور حفظ تالار از آلودگی و گرد و خاک، این فضا بـــه صورت بسته در جبهه جنوب‌غربی نظر گرفته‌شده است و دارای بادگیر نیز می‌باشد.

در خانه ابریشمی نیز یک اتاق پنج‌دری و بهارخواب در جبهه جنوب‌شرقی وجود دارد و در جبهه مقابل آن، دو پنج‌دری به عنوان اتاق خواب در جبهه مقابل قرار گرفته است. مهمانخانه اصلی نیز به صورت اتاق پنج‌دری در جبهه شمال‌شرقی قرار گرفته است. تالار اصلی نیز به صورت شکم دریده می‌باشد و در انتهای آن بادگیری تعبیه شده است.

در خانه کلاهدوزها بر خلاف خانه شفیع‌پور، جبهه جنوب-شرقی تبدیل به بهارخواب شده و استفاده فضایی زیادی به دلیل نور نامطلوب آن ندارد. اتاق‌های سه‌دری و پنج-دری که اتاق‌های اصلی اعضای خانواده هستند، در جبهه شمال‌غربی قرار گرفته و مشابه با خانه شفیع‌پور، مهمان-خانه اصلی که اتاق سه دری بزرگی می‌باشد در جبهه شمال‌شرقی قرار گرفته است.

در تمامی نمونه‌ها فضاهای خدماتی نیز گوشه‌ها قرار گرفته‌اند. در جدول شماره ۴ الگوی رفتاری روزانه در مدل‌های پیشنهادی، بررسی شده است.

۷-۳- شیوه شبیه‌سازی

از آنجایی که اندازه‌گیری میدانی سطوح نور روز در تمام طول سال هزینه بر و وقت‌گیر می‌باشد، در این پژوهش از نتایج شبیه‌سازی به منظور تحلیل آسایش بصری فضاها استفاده شد. مدل‌های سه بعدی در نرم افزار راینو با اندازه تقریبی مشابه با شرایط واقعی ایجاد شده و شبیه‌سازی با استفاده از رادیانس از طریق پلاگین دیوا نسخه ۳ اجرا شد. DIVA یک پلاگین تجزیه و تحلیل محیطی برای راینو می‌باشد (McNeel, 2010). محیط DIVA از مجموعه‌ای از ارزیابی‌های عملکردی با استفاده از ابزارهای اعتبارسنجی شده مانند رادیانس پشتیبانی می‌کند. به منظور محاسبه شاخص‌های کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید از نرم‌افزار دیوا استفاده شد. مدل‌سازی نیز در نرم‌افزار راینو صورت پذیرفت. به منظور ارزیابی خیرگی نیز از نرم‌افزار اولگلیر و دیوا استفاده شد.

در پژوهش‌های متعددی اعتبار نرم افزار دیوا مورد تایید پژوهشگران واقع شده است. در پژوهشی توسط سوک و همکاران (Suk et al., 2016) اعتبار نرم‌افزار دیوا از طریق اندازه‌گیری میزان روشنایی محیط توسط لومینانس‌متر و مقایسه آن با نتایج شبیه‌سازی توسط نرم-افزار مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج با میزان اندکی اختلاف، روایی این نرم‌افزار را تایید کردند. در پژوهشی مشابه، هیرنینگ و همکاران با مقایسه نتایج میدانی و نتایج شبیه‌سازی، این نرم‌افزار را برای انجام شبیه‌سازی نور روز، معتبر دانستند (Hirning, Isoardi, & Cowling, 2014).

بیان و ما (Bian & Ma, 2018) نیز به منظور بررسی تاثیر زمان در ایجاد آسایش بصری، پژوهشی بر اساس ارزیابی ذهنی افراد و شبیه‌سازی انجام دادند و در پژوهش خود، پایایی و روایی نرم افزار دیوا را مورد بررسی قرار دادند. مصالح مورد استفاده در تمامی مدل‌ها مشابه بودند. پنجره‌ها از جنس چوبی بوده و در کتیبه بالایی آن‌ها از شیشه‌های رنگی استفاده شده است. در دو جبهه دیوارهای عمود بر پنجره، دو درب چوبی برای رفت و آمد در نظر گرفته شده است.

۷-۳-۱- ویژگی‌های نوری سطوح استفاده شده

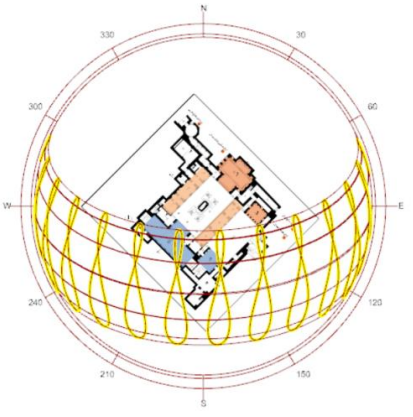
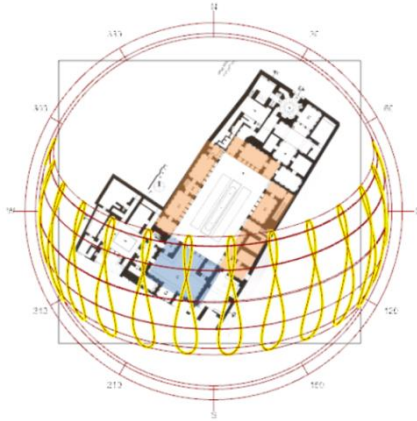
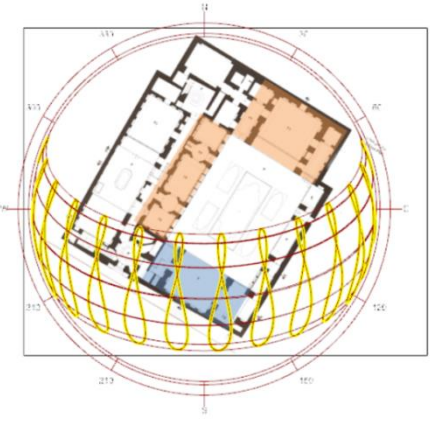
ویژگی‌های نوری سطوح استفاده شده در جدول شماره ۵ بیان شده است.

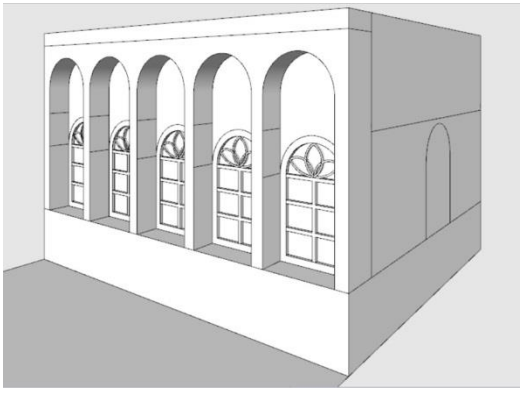
جدول ۵- ویژگی مصالح شبیه‌سازی شده

میزان انعکاس دیوار	۷۰ درصد
میزان انعکاس سقف	۷۰ درصد
میزان انعکاس کف	۴۰ درصد
میزان انعکاس مبلمان	۵۰ درصد
میزان عبور بصری پنجره ها	۸۸ درصد
میزان عبور بصری پنجره های رنگی	۴۰ درصد
میزان انعکاس فریم	۲۰ درصد
میزان انعکاس زمین	۲۰ درصد

در تصویر ۲ نیز، شکل سه بعدی مدل ارائه شده است. شبکه‌ای از سنسورها (۰/۵ × ۰/۵ متر) در مدل برای تطبیق تغییرات در نور روز تنظیم شده است. با توجه به این که کاربری فضا، مسکونی می باشد، ارتفاع سنسورها، بر اساس فرد نشسته بر روی زمین، ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته شد.

جدول ۴- بررسی الگوی رفتاری فصلی و روزانه در مدل‌های پیشنهادی (ماخذ: نگارنده)

الگوی رفتاری فصلی	الگوی رفتاری روزانه	
	جبهه جنوب-شرقی	سه دری — پنج دری — سه دری
	فضاهای مورد استفاده به عنوان اتاق	
	جبهه شمال‌شرقی	پنج دری
	فضای مورد استفاده به عنوان نشیمن یا مهمانخانه	
	جبهه شمال‌غربی	سه دری — پنج دری — سه دری
	فضاهای مورد استفاده به عنوان اتاق	
	خانه شفیع‌پور	
	جبهه جنوب-شرقی	بهارخواب — پنج دری
	فضاهای مورد استفاده به عنوان اتاق	
	جبهه شمال‌شرقی	پنج دری
	فضای مورد استفاده به عنوان نشیمن یا مهمانخانه	
	جبهه شمال‌غربی	پنج دری — پنج دری
	فضاهای مورد استفاده به عنوان اتاق	
	خانه ابریشمی	
	جبهه جنوب-شرقی	بهارخواب — بهارخواب — بهارخواب
	فضاهای مورد استفاده به عنوان بهارخواب	
	جبهه شمال‌شرقی	سه دری
	فضای مورد استفاده به عنوان نشیمن یا مهمانخانه	
	جبهه شمال‌غربی	سه دری — پنج دری — سه دری
	فضاهای مورد استفاده به عنوان اتاق	
	خانه کلاهدوزها	



تصویر ۲- مدل پنج‌دری شبیه‌سازی شده (ماخذ: نگارنده)

۷-۳-۲- تنظیمات رادیانس

جدول ۶- پارامترهای استفاده شده در رادیانس

بازتاب محیط	۲
تقسیم محیطی	۱۰۲۴
نمونه محیطی	۱۰۲۴
دقت محیط	۱۲۸
رزولوشن محیط	۰/۲۵

در طول پژوهش از اطلاعات جدول ۶ در پارامترهای رادیانس استفاده شد. این پارامترها شامل بازتاب محیط، تقسیم محیطی، نمونه محیطی، دقت محیط و رزولوشن محیط می‌باشند.

۷-۳-۳- تنظیم اطلاعات آب و هوایی و مدل آسمان

اطلاعات آب و هوایی بر اساس فایل اقلیمی ایستگاه هواشناسی یزد در نظر گرفته شد و نتایج به صورت سالانه می‌باشد.

۸- یافته های تحقیق

همان‌گونه که قبلا مطرح شد، از شبیه‌سازی به منظور انجام نتایج قابل تعمیم استفاده شد. اتاق پنج‌دری معرفی شده، با استفاده از نرم‌افزار راینو مدل‌سازی شد و با استفاده از افزونه دیوا در گرس هاپر، مقادیر اندازه‌گیری شدند.

۸-۱- ارزیابی شاخصه‌های کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید

به منظور تحلیل روشنایی، میزان شاخصه‌های کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید در مدل مورد نظر در سه جبهه ذکر شده و در چهار حالت وضعیت کنونی، بدون پیش‌آمدگی، بدون پنجره رنگی و بدون پیش‌آمدگی و پنجره رنگی، مورد بررسی قرار گرفت که در جداول ۷ تا ۹ ارائه شده‌اند. در تصاویر ۳، ۴ و ۵ نیز گراف کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید اتاق پنج‌دری در جبهه‌های مورد بررسی بر اساس چهار حالت فعلی، فاقد شیشه‌های رنگی، فاقد سایه‌بان و فاقد شیشه‌های رنگی و سایه‌بان ارائه شده است. گراف کفایت نور روز[۱۲] برای درک بیشتر از شرایط نوری مدل مورد بررسی، ارائه شده است. همان‌گونه که از نتایج بر می‌آید، تنها در جبهه شمال‌غربی (خانه کلاهدوزها) و در وضعیت کنونی نمره قابل قبول لید تامین می‌شود. در این جبهه، حذف پارامترهای کالبدی پوسته در حالی که کفایت مکانی نور روز را افزایش می‌دهد و آن را در محدوده مناسب لید قرار می‌دهد، ولی موجب افزایش نفوذ سالیانه نور خورشید نیز می‌شود که مطلوب نمی‌باشد و در نتیجه استاندارد لید را دریافت نمی‌کند و از لحاظ روشنایی مطلوب نمی‌باشد. در جبهه شمال‌شرقی (خانه ابریشمی)، در تمامی حالت‌های کالبدی، کفایت مکانی نور روز در محدوده قابل قبول قرار می‌گیرد، ولی میزان مطلوب نفوذ سالیانه نور در هیچ کدام از حالت‌ها تامین نمی‌شود. عملکرد نوری جبهه جنوب‌شرقی (خانه شفیع پور) تا اندازه‌ای متفاوت است. میزان نفوذ سالیانه نور در این جبهه نسبت به سایر جبهه‌ها به طور قابل توجهی کاهش یافته است و در محدوده مورد تایید لید قرار گرفته است، ولی میزان کفایت مکانی نور روز نیز به تا حد زیادی کاهش یافته و پایین‌تر از میزان تایید شده لید می‌باشد. علاوه بر این با توجه به این که این جبهه نور غربی را دریافت می‌کند، کیفیت نوری مطلوبی ندارد و از بین نمونه‌های ذکر شده نیز تنها در چهار مورد، اتاق پنج دری در این جبهه قرار گرفته بود.

این نتایج نشان‌دهنده توجه معماران سنتی در طراحی موقعیت فضاها با تطبیق نوع استفاده و عملکرد نوری آن‌ها بوده است. همان‌گونه که مطرح شد، اتاق‌های جبهه جنوب‌شرقی، از لحاظ کفایت مکانی نور روز وضعیت مناسبی ندارند و نور کافی در آن‌ها تامین نمی-

شود. علاوه بر این عمدتا نور غربی را دریافت می‌کنند که نور مطلوبی نیست. به این دلیـــل در اکثر خانه‌های سنتی یزد، در این جبهه کمتر شاهد وجود اتاق هستیم و عمدتا این جبهه تبدیل به بهارخواب شده است.

در جبهه شمال‌شرقی کفایت مکانی نور روز تامین می‌شود، ولی نفوذ سالیانه نور خورشید که باعث ایجاد مشکلات بصری می‌شود نیز در آن بیشتر از حد استاندارد می‌باشد.

جدول ۷- ارزیابی شاخصه‌های کفایت مکانی نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید در جبهه شمال‌غربی

	کفایت	نفوذ
حالت فعلی (وجود سایه‌بان و شیشه رنگی)	۵۰/۱	۱۰/۳
فاقد شیشه‌های رنگی	۵۲/۷	۱۴/۵
فاقد سایه‌بان	۵۷/۶	۲۶/۱
فاقد شیشه‌های رنگی و سایه‌بان	۷۵/۲	۲۷/۳

جدول ۸- ارزیابی شاخصه‌های کفایت مکانی نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید در جبهه شمال‌شرقی

	کفایت	نفوذ
حالت فعلی (وجود سایه‌بان و شیشه رنگی)	۵۳/۹	۱۸/۲
فاقد شیشه‌های رنگی	۶۳	۲۸/۷
فاقد سایه‌بان	۶۵/۵	۲۹/۴
فاقد شیشه‌های رنگی و سایه‌بان	۸۱/۸	۳۳/۳

جدول ۹- ارزیابی شاخصه‌های کفایت مکانی نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید در جبهه جنوب‌شرقی

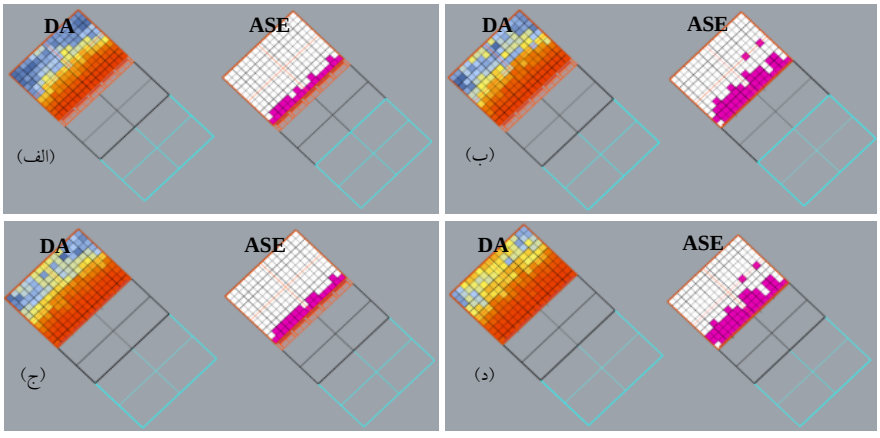
	کفایت	نفوذ
حالت فعلی (وجود سایه‌بان و شیشه رنگی)	۲۴/۲	۴/۸
فاقد شیشه‌های رنگی	۲۹/۱	۶/۱
فاقد سایه‌بان	۳۰/۳	۹/۱
فاقد شیشه‌های رنگی و سایه‌بان	۳۷	۹/۷

در جبهه شمال‌غربی هم کفایت مکانی نور روز و هم نفوذ سالیانه نور خورشید در حالت استاندارد قرار دارند و باعث می‌شوند از لحاظ نوری، این جبهه مناسب‌ترین جبهه باشد. با توجه به دریافت نور خورشید صبحگاهی و شرایط نوری مناسب آن، اکثر اتاق‌های اصلی در این جبهه واقع شده‌اند.

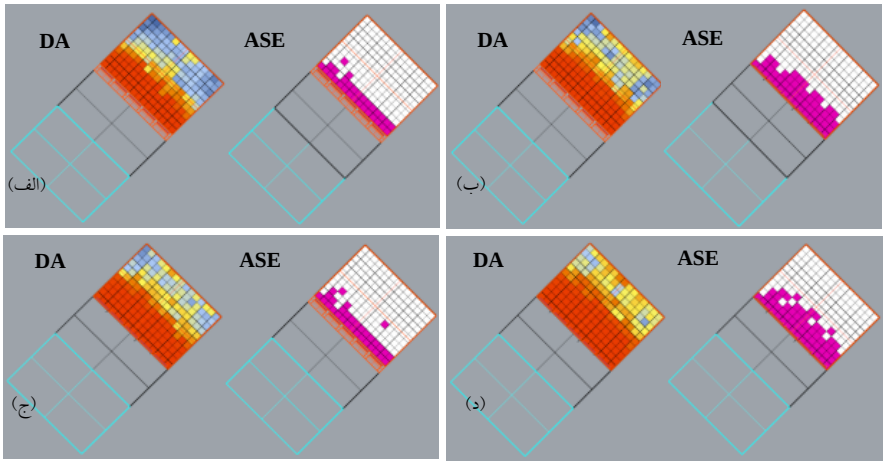
۸-۲- خیرگی

با توجه به این که تنها اتاق‌های پنج دری در جبهه شمال‌غربی (خانه کلاهدوزها) از لحاظ روشنایی تامین کننده آسایش بصری هستند، بررسی خیرگی تنها در این جبهه صورت گرفت. به این منظور از موقعیت دید کاربر در حالت نشسته بر روی زمین (با توجه به الگوی رفتاری سنتی رایج) در فاصله یک‌متری از پوسته (که خطر خیرگی بیشتر است) با زاویه دید ۴۵ درجه نسبت به پنجره‌های ارسی استفاده شد، که وضعیت غالب نشستن در این فضا می‌باشد. ارزیابی در سه روز انقلاب تابستانی، انقلاب زمستانی و اعتدالین (اول مهر) از ساعت ۸ تا ۱۵ و با تغییر پارامترهای کالبدی انجام گرفت.

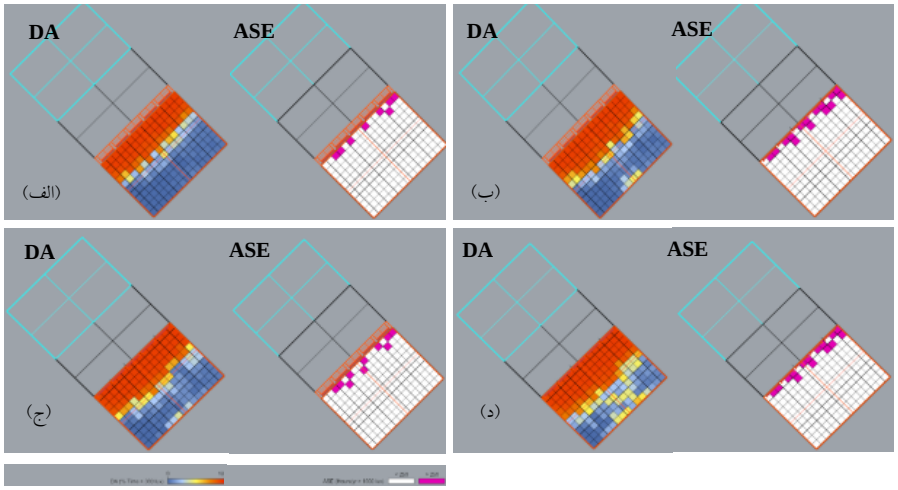
با توجه به بازه انجام پژوهش و عدم امکان ایجاد تغییرات کالبدی، انجام پژوهش میدانی به صورت کامل فراهم نبود و تنها در روز انقلاب زمستانی انجام شد و بقیه آنالیزها، بر اساس نرم‌افزار دیوا انجام پذیرفت. جداول شماره ۱۰ تا ۱۲ میزان احتمال خیرگی نور روز را در ساعات ذکر شده در حالت فعلی، فاقد شیشه های رنگی، فاقد سایه‌بان و فاقد شیشه رنگی همراه با سایه بان در این سه روز نشان می‌دهد. در تصویر شماره ۶ به منظور درک بهتر شرایط نوری اتاق پنج‌دری، تصویر فلس کالر بر اساس میزان روشنایی محیط نشان داده شده است. میزان روشنایی در روشن‌ترین نقاط اتاق که در مجاورت شیشه‌هاست تا بیش از ۵۰۰۰ لوکس نیز می‌رسد. به دلیل خطر خیرگی بیشتر در انقلاب زمستانی، در تصاویر ۷ تا ۱۰، وضعیت خیرگی در چهار حالت ذکر شده در این روز نشان داده شده است. در تصویر ۷ به دلیل امکان ارزیابی میدانی، میزان احتمال خیرگی نور روز بر اساس تصاویر با محدوده دینامیکی بالا از وضعیت واقعی اتاق به دست آمد.



تصویر ۳- گراف کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید در جبهه شمالغربی (خانه کلاهدوزها)



تصویر ۴- گراف کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید در جبهه شمالشرقی (خانه ابریشمی) (ماخذ:



تصویر ۵- گراف کفایت نور روز و نفوذ سالیانه نورخورشید در جبهه جنوبشرقی (خانه شفیع‌پور)

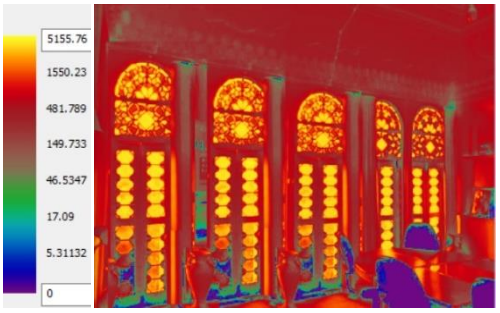
الف) حالت فعلی (وجود سایه‌بان و شیشه رنگی)

ب) فاقد شیشه‌های رنگی

ج) فاقد سایه‌بان

د) فاقد شیشه‌های رنگی و سایه‌بان

نتایج حاکی از آن است که وضعیت فعلی اتاق‌های پنج-دری بدون حذف پارامترها در هر سه روز، تامین کننده عدم درک خیرگی می‌باشد، ولی حذف پارامترها موجب خیرگی غیرقابل تحمل، آزاردهنده و محسوس مخصوصا بین ساعت ۸ تا ۱۰ می‌شود. در انقلاب تابستانی به دلیل عمودی‌تر بودن خورشید، با حذف پارامترهای کالبدی پوسته، تغییر محسوسی در خیرگی رخ نداده و در تمامی ساعات به صورت غیرقابل درک می‌باشد. در اعتدالین نیز حذف سایه‌بان و شیشه رنگی همراه با سایه‌بان موجب ایجاد خیرگی محسوس از ساعت ۸ تا ۱۰ می‌شود.



تصویر ۶- تصویر فلس کالر اتاق پنج دری خانه کلاهدوزها

جدول ۱۰- میزان احتمال خیرگی نور روز در بازه زمانی ۱۵-۸ روز انقلاب زمستانی (اول دی)

پارامتر	ساعت	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
حالت فعلی (وجود سایه بان و شیشه رنگی)		۲۹	۳۱	۳۱	۲۹	۲۸	۲۷	۲۵	۲۳
فاقد شیشه های رنگی		۳۶	۳۲	۳۰	۳۲	۲۸	۲۷	۲۵	۲۳
فاقد سایه بان		۴۸	۴۲	۴۲	۳۳	۳۱	۲۹	۲۸	۲۷
فاقد شیشه های رنگی و سایه بان		۵۴	۴۳	۴۲	۳۷	۳۴	۳۱	۲۸	۲۸

جدول ۱۱- میزان احتمال خیرگی نور روز در بازه زمانی ۱۵-۸ روز انقلاب تابستانی (اول تیر)

پارامتر	ساعت	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
حالت فعلی (وجود سایه بان و شیشه رنگی)		۲۸	۲۸	۲۷	۲۷	۲۶	۲۶	۲۵	۲۴
فاقد شیشه های رنگی		۲۸	۲۸	۲۹	۳۰	۲۸	۲۷	۲۵	۲۵
فاقد سایه بان		۳۰	۳۲	۳۱	۳۲	۳۱	۲۹	۲۸	۲۷
فاقد شیشه های رنگی و سایه بان		۳۴	۳۵	۳۳	۳۲	۳۲	۳۰	۳۰	۲۹

جدول ۱۲- میزان احتمال خیرگی نور روز در بازه زمانی ۱۵-۸ روز اعتدالین (اول مهر)

پارامتر	ساعت	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
حالت فعلی (وجود سایه بان و شیشه رنگی)		۳۱	۳۰	۲۹	۲۸	۲۶	۲۶	۲۵	۲۴
فاقد شیشه های رنگی		۳۲	۳۱	۲۹	۲۹	۲۸	۲۷	۲۶	۲۵
فاقد سایه بان		۳۶	۳۷	۳۵	۳۲	۳۱	۲۹	۲۸	۲۷
فاقد شیشه های رنگی و سایه بان		۳۷	۳۸	۳۶	۳۳	۳۱	۳۰	۲۸	۲۷

خیرگی نامحسوس خیرگی محسوس خیرگی آزاردهنده خیرگی غیرقابل تحمل

۹- نتیجه تحقیق

به منظور ارزیابی تاثیر پارامترهای کالبدی پوسته در ایجاد آسایش بصری در خانه‌های سنتی یزد، اتاق پنج دری به عنوان مدل مورد بررسی انتخاب شد و موقعیت آن در سه جبهه شمال‌غربی، شمال‌شرقی و جنوب‌غربی در سه نمونه (خانه شفیع‌پور، ابریشمی و کلاهدوزها) مورد بررسی قرار گرفت.

تصویر ۷- آنالیز خیرگی در وضعیت فعلی (وجود سایه‌بان و شیشه رنگی) در روز انقلاب زمستانی از ساعت ۱۵-۸

ارزیابی آسایش بصری در دو مرحله صورت پذیرفت: ارزیابی روشنایی و ارزیابی خیرگی. نتایج حاصل از ارزیابی روشنایی با بهره‌گیری از دو پارامتر مورد تایید لید، یعنی کفایت مکانی نور روز و نفوذ سالیانه نور خورشید نشان می‌دهد، تنها در اتاق پنج‌دری جبهه شمال‌غربی (خانه کلاهدوزها) استاندارد مورد نظر به دست می‌آید و با حذف پارامترهای کالبدی پوسته یعنی شیشه رنگی و سایه‌بان، با وجود افزایش کفایت مکانی نور که مطلوب است، نفوذ سالیانه نور خورشید نیز افزایش پیدا می‌کند که بسیار نامطلوب می‌باشد. در جبهه شمال‌شرقی (خانه ابریشمی)، در تمامی محدوده قابل قبول قرار می‌گیرد، ولی میزان مطلوب نفوذ سالیانه نور خورشید در هیچ کدام از حالت‌ها تامین نمی‌شود.

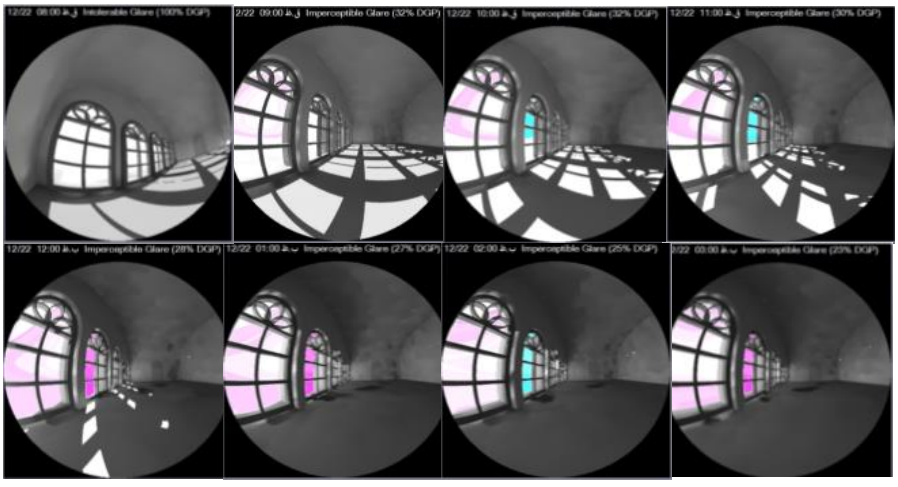
در جبهه جنوب‌شرقی (خانه شفیع‌پور) میزان نفوذ سالیانه نور خورشید نسبت به سایر جبهه‌ها به طور قابل توجهی کاهش یافته است و در محدوده مورد تایید لید قرار گرفته است، ولی میزان کفایت مکانی نور روز نیز به تا حد زیادی کاهش یافته و پایین‌تر از میزان تایید شده لید می‌باشد. علاوه بر این با توجه به این که این جبهه نور غربی را دریافت می‌کند، کیفیت نوری مطلوبی ندارد.

در مرحله بعد با توجه به دستیابی به تاییدیه استاندارد لید، در جبهه شمال‌غـــربی، ارزیابـــی خیرگی در این جبهه در سه روز انقلاب زمستانی، انقلاب تابستانی و اعتدالین (اول پاییز) صورت پذیرفت. نتایج حاکی از آن است که وضعیت فعلی اتاق‌های پنج دری بدون حذف پارامترها در هر سه روز، تامین کننده عدم درک خیرگی می‌باشد، ولی حذف پارامترها موجب خیرگی غیرقابل تحمل، آزاردهنده و محسوس مخصوصا بین ساعت ۸ تا ۱۰ می‌شود.

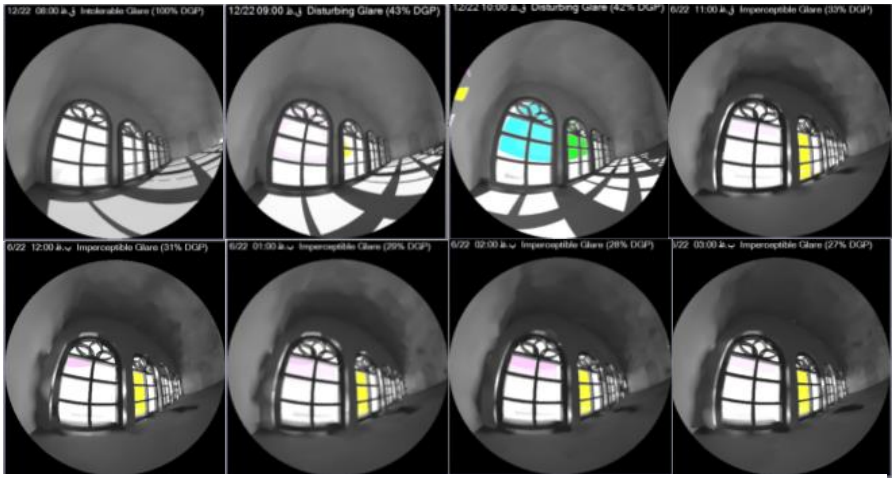
در انقلاب تابستانی به دلیل عمودی‌تر بودن خورشید، با حذف پارامترهای کالبدی پوسته، تغییر محسوسی در خیرگی رخ نداده و در تمامی ساعات به صورت غیرقابل درک می‌باشد. در اعتدالین نیز حذف سایه‌بان و شیشه رنگی همراه با سایه‌بان موجب ایجاد خیرگی محسوس از ساعت ۸ تا ۱۰ می‌شود.

بنابراین با توجه به نتایج، جبهه شمال‌غربی، مناسب‌ترین جبهه برای قرارگیری اتاق های پنج‌دری می باشد که در اکثر نمونه‌ها نیز به همین شکل می باشد. علاوه بر این، وضعیت کنونی پوسته نسبت به سایر حالت‌ها (فاقد شیشه‌های رنگی، فاقد سایه بان، فاقد شیشه‌های رنگی و سایه‌بان) ، تامین‌کننده شرایط آسایش بصری می‌باشد و می تواند به عنوان الگویی در بناهای جدید مورد توجه قرار بگیرد.

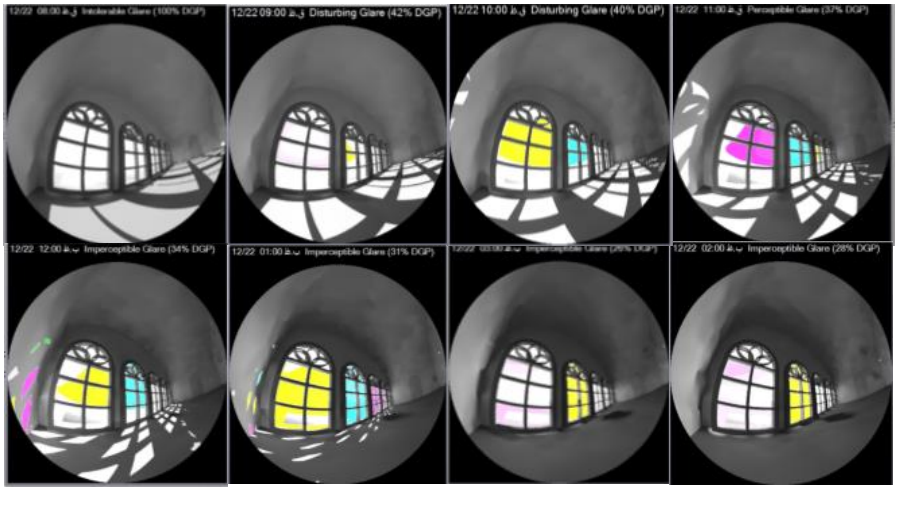
پس به طور کلی می‌توان به این صورت نتیجه گرفت که پارامترهای کالبدی پوسته (نوع شیشه و سایه‌بان) در وضعیت فعلی اتاق‌های پنج‌دری خانه‌های سنتی یزد، تامین‌کننده آسایش بصری در فضاهای مورد استفاده در جبهه شمال‌غربی می باشند و حذف این پارامترها از پوسته، موجب اختلال در عملکرد بصری فضاهای مورد استفاده می‌شود.



تصویر ۸- آنالیز خیرگی در وضعیت بدون شیشه رنگی در روز انقلاب زمستانی از ساعت ۱۵-۸



تصویر ۹- آنالیز خیرگی در وضعیت بدون سایه‌بان در روز انقلاب زمستانی از ساعت ۱۵-۸



تصویر ۱۰- آنالیز خیرگی در وضعیت بدون سایه‌بان و فاقد شیشه‌های رنگی در روز انقلاب زمستانی از ساعت ۱۵-۸

۱۰- تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم موزه آب (خانه کلاهدوز) برای همکاری در پژوهش های میدانی تشکر می‌شود.

۱۱- پی نوشت

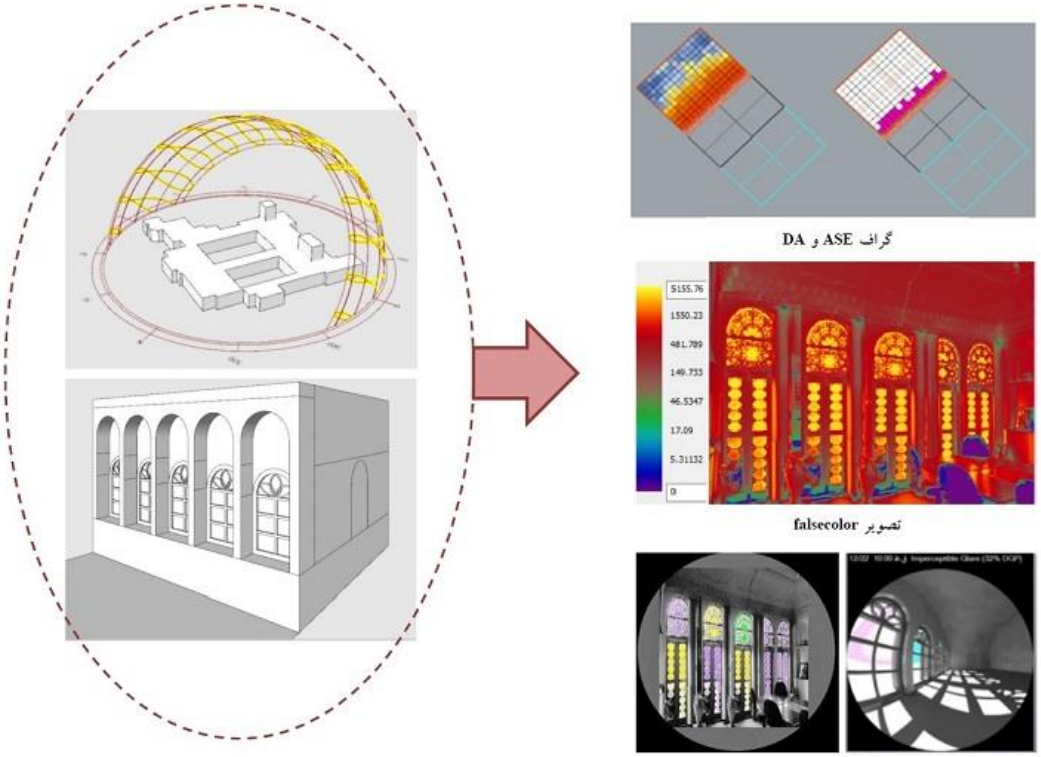
1- Radiance
2- Diva
3- Evalglare
4- Visual Comfort
5- Static approach
6- dynamic approach
7- Illuminating Engineering Society (IES)
8- Spatial Daylight Autonomy
9- Annual sun exposure
10- Leadership in Energy and Environmental Design
11- Daylight glare probability
12- Daylight autonomy

۱۲- منابع فارسی و لاتین

- Bellia, L., Fragliasso, F., & Stefanizzi, E. (2016). Daylit offices: A comparison between measured parameters assessing light quality and users' opinions. Building and Environment.
- Bian, Y., & Ma, Y. (2018). Subjective survey & simulation analysis of time-based visual comfort in daylit spaces. Building and Environment, 131(October 2017), 63–73.
- Boyce, P. R., & Smet, K. A. G. (2014). LRT symposium "Better metrics for better lighting" – a summary. Lighting Research and Technology, 46(6), 619–636.
- Cai H, C. T. (2018). Evaluating discomfort glare from non-uniform electric light sources. Light Res Technol, 45(3), 267–294.
- Carlucci, S., Causone, F., De Rosa, F., & Pagliano, L. (2015). A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 47(7491), 1016–1033.
- EN 12665. (2017). Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements. Belgium:European Committee for Standardization.
- Hirning, M. B., Isoardi, G. L., & Cowling, I. (2014). Discomfort glare in open plan green buildings. Energy and Buildings, 70(February), 427–440.
- IES. (2015). Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). Illuminating Engineering Society.
- Jakubiec, J. A. (2014). The Use of Visual Comfort Metrics in the Design of Daylit Spaces, 144.
- Jakubiec, J. A., & Reinhart, C. F. (2015). A Concept for Predicting Occupants' Long-Term Visual Comfort within Daylit Spaces. Leukos, 2724(December), 1–18.
- Linhart, F., & Scartezzini, J. L. (2011). Evening office lighting - visual comfort vs. energy efficiency vs. performance? Building and Environment, 46(5), 981–989.
- Linney, A. (2008). Maximum luminance and luminance ratio and their impacton users' discomfort glare perception and productivity in daylit offices. Victoria University of Wellington.
- Manzan, M., & Clarich, A. (2017). FAST energy and daylight optimization of an office with fixed and movable shading devices. Building and Environment, 113, 175–184.
- Mardaljevic, J., Heschong, L., & Lee, E. (2009). Daylight metrics and energy savings. Lighting Research and Technology, 41, 261–283.
- McNeel, R. (2010). Rhinoceros Version 4.0. Service Release. Europe's Buildings under the Microscope: A Country-by-Country Review of the Energy Performance of Buildings.
- Osterhaus, W. K. E. (2005). Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments. Solar Energy, 79(2), 140–158.
- Reinhart, C. (2004). Lights witch-2002 :a model for manual and automated control of electric lighting and blinds.

Sol Energy, 78, 15–28.
- Shen, H., & Tzempelikos, A. (2013). Sensitivity analysis on daylighting and energy performance of perimeter offices with automated shading. Building and Environment, 59, 303–314.
- Suk, J. Y., Schiler, M., & Kensek, K. (2016). Investigation of existing discomfort glare indices using human subject study data. Building and Environment, 1–10

۱۳- چکیده تصویری



ISSN: 2538-3019, EISSN: 2676-4806
DOI: 10.30479/AT.2020.10857.1231
Journal of Architectural Thought, Volume 4, Issue 8, Autumn and Winter 2020-2021

An Analytical Study on the Effect of envelope's physical parameters on the Visual Comfort of Traditional housing in hot and Dry Climate of Iran (Case Study: five-door rooms in Yazd Traditional Houses)

Mahbubeh Pourahmadi [1], Mohammadali Khanmohamadi [*2], Farhang Mozaffar[2]

Submitted: 2019-06-12

Accepted: 2020-03-07

Abstract

Daylight is generally thought to improve feelings of health, wellbeing and alertness; however, if visual discomfort occurs, these benefits are likely to be negated. But if visual discomfort occurs, these benefits are likely to be negated. In other words, the presence of daylight is not always a positive one. As buildings are being designed with greater percentages of glazing there is a new interest in avoiding visual discomfort. In educational environments, due to the high level of visual activity throughout the day, consideration to light, and especially to daylight, is very important. Activities in classes with low visual comfort, in the long term, create physical and psychological problems for occupants in educational environments. In day lighting design, visual discomfort should be considered as a problem to achieve the benefits of utilizing natural light source in buildings.

While most lighting research focuses on energy efficiency, it's not the only issue in design of lighting scenes for building, but also visual comfort is equally important. Besides sufficient daylight quantity, visual comfort is increasingly concerned in building day lighting design procedures. To guide the design work, it is necessary for day lighting researcher to quantify visual comfort issues under daylight conditions with validated metrics and thresholds will progress the design industry. In this study, five-door rooms, the main room of occupant activity in Yazd traditional houses, were divided base on their position and the dimensions of the model were determined based on the average size of this space. By verifying the energy performance and environmental sustainability of Yazd traditional houses, it is worth noting how these buildings response to the visual comfort function and whether the envelope parameters provide sufficient visual comfort for occupant. At the first step, ASE and sDA as two dynamic metrics that verified by LEED, were first measured in the current situation to evaluate the visual comfort. Then these metrics were used to assess visual comfort in other situation, contain with non-shading, non-colored glass and non-shading/colored glass. With comparing the result with current situation, the effect of these parameters on visual comfort was obtained. The results show that LEED approval is only available in the current situation in north-west facing. At the next step, glare was evaluated between the hours of 8-15 hours in the position of a person sitting near the wall and during the three days, winter solstice, summer solstice and equinox (autumn), and it was observed that only in the present situation in all three periods, glare is imperceptible. So, by eliminating the envelope's physical parameters, visual comfort is disturbed and the current envelope's parameters are appropriate response to the visual comfort.

Keyword: Envelope's physical parameters, visual comfort, five-door room, hot and dry climate, traditional houses

[1] PhD candidate of Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[2] Associate Professor of architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran