DOR: 20.1001.1.28209818.1401.2.1.1.6

مجله علمی
پژوهش‌های معماری نوین
دوره دوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱
صفحات ۲۶-۷
شماره پیاپی ۳

Architectural Technologie
Studies Journal
Vol. 2, No. 1, Spring 2022
Pages 7-26

مقاله پژوهشی

طراحی سایبان هوشمند برای ساختمان اداری جهت کنترل ورود نور مستقیم خورشید مبتنی بر کاهش بار سرمایشی با الگوبرداری از گره-های ایرانی اسلامی

مهدی شیخی نشلجی[۱]، فاطمه مهدی‌زاده سراج[*۲]

۱-پژوهشگر دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.

mehdisheikhi1994@gmail.com

۲-استاد گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

mehdizadeh@iust.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۸/۹] تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۲/۷]

چکیده

بهره‌برداری از ساختمان‌ها تقریباً به یک سوم مصرف جهانی انرژی و سهم مشابهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. در ایران انرژی مصرفی ساختمان‌ها بیش از ۴۰٪ کل انرژی مصرفی کشور می‌باشد. امروزه محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعه پایدار به مباحث بسیار مهم و رایج در سطح بین‌المللی تبدیل شده‌اند و پوسته ساختمان به عنوان بیرونی‌ترین لایه ساختمان که بیشتر با عوامل محیطی در ارتباط است، نقش مهمی را ایفا می‌کند. این مقاله به طراحی و بررسی کارایی سایبان‌های هوشمندی می‌پردازد که از نفوذ ناخواسته تابش خورشید در ماه‌های گرم سال جلوگیری کرده و در ماه‌های سرد سال اجازه ورود نور را به داخل فضا می‌دهد و از طرفی هم‌زمان نگاه زیباشناسانه به این سایبان‌ها دارد که از هندسه ایرانی برای رسیدن به این زیبایی استفاده کرده است. شبیه‌سازی کامپیوتری و آنالیز توسط نرم‌افزار و استفاده از منابع کتابخانه‌ای روش استفاده شده می‌باشد که در این راستا یک نمونه آنالیز به ابعاد ۴ متر عرض، ۶ متر طول و ارتفاع ۳/۲ متر به‌عنوان یک بخش از فضای اداری برای سایبان‌ها طراحی شده میزان تأثیر آن در روشنایی فضای داخلی در فصل گرم سال، مورد آنالیز در نرم‌افزار VELUX Daylight Visualizer قرار گرفت. این سایبان‌ها با توجه به چرخش خورشید حرکت کرده و تغییر جهت می‌دهند. آنالیز نشان می‌دهد که در مواقع گرم سال این سایبان‌ها می‌توانند میزان روشنایی فضای داخلی را به میزان یک سوم کاهش دهند و باعث کاهش بارسرمایشی گردند و میزان شدت روشنایی (لوکس) را نزدیک به استاندارد فضای اداری (۳۰۰ لوکس) نگه دارند و از طرفی در فصل سرد سال با باز شدن این سایبان‌ها اجازه ورود نور را به داخل می‌دهند.

واژگان کلیدی: پوسته هوشمند، پوسته پویا، نمای ساختمان، گره ایرانی، نور خورشید

۱- مقدمه

مفهوم نمای دو پوسته (DSF) و هوشمند به دلیل مزایای زیست محیطی آن از نظر عایق حرارتی و صوتی، تهویه، طراحی معماری و صرفه‌جویی در انرژی بالقوه توجه متخصصان ساختمان را به خود جلب کرده است. به عنوان یک سیستم پوشش ساختمان شامل دو لایه نما، یک DSF می‌تواند به روش‌های مختلفی از دیدگاه انرژی ساختمان، به‌ویژه انرژی مورد نیاز برای گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC) طراحی و کار کند. یک DSF می‌تواند مقدار انرژی مورد نیاز برای گرمایش را کاهش دهد (Yoon, Min, Heo 2022).

بهره‌برداری از ساختمان‌ها تقریباً به یک سوم مصرف جهانی انرژی و سهم مشابهی در انتشار گازهای گلخانه ای کمک می‌کند. استفاده از استراتژی‌های غیرفعال در مراحل اولیه طراحی، با استفاده از توابع هوشمند، منجر به بهبود راحتی سرنشینان و کاهش مصرف انرژی با کنترل شدت تابش خورشیدی می‌شود. (Hosseini, Mohammadi, Rosemann, Schröder & Lichtenberg, 2019)

در دنیای معاصر با استفاده از برخی مصالح و فناوری هوشمند به تدریج این امکان درحال شکل‌گیری است که نمای ساختمان، همانند پوست یا پوسته‌ای هوشمند طراحی یا اجرا گردد تا بتواند در برابر نور، متناسب با شرایط مشخص شده واکنش نشان دهد. این مقاله پژوهشی در زمینه دستیابی به راهکارهای طراحی پوسته‌های هوشمند و پاسخگو با عملکرد کنترل نور خورشید با الهام از گره‌های هندسی معماری ایرانی با هدف کاهش مصرف انرژی، بهره‌برداری از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، کنترل شرایط محیطی در فضاهای داخلی ساختمان و فراهم کردن شرایط آسایش انسان می‌باشد.

بهره‌برداری بی‌رویه از مواهب خدادادی کره‌ی زمین در قرن گذشته، کره خاکی را با معضلات جدی زیست محیطی مواجه ساخته، که عوارض و تبعات آن به مرور و به خصوص در سال‌های اخیر به وضوح عیان گردیده است. از همین روی، امروزه محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعه پایدار به مباحث بسیار مهم و رایج در سطح بین‌المللی تبدیل شده‌اند. باتوجه به گزارش‌های شاخص عملکرد زیست محیطی، ایران در سال ۲۰۱۲ در میان ۱۳۲ کشور جهان، رده‌ی ۱۱۴را از نظر شاخص عملکرد زیست محیطی به خود اختصاص داده است. این در شرایطی است که در سال ۲۰۰۸، در رده ۶۷ و در سال ۲۰۱۰ در رده ۷۸ قرار داشته است. در واقع کشور ما از نظر شرایط زیست محیطی روند نزولی را طی نموده و وضعیت نگران‌کننده‌تری را نسبت به گذشته به خود گرفته است. یکی از مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده محیط زیست در کشور ما ایران مصرف انرژی‌های فسیلی در ساختمان‌ها برای گرمایش، سرمایش و تأمین روشنایی فضاهاست. در ایران انرژی مصرفی ساختمان‌ها بیش از ۴۰٪ کل انرژی مصرفی کشور می‌باشد. این در حالی است که میانگین مصرف انرژی ساختمان‌ها در کشور ما حدوداً چهار برابر میانگین کشورهای اروپایی بوده و بیش از ۹۸ درصد این انرژی از محصولات نفتی و گازی تأمین می‌گردد. همچنین بخش ساختمان بیش از ۲۶ درصد از انتشار دی اکسید کربن را به خود اختصاص می‌دهد. باتوجه به این موارد، اهمیت شناخت روش‌های نوین معماری که سعی در استفاده بهینه از انرژی و منابع طبیعی داشته و چند سالی است در کشورهای پیشرفته به عنوان اصول مهم در ساختمان‌سازی مورد توجه هستند، در کشور ما نمایان‌تر شده است (اعرابی دهج، ۱۳۹۳).

اجزای مدولار پاسخگو در نماها به‌طور فزاینده‌ای برای بهبود سازگاری آنها با تغییرات مداوم محیطی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، اجزای پوشش جنبشی (Grobman & Yekutiel, 2013) و صفحه‌های پارامتریک سه بعدی (Elzeyadi, 2017) عملکرد بالایی را در برآوردن عملکرد نور روز و نیازهای آسایش بصری نشان می‌دهند. المان‌های مدولار پاسخگو (تطبیقی) را می‌توان با تغییر مداوم در نما با نور روز مناسب وفق داد (Hosseini & et al, 2019).

۱-۱- اهداف تحقیق

هدف از انجام این تحقیق این است که با بررسی تکنولوژی‌های نوین و هوشمند ساختمان مواد و مصالح جدید و با الگوبرداری از گره‌های هندسی ایرانی اسلامی، به معیارهایی برای طراحی ساختمان‌هایی دست یافته که پایدار و تطبیق‌پذیر با شرایط محیطی بوده و اهداف زیر را بر آورده سازند:

۱. پایین آوردن مصرف انرژی‌های فسیلی و کاهش گازهای گلخانه‌ای
۲. بهبود کیفیت زندگی
۳. بهره‌وری بیشتر از انرژی نور خورشید
۴. کنترل اکتساب گرمای ناخواسته نور خورشید
۵. افزایش بهره‌وری و بالابردن راندمان
۶. افزایش آسایش ساکنان با ایجاد محیطی دل‌نشین
۷. خلق نمایی ایرانی و زیبا با جدیدترین تکنولوژی‌ها

۱-۲- سؤالات

۱. نمای هوشمند با الگوبرداری از گره‌های هندسی ایرانی چگونه نمایی است و آیا می‌تواند با کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و کنترل نورمستقیم خورشید پاسخگوی مناسبی به نیازهای انسانی باشد؟
۲. وظیفه نمای هوشمند و پویا چیست؟
۳. این پوسته هوشمند چه چیزی را می‌خواهد کنترل کند؟
۴. فواید کنترل و هدایت نور مستقیم خورشید چیست؟
۵. نحوه حرکت این نما هوشمند چگونه است؟

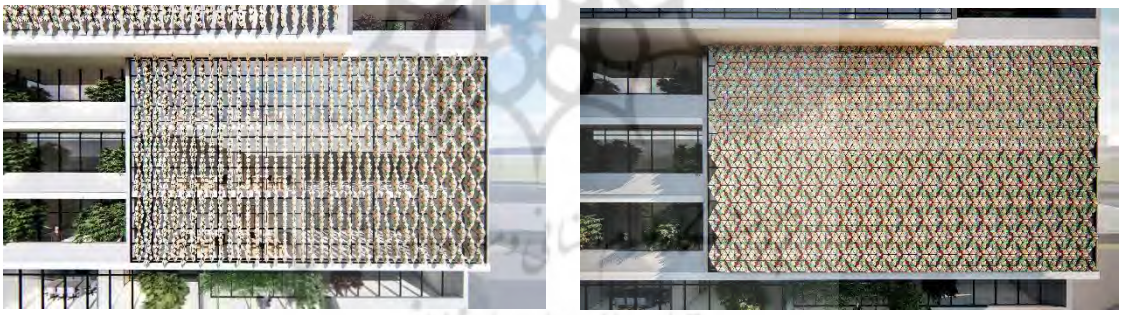
۲- مرور مبانی نظری و پیشینه

در جهت پاسخ به زیبایی سایبان‌های هوشمند و بومی‌سازی این تکنولوژی جدید در کشور ایران از پنجره‌های ارسی معماری سنتی و گره‌های هندسی و شیشه‌های رنگی به کار رفته در آنها در طراحی سایبان هوشمند استفاده کردیم. ارسی[1] نامی است که به‌طور عام به پنجره‌های گره‌چینی اطلاق می‌شود که درون آن شیشه‌ای رنگی به کار رفته است. بعضی گمان کرده‌اند ارسی به پنجره اطلاق می‌شود که به تقلید از معماری روسی در ایران رواج یافته، در صورتی که نمونه جالبی از ارسی حتی پیش از آنکه معماری چشمگیری در روسیه پا گرفته باشد، در بناها و نقاشی دیده می‌شود (پیرنیا، ۱۳۸۸). پنجره ارسی به‌عنوان یکی از اجزای تأثیرگذار پوشش ساختمان، میزان و شدت نور ورودی به فضای داخلی را کنترل می‌کند تا راحتی بصری و نور کافی روز را برای ساکنان فراهم کند. پنجره ارسی با شیشه‌های رنگی تعادل کافی بین نفوذ نور روز و کاربران ایجاد می‌کند (Hosseini & et al, 2019). در سال‌های اخیر، پنجره‌های ارسی و شیشه‌های رنگی از دیدگاه عملکرد نور روز از طریق روش‌های کمی، تجربی و شبیه‌سازی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Feridonzadeh& Cyrus Sabri, 2014; Haghshenas, Bemanian & Ghiabaklou, 2016).

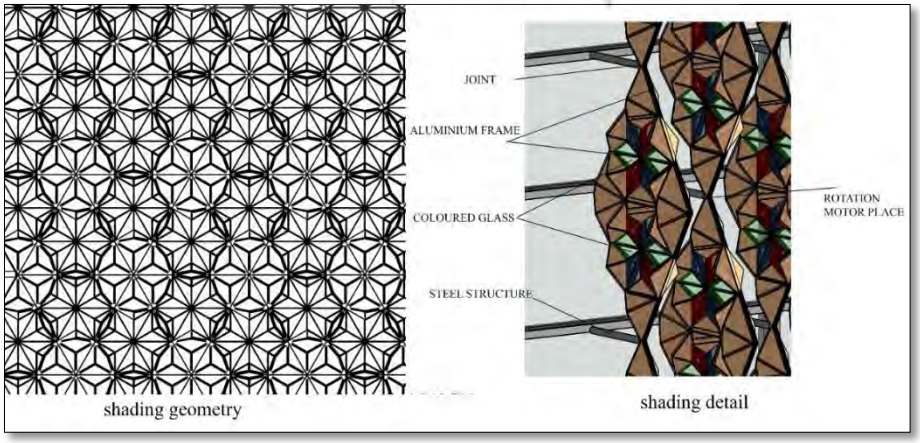
[1]. Orosi

شکل. ۱. پنجره ارسی (نگارنده)

سایبان‌های طراحی شده در این پژوهش با نگاهی نو و ترکیب با تکنولوژی روز به صورت لوزی‌هایی هستند که روی رأس‌های خود قابلیت ۳۶۰ درجه چرخش دارند و حرکت خورشید را دنبال کرده و در فصول گرم از ورود گرمای ناخواسته تابش مستقیم خورشید جلوگیری می‌کنند و برای جلوگیری کاهش روشنایی فضای داخلی و در جهت بومی‌سازی و الگوبرداری از پنجره‌های ارسی ایرانی در آنها از شیشه‌های رنگی با تناسبات ارسی استفاده شده است. روند کلی کار به‌صورتی است که با حرکت خورشید در فصول گرم این سایبان از ورود تابش خورشید جلوگیری می‌کند و در فصول سرد اجازه ورود نور خورشید را خواهد داد و زمانی که همه این سایبان‌های لوزی شکل در کنار هم بسته می‌شوند در نمای شهری ترکیب هندسه زیبایی را به وجود خواهند آورد که این اتفاق هم در شب هنگام و هم درهنگام ظهر که بسته می‌شوند، این شکل هندسی به وجود خواهد آمد.



شکل. ۲. طرح سایبان‌های طراحی شده در پژوهش به صورت بسته (سمت راست) و باز (سمت چپ)



شکل. ۳. دیتیل استراکچر سایبان و معرفی اجزای آن (نگارنده)

سایبان‌های معرفی شده دارایی رنگی روشن و هندسه لوزی شکل هستند که شیشه‌های رنگی در مرکز آنها به صورت شمسه کار شده که امکان عبور نور را به فضای داخل می‌دهند و هندسه شمسه را در فضای داخلی روی سطح ها به وجود می‌آورند.

سایبان‌ها قابلیت چرخش ۳۶۰ درجه روی رأس‌های خود را خواهند داشت که باتوجه به جهت تابش خورشید و دمای فضای داخلی شروع به چرخش خواهند کرد و در طول روز شکل‌ها و جهت‌های متنوعی به شهر ارائه خواهند کرد.

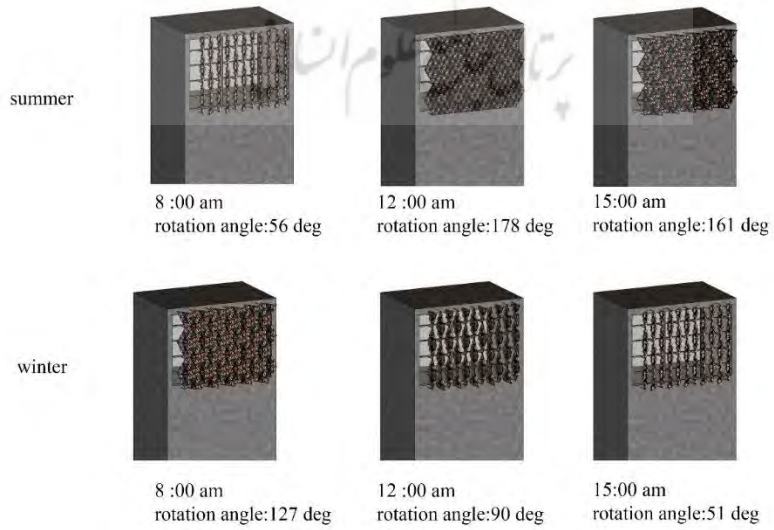
شکل. ۴. نحوه چرخش المان‌های سایبان (نگارنده)

۳- روش تحقیق

روش تحقیق این مقاله شبیه‌سازی کامپیوتری می‌باشد که از نرم‌افزارهای رویت، داینامو، دیلایت ویژولایزر و کلایمت کانزالتنت استفاده شده است.

۳-۱- معرفی نمونه‌های مورد مطالعه

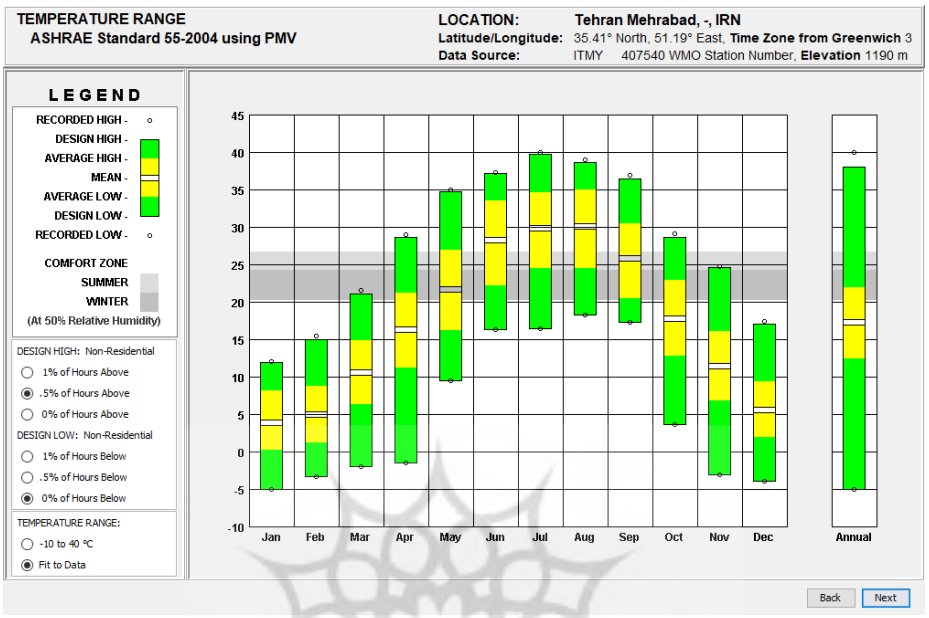
در انتخاب نمونه برای آنالیزهای نوری یک اتاقی به ابعاد ۶ متر طول در ۴ متر عرض و دیوار سمت جبهه جنوبی پنجره‌ای به طول ۶ و ارتفاع ۳ متر و ضخامت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گفته شد. در شکل زیر سه الگو در دو فصل تابستان و زمستان وجود دارد که در سه ساعت در طول روز باتوجه به کمترین و متعادل‌ترین و بیشترین دمای روز انتخاب شده و سایبان‌ها دارای زاویه‌های مختلفی نسبت به سطح نما هستند که این جهت‌گیری را برای اجازه ورود نور خورشید به داخل فضا و کنترل میزان روشنایی داخلی می‌باشد.



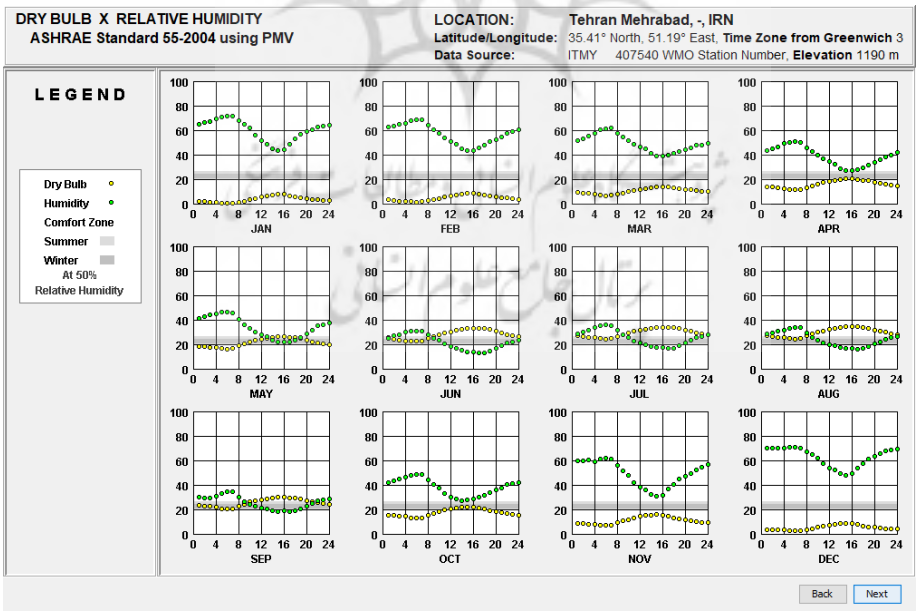
شکل. ۵. نمونه مدل سه‌بعدی آنالیز در فصل تابستان و زمستان در ساعت‌های مختلف و زوایای چرخش مختلف سایبان

۳-۲- انتخاب ماه‌های آنالیز

باتوجه به این که بازدهی این سایبان‌ها در ماه‌های گرم سال بالاتر خواهد بود برای انتخاب ماه‌های گرم سال از نرم‌افزار Climate Consultant 6 استفاده شد. با بررسی اقلیمی شهر تهران در این نرم‌افزار سه ماه jun وjuly وaugust (خرداد، تیر، مرداد) باتوجه به اینکه بیشترین دمای ثبت شده را در طول ۳۰ سال اخیر دارند مورد استفاده در آنالیز قرارگرفت.



شکل. ۶. نمودارمیانگین ۳۰ ساله دمای هوای شهر تهران در ماه‌های مختلف سال (climate consultant)

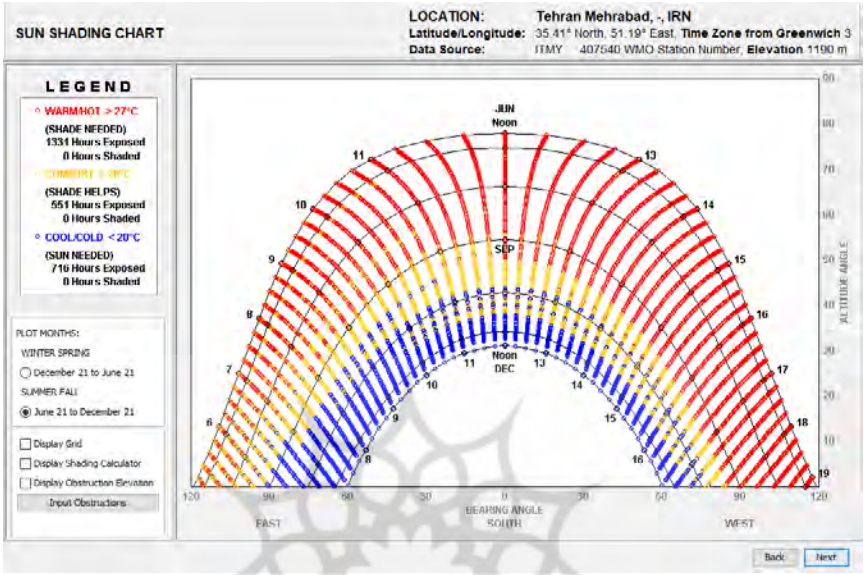


شکل. ۷. نمودارمیانگین دمای هوای خشک و میزان رطوبت در ساعت‌های مختلف ماه‌های سال (climate consultant)

باتوجه به شکل فوق بیشترین دمای هوای در ماه‌های انتخاب شده در بعد از ظهر بین ساعت ۱۵ تا ۱۷ می‌باشد.

۳-۳- انتخاب ساعات‌های آنالیز

در انتخاب ساعت‌های آنالیز دو نکته مورد توجه قرارگرفت: اول اینکه چه بازه زمانی از یک ساختمان اداری استفاده می‌شود که باتوجه به ساعت اداری در ایران این بازه بین ۸ صبح تا ۱۶ بعدازظهر می‌باشد. دوم دمای هوا در ساعت‌هایی است که افراد در ساختمان مشغول به کار هستند که باتوجه به نمودار دمای هوا در شکل ۷ در ساعت‌های مختلف روز، ساعت‌های ۸، ۱۲، ۱۵ مورد استفاده قرارگرفت.



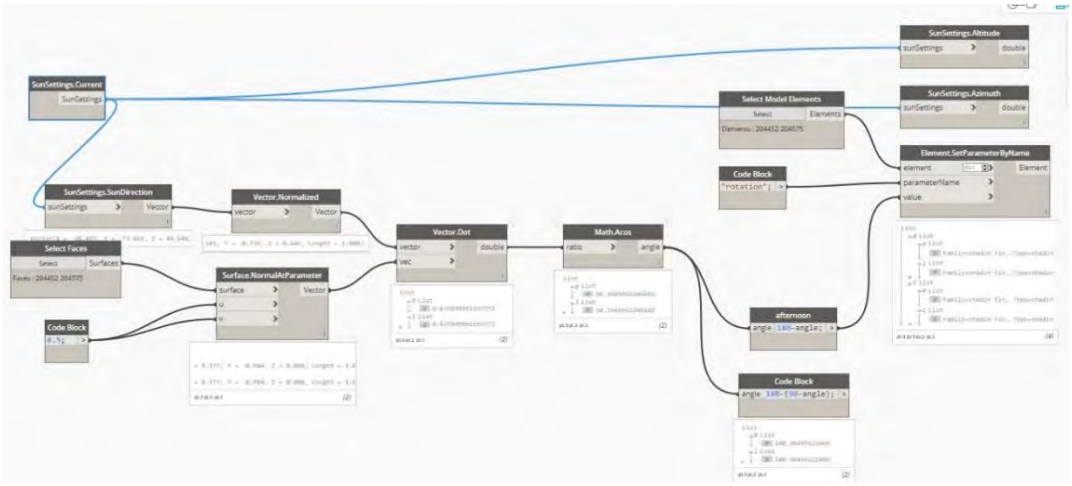
شکل. ۸. نمودار دمای تابش خورشید در ماه و ساعت‌های مختلف (climate consultant)

شکل ۸ نشان می‌دهد که سه ماه انتخاب شده برای آنالیز دمای تابش خورشید دمایی بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد دارند و در بازه بین ماه ۲۱ june تا ۲۱ december شهر تهران نیاز به ۱۳۳۱ ساعت سایبان خورشیدی برای جلوگیری از این گرمای تابش خورشید دارد.

۳-۴- نحوه تعیین زوایای چرخش سایبان‌ها در ساعت‌های انتخاب شده

این سایبان‌های هوشمند در طول روز باتوجه به حرکت خورشید و دمای هوا شروع به چرخش می‌کنند و این حرکت وابسته به جهت تابش خورشید می‌باشد به‌طوری که در فصل تابستان از ورود تابش‌های با دمای بالا به داخل ساختمان جلوگیری کند و در فصل زمستان اجازه نور و گرما را به داخل بدهد. برای بدست آوردن زاویه چرخش پنل‌های لوزی شکل که از ورود نورمستقیم خورشید به داخل فضا جلوگیری کند از نمودار شکل ۸ استفاده کردیم و زاویه جهت خورشید را در ماه‌های انتخاب شده برای آنالیز در ساعت‌های ۸ و۱۲ و ۱۵ بدست آوردیم. در حقیقت زاویه چرخش پنل‌ها همان زاویه جهت خورشید می‌باشد.

در مدل‌سازی انجام شده در نرم‌افزار رویت می‌بایست زاویه‌های مختلف چرخش پنل‌های لوزی شکل سایبان برروی مدل سه بعدی اعمال شود که موقع خروجی گرفتن برای آنالیزهای نورسنجی در نرم‌افزار دیلایت ویژولایزر سایبان‌ها در مکان و جهت صحیح خود قرار گرفته باشند. همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌فرمایید برای اطمینان از زاویه جهت خورشید این زوایا را با استفاده از تنظیمات خورشید نرم‌افزار رویت و استفاده از برنامه‌نویسی درپلاگین دینامو خروجی این زوایا در ساعت‌های تعیین شده و ماه‌های مشخص استخراج گردید. این برنامه‌نویسی علاوه‌بر تعیین زوایا چرخش پنل‌ها باعث حرکت سایبان‌ها از طریق زاویه بردار نرمال سطح لوزی پنل‌ها و جهت تابش خورشید در مدل سه‌بعدی می‌شود.



شکل. ۹. برنامه خطی نوشته شده در داینامو برای پیدا کردن زاویه چرخش پنل‌ها مدل‌سازی شده (نگارنده)

جدول.۱. زوایای چرخش پنل نسبت به سطح نما در فصل تابستان (نگارنده)

ساعت	۳۱ خرداد(۲۱ ژوئن)	۳۰ تیر(۲۱جولای)	۳۰ مرداد (۲۱آگوست)
۸	۵۴ درجه	۵۵.۵ درجه	۶۰ درجه
۱۲	۱۷۸ درجه	۱۷۷ درجه	۱۷۷ درجه
۱۵	۱۶۱ درجه	۱۶۲ درجه	۱۶۰ درجه

جدول.۲. زوایای چرخش پنل نسبت به سطح نما در فصل تابستان (نگارنده)

ساعت	۳۰ آذر (۲۱ دسامبر)
۸	۱۲۷ درجه
۱۲	۹۰ درجه
۱۵	۵۱ درجه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

از آنجا که تمرکز اصلی در این پژوهش برروی روزهای گرم سال و کنترل گرمای ناخواسته تابش خورشید است، فقط ۳۰ آذر (۲۱ دسامبر) باتوجه به شکل ۶ برای آنالیز فصل زمستان که سردترین ماه سال است مدنظر قرار گرفت.

۳-۵- ویژگی‌های مصالح استفاده شده در نمونه آنالیز

در این پژوهش از مصالح استاندارد نرم‌افزار VELUX Daylight Visualizer برای سایبان‌ها و مدل نمونه در آنالیز استفاده شد که در جدول زیر معرفی می‌گردد.

جدول.۳. ویژگی‌های فیزیکی مصالح استفاده شده در سنجش نوری (نگارنده)

سطح	رنگ قرمز	رنگ سبز	رنگ آبی	میزان عبور	انعکاس	ضریب سختی	specularity
دیوار	۰.۸۴۰	۰.۸۴۰	۰.۸۴۰	–	۰.۸۴۰	۰.۰۳	۰.۰
کف	۰.۶۶۰	۰.۶۱۰	۰.۵۱۰	–	۰.۶۱۷	۰.۰۴	۰.۱۱۰

سقف	۰.۸۴۰	۰.۸۴۰	۰.۸۴۰	–	۰.۸۴۰	۰.۰۳	۰.۰
شیشه پنجره	۰.۶۸۰	۰.۶۸۰	۰.۶۸۰	۰.۶۸۰	–	–	–
پروفیل پنجره	۰.۹۳۷	۰.۹۴۰	۰.۹۴۱	–	۰.۹۴۰	۰.۱	–
سازه اتصال سایبان‌ها	۰.۵۸۴	۰.۵۸۴	۰.۵۳۷	–	۰.۵۶۷	۰.۲۰۰	–
پنل سایبان	۰.۸۰۸	۰.۵۲۷	۰.۰	–	۰.۵۶۷	۰.۴۳۰	–
شیشه آبی	۰.۳۳۲	۰.۹۹۶	۰.۹۹۶	۰.۸۲۰	–	–	–
شیشه سبز	۰.۶۶۴	۰.۹۹۶	۰.۴۹۶	۰.۸۷۶	–	–	–
شیشه قرمز	۰.۹۹۶	۰.۰	۰.۰	۰.۲۶۴	–	–	–
شاسی سایبان	۰.۵۸۴	۰.۵۸۴	۰.۵۳۷	–	۰.۵۸۱	۰.۲۰۰	–

۳-۶- نرم افزار های مورد استفاده

در انجام این پژوهش از نرم افزارهای Autodesk revit، Climate Consultant، VELUX Daylight Visualizer و پلاگین Dynamo استفاده شده است که در زیر به توضیحی مختصر در مورد آنها می‌پردازیم:

Autodesk revit: یک نرم‌افزار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای معماران، معماران منظر، مهندسین سازه، مهندسین مکانیک، برق و لوله‌کشی (MEP)، طراحان و پیمانکاران است. نرم‌افزار اصلی توسط Charles River Software توسعه داده شد که در سال ۱۹۹۷ تأسیس شد، در سال ۲۰۰۰ به Revit Technology Corporation تغییر نام داد و در سال ۲۰۰۲ توسط Autodesk خریداری شد. این نرم‌افزار به کاربران اجازه می‌دهد تا ساختمان و سازه و اجزای آن را به صورت سه بعدی طراحی کنند و همزمان نقشه‌های دوبعدی را نیز دریافت کنند (Wikipedia, 2022).

Climate Consultant:یک برنامه کامپیوتری مبتنی بر گرافیک ساده است که به معماران، سازندگان، پیمانکار، و دانش‌آموزان کمک می‌کند که با استفاده از داده‌های آب و هوایی(EPW) سالانه ۸۷۶۰ ساعت که توسط وزارت انرژی برای هزاران ایستگاه آب و هوایی در سراسر جهان به صورت رایگان در دسترس قرار گرفته است، اقلیم خود را بیشتر بشناسند و آن را آنالیز نمایند. مشاور آب و هوا این اطلاعات اقلیمی خام را به چندین نمایشگر گرافیکی معنادار تبدیل می‌کند (Professor Milne, 2018).

VELUX Daylight Visualizer: یک ابزار شبیه‌سازی نور حرفه‌ای برای تحلیل شرایط نور روز در ساختمان‌ها است. این هدف در جهت ترویج استفاده از نور روز و کمک به متخصصان با پیش‌بینی و مستندسازی سطوح نور روز و ظاهر یک فضای قبل از تحقق طرح ساختمان است. این نرم‌افزار تمام موارد آزمون CIE 171: 2006 که به روشنایی طبیعی اختصاص داده شده است گذرانده است (Roy, 2018).

Dynamo: داینامو به طراحان اجازه می‌دهد برای طراحی و فرآیندهای سفارشی محاسباتی از طریق یک رابط برنامه‌نویسی ویژوال مبتنی بر گره انجام دهند. همچنین کاربران می‌توانند با این ایزار به دسترسی کاربری‌های پیچیده و اشکال هندسی ورابطه بین ساختارها بپردازند. علاوه‌بر این، داینامو اجازه می‌دهد تا طراح بتواند یک طرحی را با استفاده از هرم محاسباتی که می‌تواند درچارچوب یک محیط BIM باشد انجام دهد تا بتواند با استفاده ازسیستم‌های سفارشی به کنترل هم خانواده‌ها و پارامترها بپردازد. داینامو یک راه جدید برای اطلاعات هندسی در نرم‌افزارAutodesk Revit و Vasari است که کاربران می‌توانند چارچوبی برای ایجاد موقعیت و

تجسم اشکال هندسه ایجاد کنند که این چارچوب برنامه‌نویسی بصری اجازه می‌دهد تا کاربر بتواند به روابط و گسترش طراحی BIM بپردازد.

۳-۷- فاکتورهای سنجش

باتوجه به نوع محاسبات، نتایج شبیه‌سازی به دو دسته داده‌های ثابت و پویا تقسیم شده است. داده‌های ثابت بر مبنای زمان و موقعیت‌های ثابت سنجیده شده‌اند در حالی که داده‌های پویا بر اساس داده‌های سالانه آب و هوا و تابش سالانه را در نظر دارند (EU, 2010).کلیه داده‌های جغرافیایی و اقلیمی سالانه شهر تهران به صورت فرمت epw در این محاسبات گنجانده شده‌اند. در این پژوهش از داده‌های ثابت استفاده شده است.

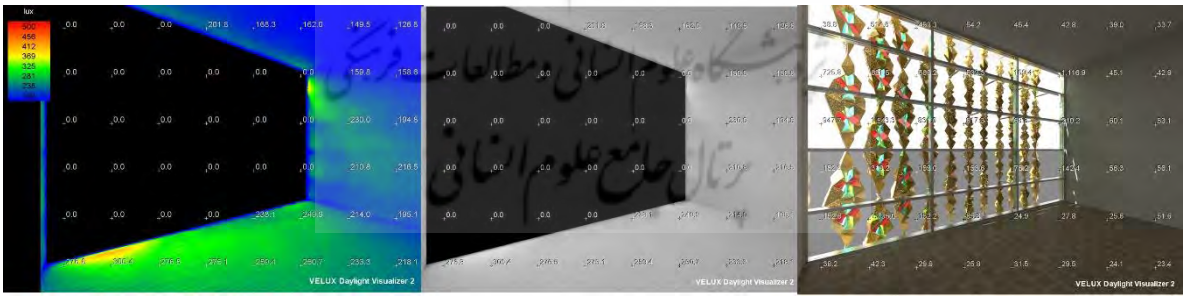
۳-۸- درخشندگی (luminance)

میزان نور تابیده شده از جهتی مشخص بر واحد سطح می‌باشد. واحد اندازه‌گیری آن در SI کاندلا بر متر مربع CD/M^2 است.آنچه این کمیت به ما نشان میدهد در واقع میزان نوری است که توسط چشم در هر نقطه ادراک می‌شود. در اندازه‌گیری کمیت میزان رو شنایی به و ضعیت آسمان توجه می‌شود از این رو نتایج حا صل از آن تا حد زیادی منطبق بر واقعیت خواهد بود (The American Heritage, Science Dictionary, 2002).

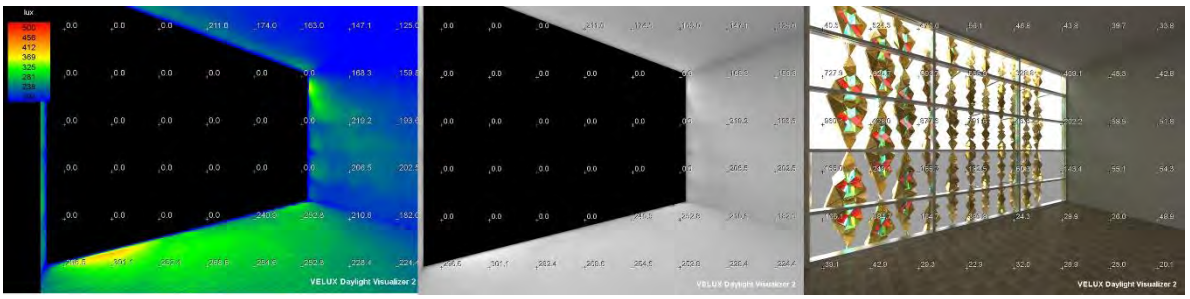
۳-۸- میزان روشنایی (illuminance)

در علم ســـنجش نور، کل جریان نوری وارده بر واحد ســـطح بوده و واحد اندازه‌گیری SI آن lux یا $lumen/m^2$ می‌باشد. در گذشته میزان روشنایی را با عبارت روشنایی (brightness) تعریف میکردند که باعث اشتباه بین این فاکتور و فاکتور شدت روشنایی می‌شد. دستگاه‌های نور سنج اغلب اندازه‌گیری این فاکتور را انجام می‌دهد (The American Heritage, Science Dictionary, 2002).

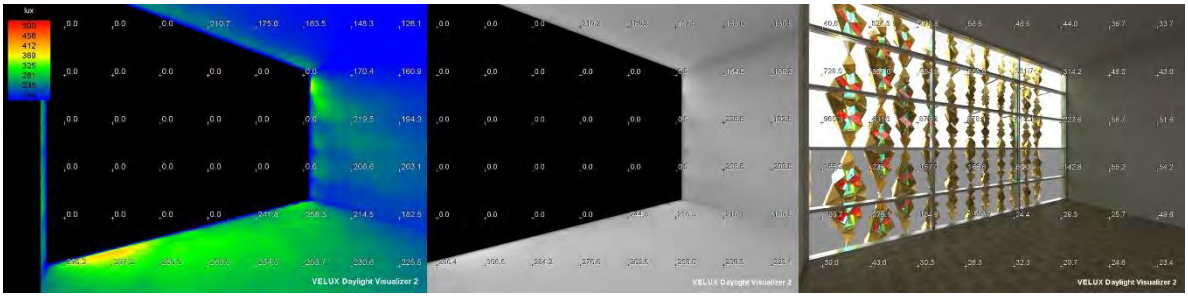
۴- یافته‌ها



شکل.۱۰. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه اگوست با سایبان (نگارنده)

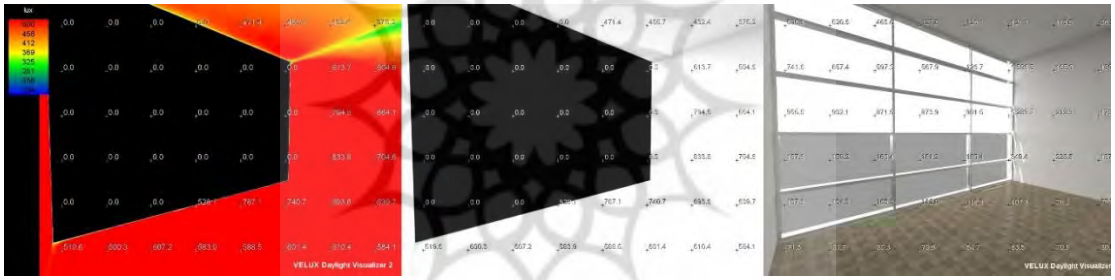


شکل.۱۱. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه جولای با سایبان (نگارنده)

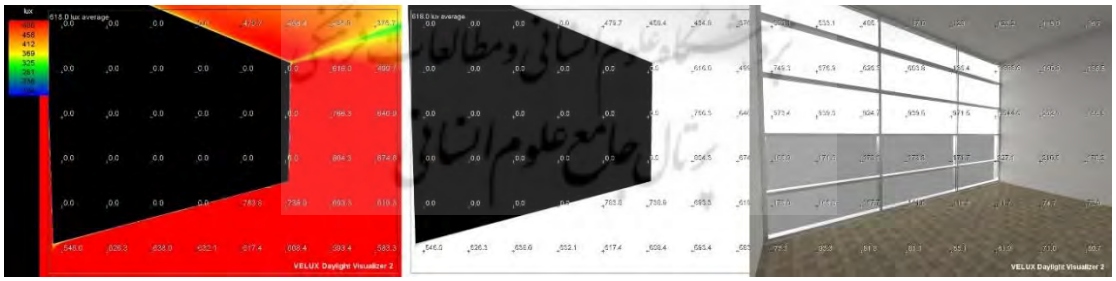


شکل.۱۲. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه ژوئن با سایبان (نگارنده)

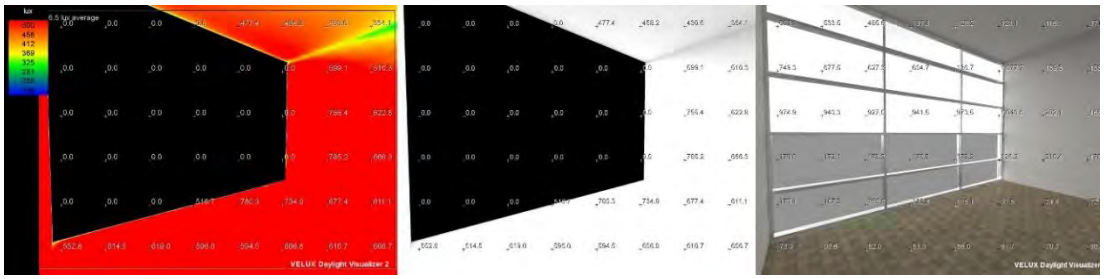
در تصاویر بالا آنالیزهای درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه‌های انتخابی در جهت مشاهده تأثیر سایبان‌ها با زاویه چرخش نشان داده شده است. تصاویر رنگی مربوط به میزان روشنایی که بر حسب لوکس که رنگ حداقل وحداکثر آن به ترتیب رنگ آبی و نارنجی هستند و اعداد آنها بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ لوکس می‌باشد. تصویر وسط نیز مربوط به میزان روشنای (illuminance) می‌باشد که بدون رنگ نمایش داده شده است. تصاویر سمت راست مربوط به ضریب نور (luminance) که میزان نور ادارک شده توسط چشم انسان در هر نقطه را نمایش می‌دهد که بر حسب کاندلا بر متر مربع می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که این سایبان‌ها میزان میزان روشنایی را باتوجه به چرخشی که دارند کاهش داده ولی باتوجه به نوری که از جهت دیگر سایبان وارد می‌شود میزان روشنایی را نزدیک به حد استاندارد که ۳۰۰ لوکس است نگه می‌دارد.



شکل.۱۳. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه آگوست بدون سایبان برای فضای نمونه (نگارنده)



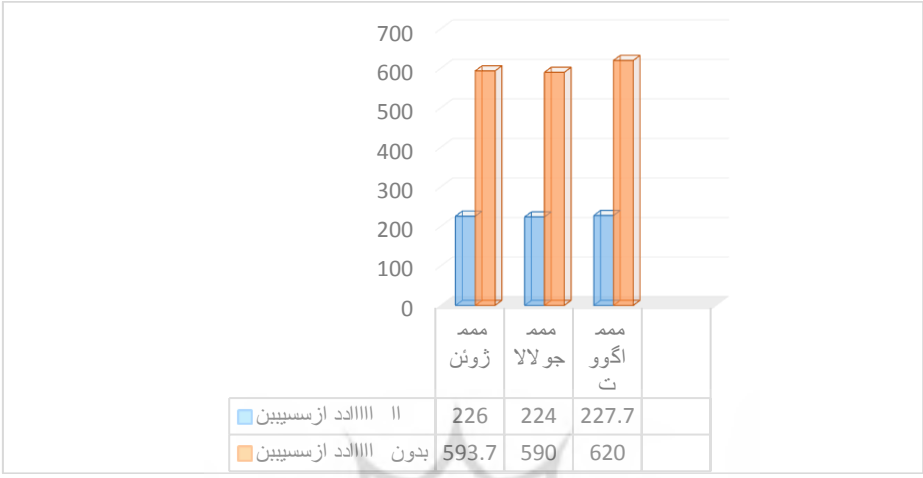
شکل.۱۴. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه جولای بدون سایبان برای فضای نمونه (نگارنده)



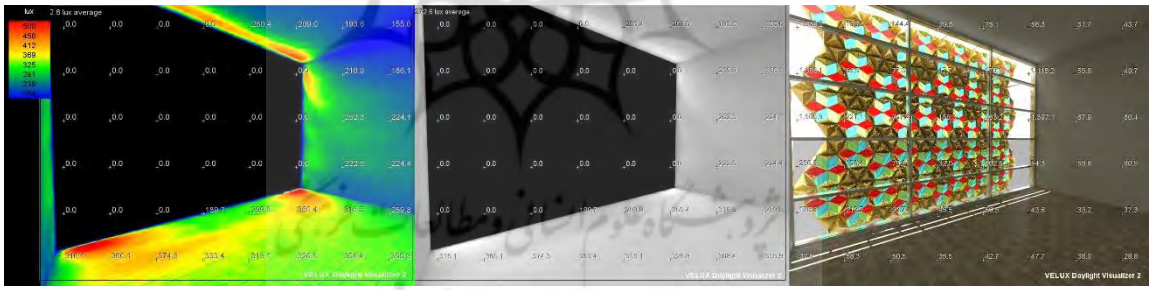
شکل.۱۵. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه ژوئن بدون سایبان برای فضای نمونه (نگارنده)

در تصاویر ۱۳ تا ۱۵ آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی برای فضای نمونه بدون سایبان در ماه‌های انتخاب شده انجام گردیده که همانطور که مشخص است میزان روشنایی بسیار بیشتر از استاندارد (بین ۳۰۰ تا ۵۰۰)است و این ورود نور گرم بالا ۲۷ درجه سانتی-گراد باعث گرم شدن فضای داخلی و افزایش با سرمایشی خواهد شد.

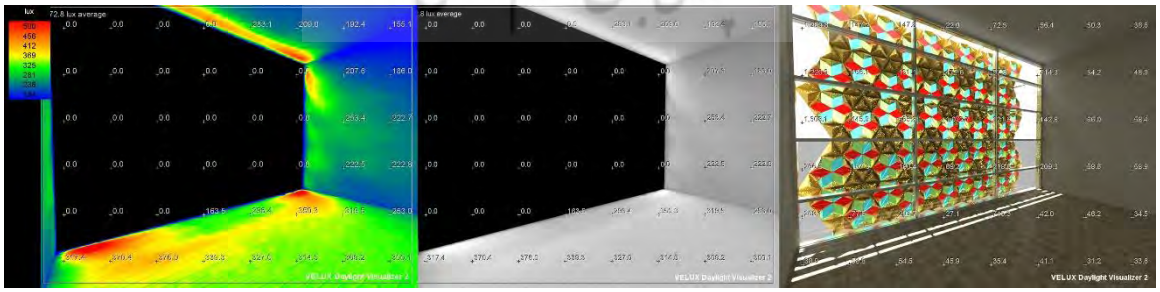
جدول.۴. مقایسه میانگین میزان روشنایی ساعت ۸ صبح با سایبان و بدون سایبان بر حسب لوکس در محیط نمونه (نگارنده)



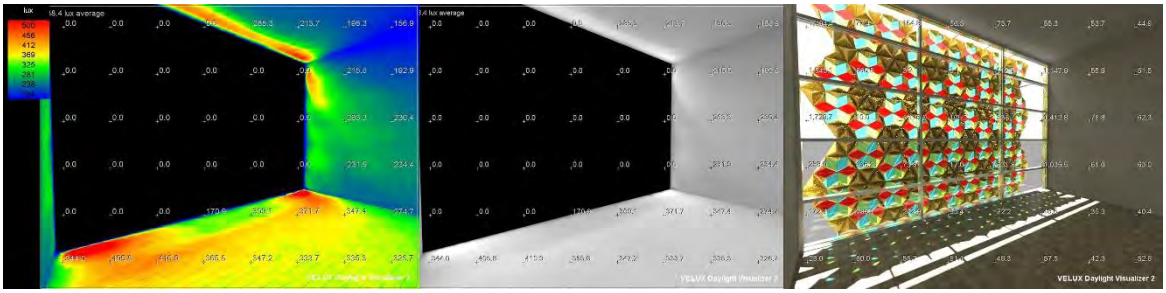
در جدول ۴ مشاهده می‌گردد که سایبان‌ها توانسته‌اند که تا یک سوم از ورود تابش‌های گرم خورشیدی که دمایی بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد دارند، کاهش دهند.



شکل.۱۶. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۲ ظهر ماه ژوئن با سایبان (نگارنده)

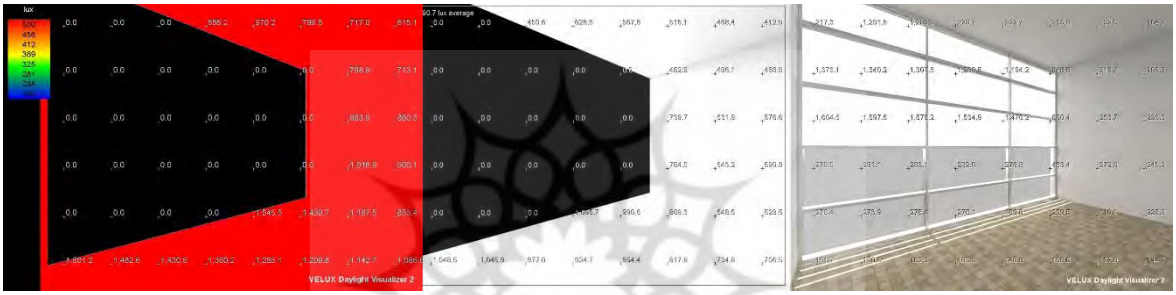


شکل.۱۷. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۲ ظهر ماه جولای با سایبان (نگارنده)

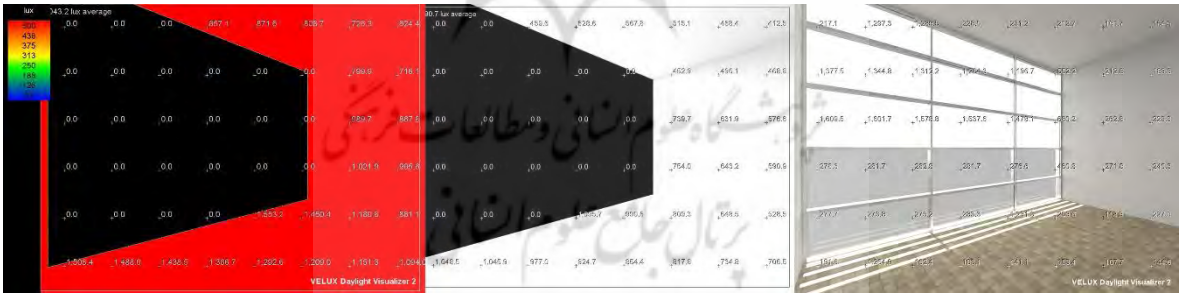


شکل.۱۸. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۲ ظهر ماه آگوست با سایبان (نگارنده)

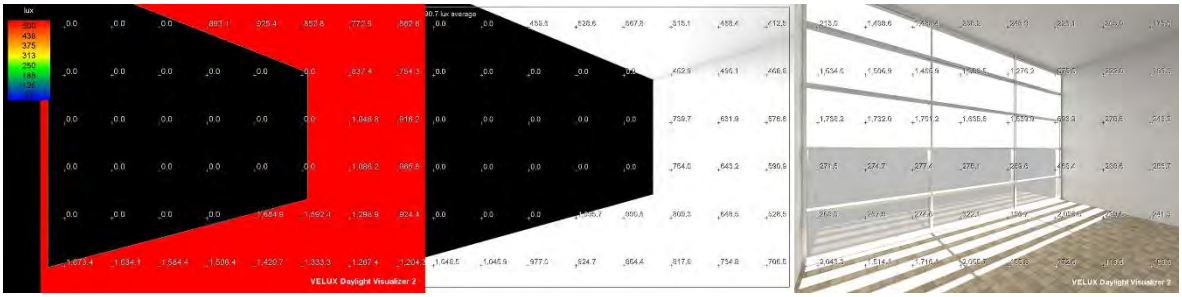
در تصاویر ۱۶ تا ۱۸ آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی در ساعت ۱۲ ظهر با سایبان انجام شده، در این ساعت سایبان‌ها تقریباً بسته شده‌اند و از نور گرم ظهر جلوگیری می‌کنند. در عکس رنگی، رنگ زرد که بخش عمده آنالیز را تشکیل می‌دهد نشان دهنده ۳۱۰ لوکس می‌باشد که باتوجه به تابش بسیار زیاد ساعت ۱۲، میزان سطح روشنایی داخلی در حد استاندارد فضای اداری می‌باشد.



شکل.۱۹. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۲ ظهر ماه ژوئن بدون سایبان (نگارنده)



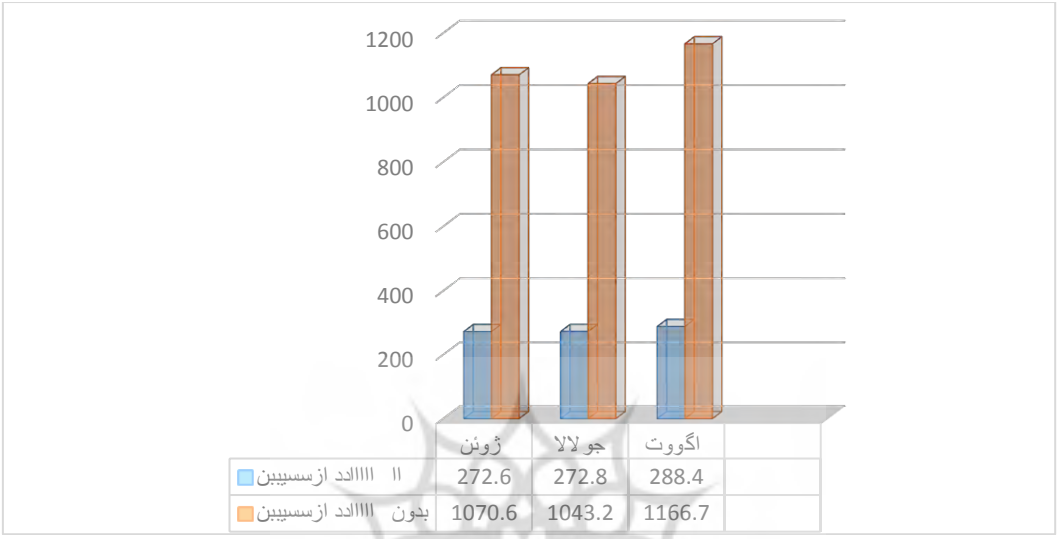
شکل.۲۰. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۲ ظهر ماه جولای بدون سایبان (نگارنده)



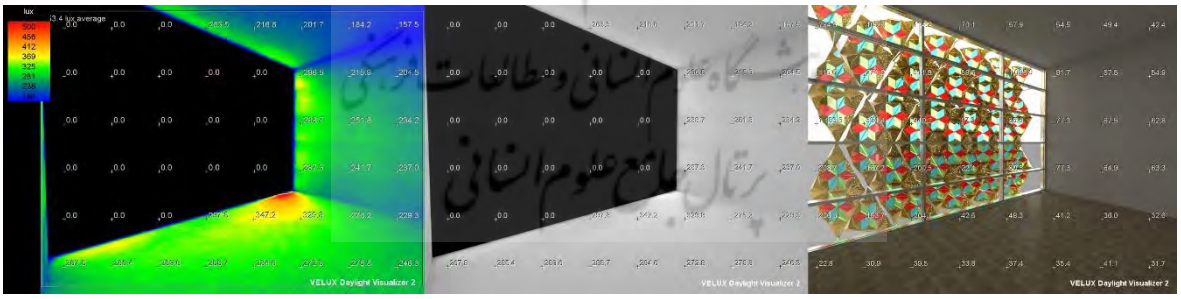
شکل.۲۱. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۲ ظهر ماه آگوست بدون سایبان (نگارنده)

در تصاویر۱۹ تا ۲۱ آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی برای فضای نمونه بدون سایبان در ماه‌های انتخاب شده برای آنالیز می-باشد که همانطور که مشاهده می‌شود لوکس داخلی بسیار بیشتر از استاندارد است و این ورود نور گرم بالا ۲۷ درجه سانتی‌گراد باعث گرم شدن فضای داخلی و افزایش بار سرمایشی خواهد شد. در شکل فوق رنگ قرمز مقدار روشنایی تقریبا برابر با ۱۵۰۰ لوکس دارد که بسیار بالاتر از حد استاندارد روشنایی فضای داخلی اداری می‌باشد.

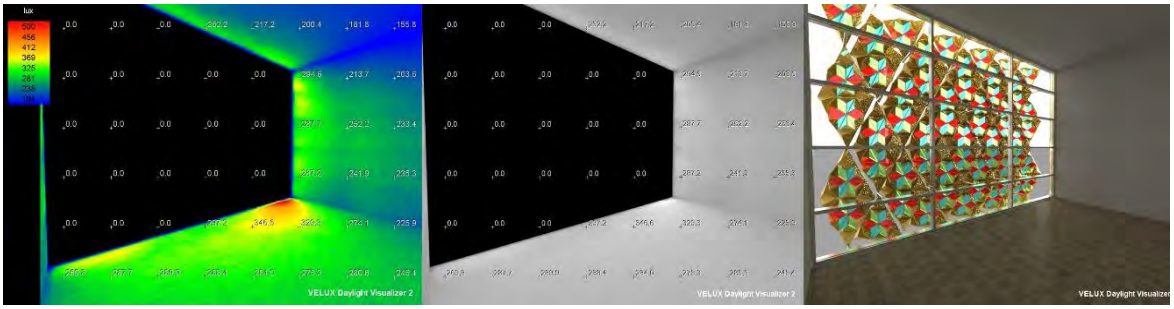
جدول.۵. مقایسه میانگین میزان روشنایی ساعت ۱۲ ظهر نمونه با سایبان و بدون سایبان بر حسب لوکس در محیط نمونه (نگارنده)



درجدول ۵ مشاهده می‌شود که با بسته شدن سایبان در ساعت ۱۲ ظهر در ماه‌های مختلف آنالیزهای صورت گرفته ضمن اینکه روشنایی داخلی متعادل‌تر می‌گردد از ورود گرمای بیش از حد تابش آفتاب نزدیک به ۸۰ درصد جلوگیری می‌کند و این بسیار در کاهش بار سرمایشی مؤثر خواهد بود.

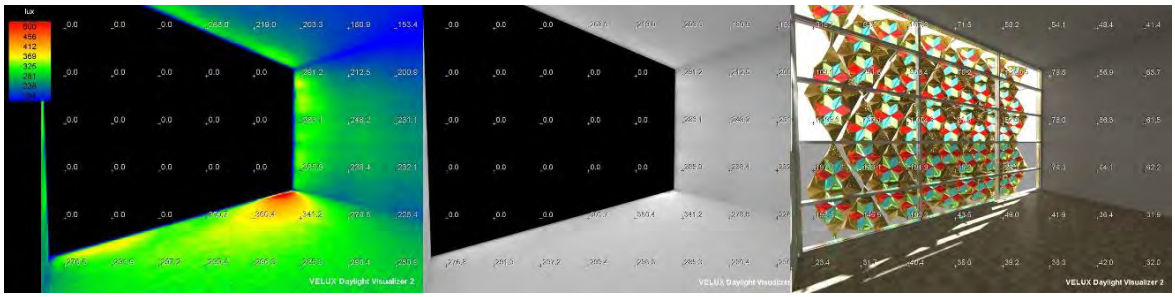


شکل.۲۲. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ ماه ژوئن با سایبان (نگارنده)

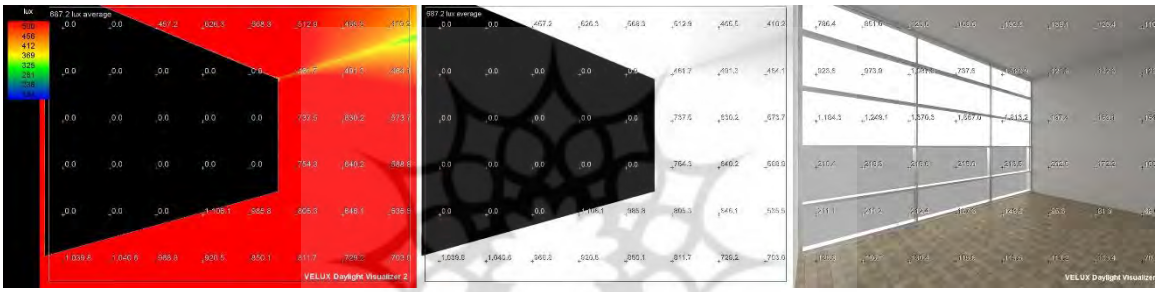


شکل.۲۳. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ ماه جولای با سایبان (نگارنده)

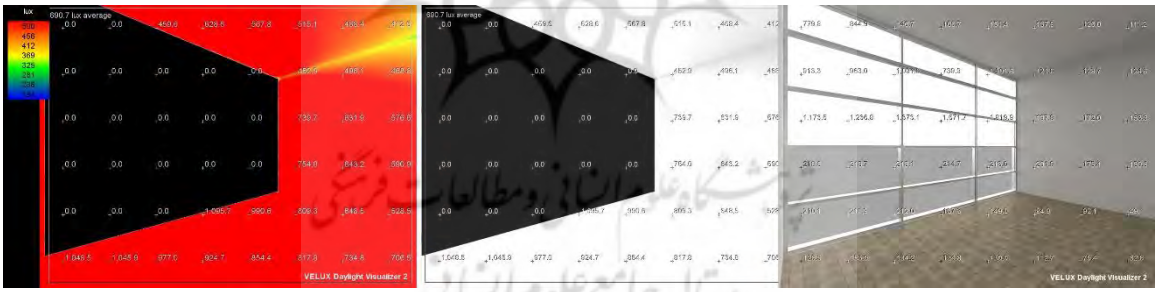
تصاویر ۲۲ تا ۲۴ مربوط به آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ سه ماه انتخاب شده با استفاده از سایبان برای آنالیز می‌باشند. در قسمت تصاویر رنگی، رنگ آبی به عنوان حداقل لوکس نوری و رنگ نارنجی به عنوان حداکثر لوکس نوری می‌باشد. رنگ سبز که بیشترین سهم را در آنالیزهای فوق دارد مقدار لوکس معادل ۳۲۰ دارد. که این عدد باتوجه به نور بسیار زیاد ساعت ۱۵ نشان دهنده این است که سایبان‌های طراحی شده به خوبی عمل کرده و از ورود تابش گرم خورشید جلوگیری کرده و در عین حال میزان روشنایی داخلی را در حد استاندارد نگه می‌دارند.



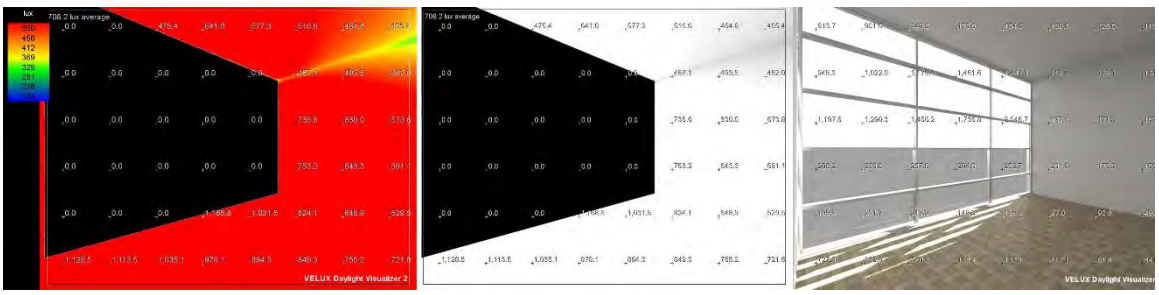
شکل.۲۴. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ ماه آگوست با سایبان (نگارنده)



شکل.۲۵. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ماه ژوئن بدون سایبان (نگارنده)



شکل.۲۶. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ ماه جولای بدون سایبان (نگارنده)

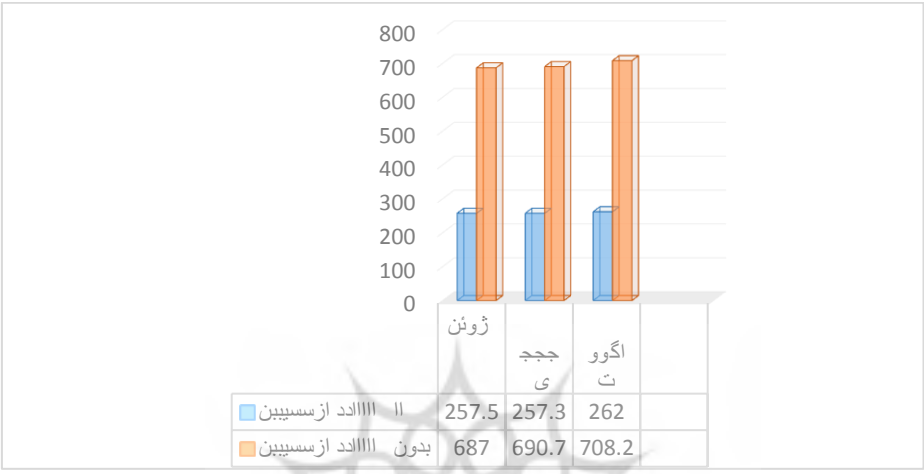


شکل.۲۷. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۵ ماه آگوست بدون سایبان (نگارنده)

در تصاویر۲۵ تا ۲۷ آنالیزهای درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ ماه‌های انتخابی در جهت مشاهده تأثیر سایبان‌ها با زاویه چرخش مشخص است. در شکل‌های فوق تصاویر رنگی مربوط به میزان روشنایی که بر حسب لوکس که رنگ حداقل وحداکثر آن به

ترتیب رنگ آبی و نارنجی هستند که اعداد آن ما بین ۲۰۰ تا ۱۶۰۰ لوکس می‌باشد. تصویر وسط نیز مربوط به میزان روشنایی می‌باشد که بدون رنگ نمایش داده شده است. تصاویر سمت راست مربوط به درخشندگی که میزان نور ادارک شده توسط چشم انسان در هر نقطه را نمایش می‌دهد که بر حسب کاندلا بر متر مربع می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که این سایبان‌ها میزان روشنایی فضای داخلی را با توجه به چرخشی که دارند کاهش داده ولی با توجه به نوری که از جهت دیگر سایبان وارد می‌شود روشنایی را نزدیک به حد استاندارد که ۳۰۰ لوکس است نگه می‌دارد.

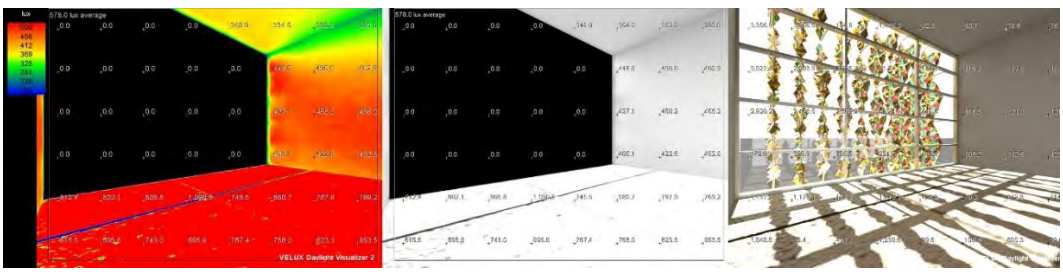
جدول.۶. مقایسه میانگین میزان روشنایی ساعت ۱۵ نمونه با سایبان و بدون سایبان بر حسب لوکس (نگارنده)



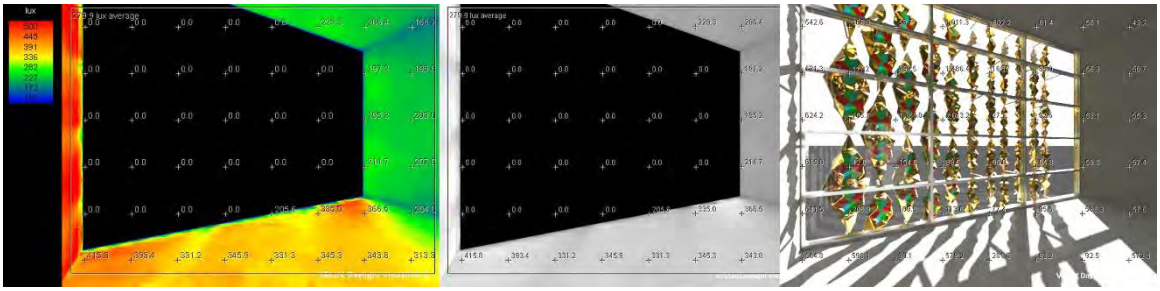
جدول ۶ مقایسه بین میزان روشنایی محیط آنالیز با استفاده از سایبان و بدون استفاده از سایبان است. طبق نمودار سایبان‌ها توانسته اند در ماه‌های گرم سال در ساعتی که بیشترین دما روز طبق شکل ۷ درآن ساعات است، میزان ورود نور گرم خورشید را به نزدیک به ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش بدهند. این جلوگیری از ورود تابش خورشید باعث خواهد شد با سرمایشی محیط کاهش پیدا کند.

این سایبان‌ها در فصل زمستان با توجه به دمای هوا اگر از ۲۰ درجه کمتر شود، بجای اینکه از ورود نور مستقیم خوشید جلوگیری کنند به آن اجازه خواهند داد وارد شود و دمای هوای داخلی را افزایش دهد. عملکرد این سایبان‌ها در فصل زمستان بر عکس فصل تابستان است.

شکل.۲۸. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۸ صبح ماه دسامبر با سایبان (نگارنده)

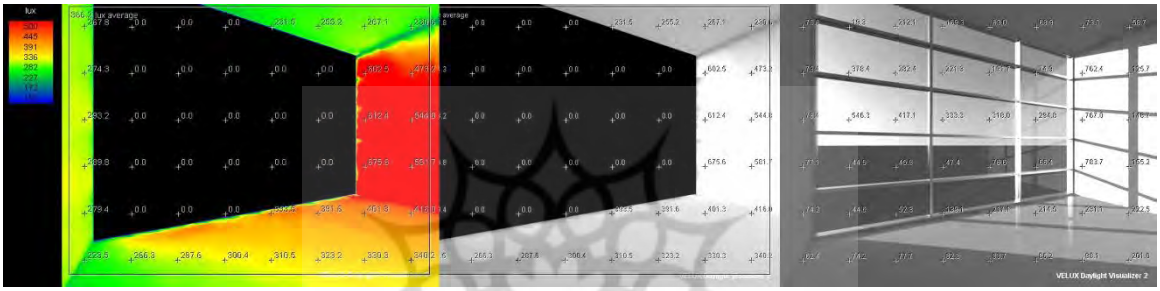


شکل.۲۹. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۲ ظهر ماه دسامبر با سایبان (نگارنده)

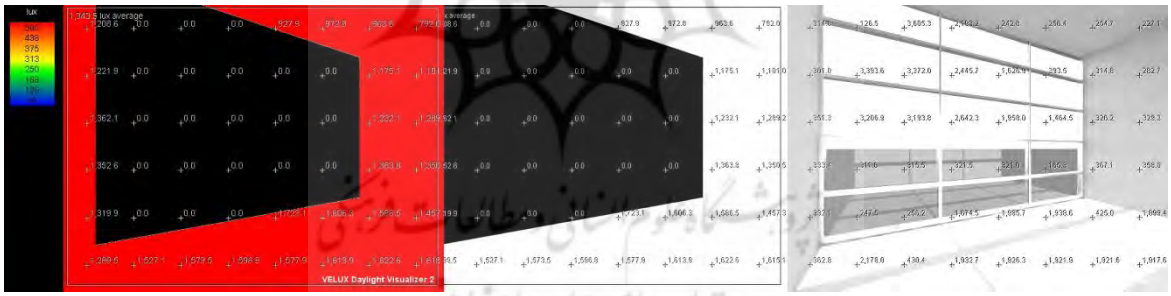


شکل.۳۰. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت ۱۵ ماه دسامبر با سایبان (نگارنده)

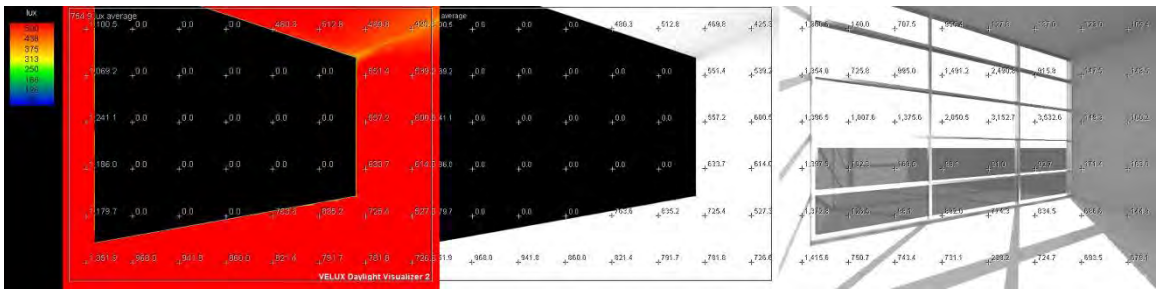
تصاویر ۲۸ تا ۳۰ مربوط به آنالیز فصل زمستان ماه دسامبر است. طبق نتایج آنالیز مشخص گردید این سایبان‌ها در هنگامی که هوای بیرون سرد است و نیاز به تابش آفتاب داریم، به پرتوهای خورشیدی اجازه ورود خواهند داد. تصاویر رنگی فوق سمت چپ مربوط به شدت روشنایی و تصویر سمت راست مربوط به درخشندگی می‌باشد.



شکل.۳۱. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۸صبح ماه دسامبر بدون سایبان (نگارنده)

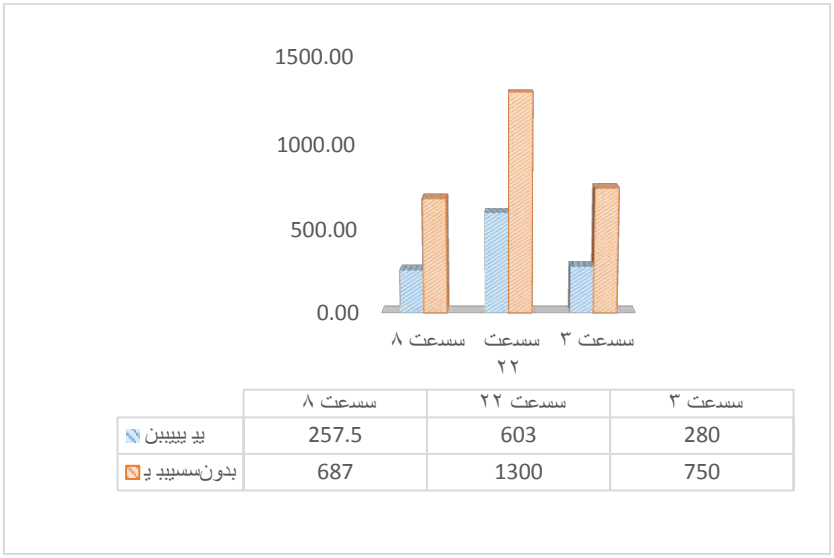


شکل.۳۲. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۲ ظهر ماه دسامبر بدون سایبان (نگارنده)



شکل.۳۳. آنالیز درخشندگی و میزان روشنایی ساعت۱۵ماه دسامبر بدون سایبان (نگارنده)

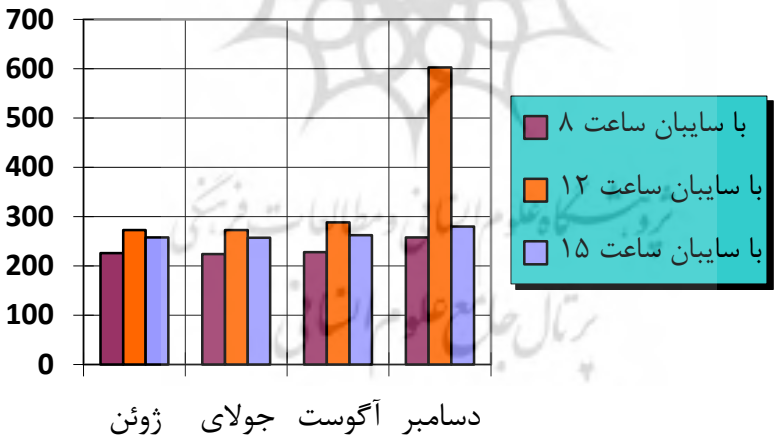
جدول.۷. مقایسه میانگین میزان روشنایی ساعت‌های مختلف روز با سایبان و بدون سایبان بر حسب لوکس در زمستان (نگارنده)



	ساعت ۸	ساعت ۲۲	ساعت ۳
با سایبان	257.5	603	280
بدون سایبان	687	1300	750

باتوجه به جدول ۷ سایبان‌ها در زمستان از ۵۰ درصد ورود نور به داخل جلوگیری خواهد کرد ولی باتوجه به استاندارد میزان روشنایی داخلی که بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ لوکس برای فضای اداری می‌باشد، این سایبان اجازه ورود این مقدار لوکس را به فضای داخلی خواهد داد و درطول روز احساس تاریکی نخواهد شد.

جدول.۷. مقایسه میانگین میزان روشنایی با استفاده از سایبان درکل ماه‌ها و ساعت‌ها آنالیز شده بر حسب لوکس (نگارنده)



۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با بررسی پنجره‌های ارسی متداول معماری ایرانی اسلامی و گره‌های هندسی به الگویی برای سایبان‌های نمای ساختمان اداری رسیدیم که دو هدف اولیه ما را تأمین می‌کند. این پنل‌های متحرک که در نمای ساختمان استفاده می‌شود در عین پاسخگویی به عمکرد مدنظر، به نمای ساختمان و منظر شهری هویتی ایرانی اسلامی می‌دهد. این سایبان‌ها دارای شکل‌های لوزی هستند و در مرکز خود به شکل شمسه می‌رسند و شمسه ایجاد شده با شیشه‌های رنگی امکان ورود نور را به داخل محیط خواهند داد. سایبان‌ها طراحی شده به صورت دوطرفه می‌باشد و هدف این کار برای ایجاد نما و منظر فضای داخلی است، زمانی که آنها بسته

می‌شوند دید افرادی که در داخل ساختمان هستند به هندسه زیبایی در پوسته ختم گردد و برعکس نمای‌های دوپوسته متداول که از داخل دید مناسبی ندارند و بیشتر سازه متصل به نما مشخص است، سایبان در این رابطه نیز طراحی گردیده است. المان‌های طراحی شده به صورت لوزی قابلیت چرخش در رئوس خود را خواهند داشت و در هر ساعت از روز نمای جدیدی را به شهر و شهروندان عرضه خواهند کرد.

در مجموع ۲۴ آنالیز سنجش نور انجام شد. سه ماه در فصل تابستان به عنوان گرم‌ترین ماه‌های سال و یک ماه در فصل زمستان به عنوان سردترین ماه سال در آنالیز استفاده گردید. در هر ماه سه ساعت از روز با توجه به شروع کارهای اداری، وسط و پایان کار انتخاب و تمامی این آنالیزها در فضای نمونه سه بعدی صورت پذیرفت. سنجش روشنایی یک بار با استفاده از سایبان و یک بار بدون سایبان انجام گرفت. این سایبان‌های با توجه به زوایا چرخش معرفی شده توان مقابله زیادی با تابش مستقیم خورشید دارند. با مقایسه بین میزان روشنایی محیط آنالیز و نمودارهای بدست آمده سایبان‌ها توانسته‌اند در ماه‌های گرم میزان ورود نور خورشید را به نزدیک به ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش بدهند. این کاهش ورود تابش خورشید باعث خواهد شد با سرمایشی محیط کاهش پیدا کند.

این سایبان‌ها در فصل زمستان باتوجه به دمای هوا اگر از ۲۰ درجه کمتر شود، بجای اینکه از ورود نور مستقیم خوشید جلوگیری کنند به آن اجازه خواهند داد وارد شود و دمای هوای داخلی را افزایش دهد. عملکرد این سایبان‌ها در فصل زمستان بر عکس فصل تابستان است. در زمستان ۵۰ درصد در ورود نور به داخل سایبان جلوگیری خواهد کرد ولی باتوجه به استاندارد میزان روشنایی داخلی که بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ لوکس برای فضای اداری می‌باشد، این سایبان اجازه ورود این مقدار روشنایی را به فضای داخلی خواهد داد و در طول روز احساس تاریکی نخواهد شد.

۶- تقدیر و تشکر

بدینوسیله از اساتید محترم دانشگاه، خانم دکتر پورناصری عضو هیئت علمی دانشگاه رجایی تهران بابت راهنمایی های ارزشمندشان و آقای دکتر علی عسگری عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی بابت مشورت علمی مغتنمشان، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

۷- منابع

۱. اعرابی هج، ا. (۱۳۹۳). طراحی پوسته هوشمند با رویکرد پایداری و الهام از طبیعت (ساختمان اداری تجاری در تهران). رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته تکنولوژی معماری و پردیس معماری دانشگاه تهران.

۲. پیرنیا، م. (۱۳۸۸). *آشنایی با معماری اسلامی ایران*. تهران: انتشارات سروش دانش.

3. EU. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings. Off. J. Eur. Union 153 (L), 13–35.
4. Professor Milne, M. (2018). Retrieved from energy-design: http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/
5. Roy, N. (2018). Retrieved from velux: https://www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer
6. The American Heritage, Science Dictionary. (2002). Houghton Mifflin.
7. Yoon, N., Min, D., & Heo, Y. (2022). Dynamic compartmentalization of double-skin façade for an office building with single-sided ventilation. *Building and Environment*, *208*, 108624.
8. Grobman, Y. J., & Yekutiel, T. P. (2013). Autonomous movement of kinetic cladding components in building facades. In *ICoRD'13* (pp. 1051-1061). Springer, India.
9. Elzeyadi, I. (2017). The impacts of dynamic façade shading typologies on building energy performance and occupant's multi-comfort. *Architectural Science Review*, *60*(4), 316-324.
10. Hosseini, S. M., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T., & Lichtenberg, J. (2019). A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort. *Building and Environment*, *153*, 186-204.
11. Feridonzadeh, H., & Cyrus Sabri, R. (2014). Window Design in Ardabil Traditional Houses for Conservation of Energy. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, *7*(12), 1-11.
12. Haghshenas, M., Bemanian, M. R., & Ghiabaklou, Z. (2016). Analysis the Criteria of Solar Trasmittance from Stained Glasses Used in Some of the Orosis from Safavid Dynasty. *Journal of Color Science and Technology*, *10*(1), 55-64.
13. Wikipedia, the free encyclopedia. (2022). Retrieved from Autodesk_Revit. https://en.wikipedia.org/wiki/

Design of smart shading for an office building to control the entry of direct sunlight based on cooling load reduction by modeling of Iranian-Islamic geometric

Mehdi sheikhi[1], Fatemeh Mehdizadeh Seraj[2*]

1- Ph.D. student in Architecture, Department of Architecture, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

mehdisheikhi1994@gmail.com

2- Professor, Department of Architecture, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran (Corresponding Author).

mehdizadeh@iust.ac.ir

Abstract:

The utilization of buildings contributes to approximately one-third of global energy consumption and a similar share of greenhouse gas emissions. In Iran, the buildings' energy consumption is more than 40% of the total energy consumption. Meanwhile, the environment, saving on fossil fuels, and sustainable development have become very important and common topics in the international arena. So, the building shell plays an important role as the outermost layer of the building, which is mostly connected to environmental factors. This article designs and evaluates the efficiency of the smart shading that prevents unwanted penetration of sunlight in the warm months of the year and allows light to enter the space in the cold months of the year. With the glance aesthetic view, Iranian geometry has been used to create these shading to achieve this beauty. Computer simulation and analysis and library resources are the methods used in this study. In this regard, an analysis sample with dimensions of 4 meters wide, 6 meters long, and 3.2 meters high as a part of office space for the shading were designed. And its effect on indoor lighting in the warm season was analyzed in VELUX Daylight Visualizer software. These shadings move and change direction according to the rotation of the sun. The analysis shows that in hot weather of the year, these shadings can reduce the brightness of the interior space by one-third and reduce the cooling load and keep the light intensity (lux) close to the standard of office space (300 lux). Furthermore, in the cold season of the year, the opening of these shadings is allowed light to enter.

Keywords: Smart shading, Dynamic shading, Building facade, Persian geometry, Sunlight

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

(CC BY 4.0)