دوفصلنامه
مطالعات بین‌رشته‌ای
در تعالی معماری و شهرسازی

دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
DOI: 10.71882/jisaud.2024.1106194

انطباق الگوی حرکتی سایبان خارجی نمای ساختمان با الگوی رفتاری گل زعفران در راستای کنترل نور روز در شیراز

زهرا یار محمودی* [۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

نوع مقاله: پژوهشی

صفحه ۷۹ تا ۹۵

چکیده

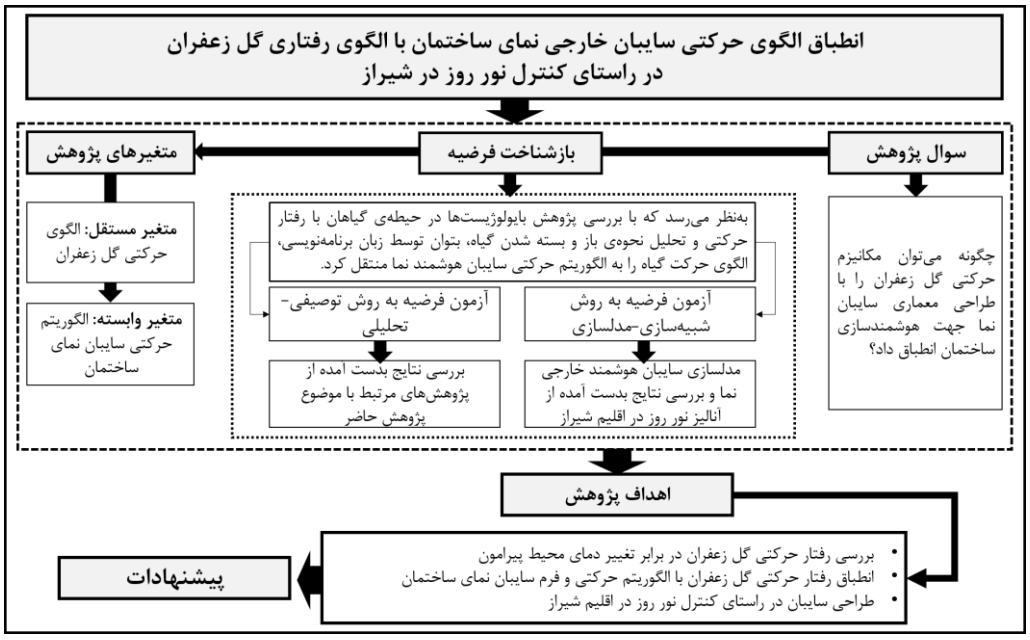
امروزه طراحان تمایل بیشتری به طراحی نما با پوستهٔ هندسی پیچیده و الگوهای حرکتی خلاقانه دارند. همین امر باعث خلق طرحی منحصربه‌فرد شده که علاوه بر زیبایی بصری و پویایی نما، موجب کنترل ورود نور روز و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌شود. به همین دلیل یافتن الگو و طرح مناسب جهت طراحی نمای پارامتریک و الگوریتمیک به یک موضوع چالش‌برانگیز برای معماران بدل شده است؛ بنابراین هدف کلان پژوهش حاضر، بررسی و ارائه مدل پوستهٔ هوشمند ساختمان با الهام از الگوی رفتاری گل زعفران (گرماتنجی) نسبت به تغییرات دمای محیط پیرامون در راستای کنترل ورود نور روز به فضای داخلی است. به دنبال این مسئله، پژوهش حاضر درصدد پاسخ به این سؤال است که چگونه می‌توان مکانیزم حرکتی گیاهان را با طراحی معماری سایبان نما جهت هوشمندسازی ساختمان انطباق داد؟ روش پژوهش حاضر دارای ماهیت ترکیبی (کمی – کیفی) است و به‌صورت مدل‌سازی – شبیه‌سازی است. از نرم‌افزار راینو۶ و پلاگین گرس‌هاپر جهت مدل‌سازی سایبان و از افزونهٔ لیدی‌باگ و هانی‌بی جهت تحلیل انرژی تابشی و آنالیز نور روز استفاده شده است. با بررسی پژوهش بیولوژیست‌ها در حیطهٔ گیاهان با رفتار حرکتی و تحلیل نحوهٔ باز و بسته‌شدن گیاه، می‌توان توسط زبان برنامه‌نویسی، الگوی رفتار حرکتی گیاه را به الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نما منتقل کرد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که حرکت سایبان هوشمند الهام گرفته شده از رفتار حرکتی گل زعفران در اقلیم شیراز متناسب با مسیر حرکت خورشید می‌تواند ۴۰ درصد انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای جنوبی را کاهش دهد. علاوه‌برآن، پنل‌های سایبان در حالت باز می‌تواند نفوذ نور خورشید به فضای داخلی ساختمان را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. این امر نشان‌دهندهٔ عملکرد مطلوب سایبان هوشمند نمای ساختمان متناسب با اقلیم شیراز است.

واژگان کلیدی: سایبان خارجی، نمای متحرک، گل زعفران، کنترل نور روز، شیراز

[۱] گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول) z.yarmahmoodi@iaushiraz.ac.ir

۱. مقدمه

نور روز یک فاکتور اساسی در حفظ سلامت انسان است (Jain et al., 2022). بااین‌وجود، باید میزان دریافت آن در محیط کنترل شود؛ زیرا بهره‌مندی حداکثری از نور روز در فضای داخلی باعث ایجاد خیرگی و کاهش آسایش بصری کاربر می‌شود (Su et al., 2022)، علاوه‌براین، در فصول گرم سال در اقلیم‌های گرم و خشک می‌تواند باعث افزایش بار سرمایش (Liu et al., 2022)، کاهش آسایش حرارتی (Rostamzad et al., 2021) و در نهایت افزایش مصرف انرژی ساختمان شود (Brzezicki, 2024)؛ در نتیجه کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان جهت توسعهٔ سازه‌های انرژی کارآمد است (Razazi et al., 2022; Rastegari et al., 2023) و مزایای قابل‌توجهی از نظر مصرف انرژی ارائه می‌دهد (Lu, 2024; Tabibian et al., 2020) ، به‌عنوان‌مثال، راحتی بصری سرنشینان را بهبود می‌بخشد و بهره‌وری را افزایش می‌دهد (Pérez-Carramiñana et al., 2024; Kong et al., 2022). بر اساس مسئلهٔ مطرح شده، یکی از راهکارهای طراحی ساختمان در راستای کنترل ورود نور روز، طراحی نما به‌صورت پاسخده و هوشمند است که با طراحی سایبان متحرک نما سازگار با مسیر حرکت خورشید و تغییرات اقلیمی عمل می‌کند؛ بنابراین در این بخش مسئله و راه‌حل پژوهش مطرح شده است، بااین‌وجود طراحی و رسیدن به ایدهٔ هندسی، فرمی و الگوی حرکتی سایبان همواره موضوعی چالش‌برانگیز برای طراحان بوده است. به همین دلیل هدف کلان پژوهش حاضر بهره‌گیری از الگوی حرکتی گل زعفران (گرماتنجی) در واکنش به تغییرات حرارتی محیط پیرامون در راستای رسیدن به الگوریتم حرکتی نمای هوشمند ساختمان است؛ بنابراین پژوهش حاضر درصدد پاسخ به این سؤال است که چگونه می‌توان مکانیزم حرکتی گل زعفران را با طراحی معماری سایبان نما جهت هوشمندسازی ساختمان انطباق داد؟ در پی طرح سؤال، این فرضیه مطرح می‌شود که به نظر می‌رسد با بررسی پژوهش بیولوژیست‌ها در حیطهٔ گل زعفران و تحلیل مکانیزم باز و بسته‌شدن گل، بتوان توسط زبان برنامه‌نویسی، الگوی حرکتی گل را به الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نما منتقل کرد. جهت سنجش درستی یا نادرستی فرضیهٔ مطرح شده و ارزیابی عملکرد سایبان حاصل شده از دو روش شبیه‌سازی – مدل‌سازی و توصیفی – تحلیلی بهره گرفته شده که در ادامه در تصویر یک، ساختار پژوهش نشان‌داده‌شده است.



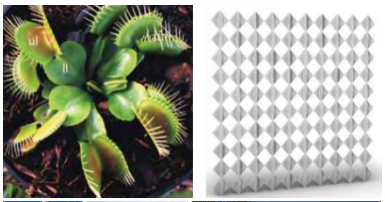
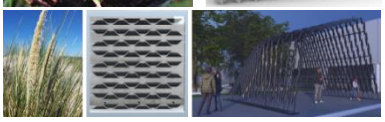
تصویر۱: ساختار پژوهش

۲. پیشینهٔ پژوهش

درجهت رسیدن به آزمون فرضیه به روش توصیفی-تحلیلی نیاز است که نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های مشابه با تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گیرد. تاکنون گیاهان خاص زیادی به‌عنوان منبع الهام آثار معماری از نظر فرم، هندسه، ساختار و عملکرد (رفتار) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. به‌عنوان‌مثال در سال ۱۳۹۶ در پژوهشی نمونه‌های موردی اجرا شده با الهام از گیاهان مورد بررسی قرار گرفته که یکی از نمونه‌ها نمای نمایشگاهی است که از الگوی باز و بسته‌شدن مخروط صنوبر در اثر از دست دادن رطوبت ایده گرفته شده است (Jahanara & Fioravanti, 2017). در پژوهشی، نصر و همکاران به بررسی الگوی رفتاری گیاه قهر و آشتی در راستای رسیدن به الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نمای ساختمان پرداختند و نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان در اقلیم گرم و نیمه‌خشک در راستای کاهش مصرف انرژی ساختمان دارای بازده عملکردی بالایی است (Nasr et al., 2020). در سال ۱۴۰۲، یار محمودی و همکاران، مکانیزم حرکتی گیاه گوشت‌خوار را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه دست یافتند که بهره‌گیری از سایبان نمای الهام گرفته شده از الگوی حرکتی گیاه گوشت‌خوار می‌تواند باعث کاهش ۳۰ درصدی ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان در اقلیم گرم و خشک شود (Yarmahmoodi et al., 2023). همچنین در پژوهشی دیگر یار محمودی و همکاران، گل زنبق بدبو را که دارای پنج مرحله حرکت باز و بسته شونده است مورد مطالعه قرار داده و نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی سایبان مدل‌سازی شده بر اساس این مکانیزم حرکتی نشان می‌دهد که سایبان می‌تواند ۲۰ درصد از انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای ساختمان را کاهش دهد (Yarmahmoodi et al., 2023). در سال ۱۴۰۲، مکانیزم خم‌شدن برگ یک گونه‌ی گیاهی در برابر حرارت محیط پیرامون در جهت طراحی سایبان هوشمند مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت با بهره‌گیری از متریال هوشمند به مدلی پارامتریک و پاسخگو به تغییرات محیطی دست یافتند (Andrade et al., 2024). الگوی رفتار حرکتی گل گازانیا در سال ۱۴۰۲ در پژوهشی به منظور طراحی سایبان هوشمند پارامتریک مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان حاصل شده عملکرد مطلوبی در کنترل روشنایی استاندارد فضای داخلی ساختمان دارد (Sommese et al., 2024). علاوه بر آن، در پژوهشی اکسپوی ۲۰۱۲ کره‌ی جنوبی با الهام از مکانیزم حرکتی گل بهشتی در راستای طراحی نمای هوشمند ساختمان با رویکرد کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان، مورد مطالعه قرار گرفته است (Haidari, 2015). بنابراین نتایج حاصل از بخش پیشینهٔ پژوهش نشان می‌دهد که گیاهان مانند ساختمان در جای خود ثابت هستند، با این حال نیاز دارند که با رفتار حرکتی جهت محافظت از خود نسبت به تغییرات محیط پیرامون واکنش نشان دهند. به همین دلیل می‌توانند الگوی مطلوبی به‌عنوان منبع الهام سایبان نمای ساختمان باشند. زیرا نمای ساختمان نیز به‌عنوان پوسته عمل کرده و طراحی هوشمند آن می‌تواند باعث افزایش پاسخدهی ساختمان نسبت به تغییرات بستر طرح شده و از فضای داخلی ساختمان نسبت به تغییرات محیطی محافظت شود. در همین راستا، جهت رسیدن به نوآوری در پژوهش حاضر، الگوی رفتار حرکتی گل زعفران نسبت به تغییرات حرارتی محیط پیرامون به منظور مطالعه و بهره‌برداری به‌عنوان منبع الهام طراحی سایبان هوشمند پژوهش حاضر انتخاب شده و فرضیه پژوهش با ماهیت کیفی در راستای امکان بهره‌گیری از رفتار حرکتی گیاهان در راستای هوشمندسازی نمای ساختمان مورد آزمون قرار گرفته است.

جدول۱: تحلیل پیشینهٔ پژوهش

رویکرد	نتایج مدل‌سازی	نتایج شبیه‌سازی	منبع
بهینه‌سازی نور روز در ساختمان اداری		با بررسی الگوهای بیونیکی، مخروط صنوبر به‌عنوان نمونه موردمطالعه انتخاب شده و نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان‌های هوشمند عملکرد بهینه‌تری در کنترل نور روز نسبت به نمونهٔ ثابت خود دارند.	(Jahanara, & Fioravanti, 2017)

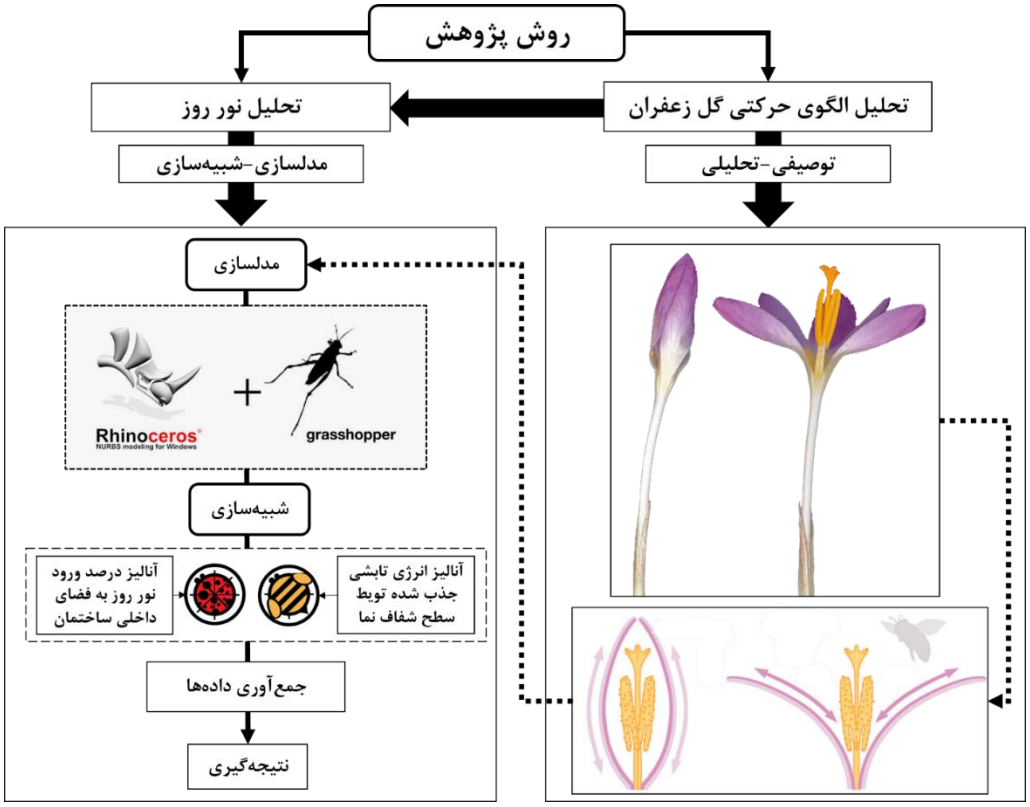
بهینه‌سازی مصرف انرژی		نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان الهام گرفته شده از الگوی حرکتی گیاه قهر و آشتی در اقلیم گرم و نیمه‌خشک در راستای کاهش مصرف انرژی ساختمان دارای بازده عملکردی بالایی است.	Nasr et) (al., 2020
کنترل ورود نور روز در اقلیم گرم و نیمه‌خشک		نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی سایبان مدل‌سازی شده نشان می‌دهد که سایبان می‌تواند ۲۰ درصد از انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای ساختمان را کاهش دهد.	Yarmahm) oodi et al., (2023
بهبود آسایش حرارتی		در این پژوهش از مکانیزم خم‌شدن نوعی علف و متریال هوشمند در راستای طراحی سایبان نما و پوسته متحرک بهره گرفته شده و نتایج حاصله حاکی از انطباق عملکرد پوسته متناسب با تغییر دمای محیط است.	Andrade) et al., (2024
بهبود عملکرد روشنایی		الگوی رفتار حرکتی گل گازانیا در جهت طراحی سایبان هوشمند پارامتریک مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان مدل شده، عملکرد مطلوبی در راستای کنترل روشنایی استاندارد فضای داخلی ساختمان دارد.	(Sommese et al., .2024)

نتایج حاصل از جدول۱حاکی از آن است که مدل‌های سایبان هوشمند نمای ساختمان به‌دست‌آمده با الهام از رفتار حرکتی گیاهان در رویکردهای مختلف اقلیمی مانند بهینه‌سازی مصرف انرژی، کنترل نور روز، بهبود روشنایی، آسایش حرارتی و غیره دارای عملکرد مطلوب بوده و از نظر بالا بردن عملکرد اقلیمی نمای هوشمند ساختمان موفق عمل کرده است. بااین‌وجود، در پژوهش حاضر، سایبان مدل‌سازی شده جهت آزمون فرضیه از نظر کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان در اقلیم شیراز شبیه‌سازی شده است.

۳. روش تحقیق

روش پژوهش حاضر به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول شامل مطالعه و بررسی رفتار حرکتی گل زعفران است که به صورت توصیفی – تحلیلی انجام می‌شود و روش جمع‌آوری اطلاعات نیز کتابخانه‌ای و اسنادی است. بخش دوم شامل تحلیل نور فضای داخلی ساختمان است که دارای ماهیت ترکیبی (کمی و کیفی) است و روش تحقیق مدل‌سازی – شبیه‌سازی[۱] در راستای آزمون کمی فرضیهٔ پژوهش می‌باشد (سنجش عملکرد اقلیمی سایبان هوشمند الهام گرفته شده از الگوی رفتاری گل زعفران). در این روش، که با توجه به مسیر حرکت خورشید در شیراز، نمای جنوبی مدل فرضی جهت تحلیل نور فضای داخلی ساختمان انتخاب شده است. سپس در مرحله اول از طریق نرم‌افزار راینو۶[۲] و افزونهٔ گرس‌هاپر[۳]، مدل‌سازی فرمی سایبان صورت گرفته که از رفتار حرکتی گل زعفران در طراحی بهره برده شده است. در نهایت مکانیزم حرکتی گل در مدل‌سازی به صورت پارامتریک طراحی شده تا سایبان بتواند در طول تحلیل‌های نور روز، باز و بسته شود. مرحله دوم مربوط به بخش شبیه‌سازی میزان دریافت نور روز توسط سطح اتاق است که توسط افزونهٔ هانی‌بی[۴] انجام شده و میزان انرژی تابشی دریافتی توسط سطح شفاف نمای ساختمان توسط افزونهٔ لیدی‌باگ[۵] به دست آمده است.

لازم به ذکر است که در پژوهش‌های جدید برای طراحی مدولی و پارامتریک، از افزونهٔ گرس‌هاپر استفاده شده که با سایر افزونه‌ها مانند لیدی‌باگ و هانی‌بی در همان محیط، تحلیل‌های گوناگون بر روی مدل جهت رسیدن به عملکرد مطلوب انجام می‌شود. موتور افزونه‌ها انرژی پلاس است (Bano & Sehgal, 2019) و در سال ۲۰۱۱ توسط بخش انرژی آمریکا گسترش‌یافته و مورد تأیید است (Tabares-Velasco et al., 2012)؛ بنابراین روش و ابزار پژوهش حاضر بر اساس پژوهش‌های پیشین دارای اعتبار می‌باشد.



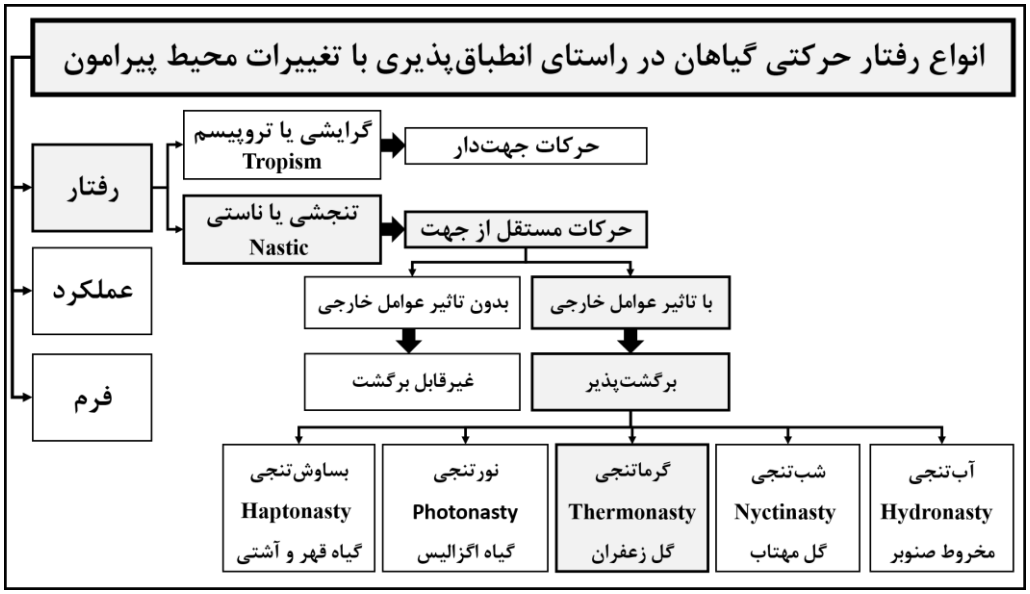
تصویر۲: مراحل انجام پژوهش

۴. مبانی نظری

در بخش مبانی نظری پژوهش حاضر نیاز است که در ابتدا مکانیزم‌های حرکتی گیاهان مورد مطالعه قرار گیرد تا پس از آن دستهٔ انتخابی منبع الهام پژوهش حاضر (گل زعفران) و جایگاه قرارگیری آن در بخش انواع مکانیزم حرکتی گیاهان (گرماتنجی) و دلیل انتخاب این نوع رفتار حرکتی (برگشت‌پذیری) بررسی گردد. در نتیجه، در ادامه مکانیزم حرکتی گیاهان دسته‌بندی شده و پس از آن الگوی رفتار حرکتی گل زعفران در راستای رسیدن به الگوریتم حرکتی سایبان مورد تحلیل قرار گرفته است.

۴-۱. مکانیزم حرکتی گیاهان

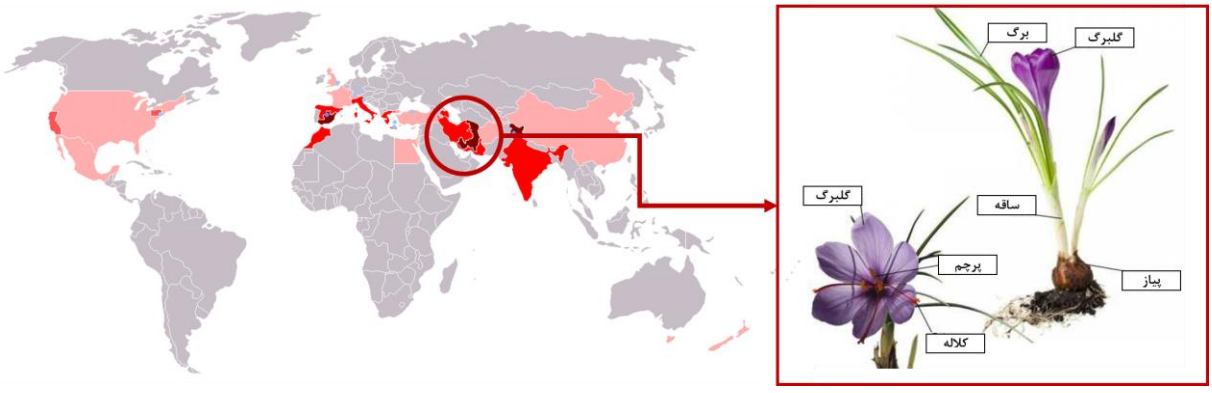
گیاهان توسط ریشه در جای خود ثابت هستند، بااین‌حال نیاز دارند که در برابر تغییرات محیطی مانند سرما، حرارت، نور، رطوبت و غیره از خود محافظت کنند. بنابراین، با استفاده از رفتارهای حرکتی که به دو دستهٔ تروپیسم و ناستی تقسیم می‌شود، می‌توانند نسبت به تغییرات محیطی واکنش نشان دهند (Bhatla & Lal, 2023). حرکات تروپیسم به حرکات جهت‌دار در پاسخ به محرک‌های خارجی که جهت خاص دارند گفته می‌شود و به‌عنوان‌مثال حرکت جهت‌دار گل آفتاب‌گردان به سمت مسیر حرکت خورشید را شامل می‌شود (Jensen, 2021). حرکات ناستی به حرکات مکانیکی مستقل از جهت گفته شده که به دو حالت با تأثیر و بدون تأثیر عوامل خارجی تقسیم می‌شود (Guo et al., 2015). با توجه به اینکه حرکات با تأثیر عوامل خارجی به‌صورت برگشت‌پذیر انجام شده و در طراحی مکانیزم حرکتی سایبان هوشمند ساختمان نیز به حرکات برگشت‌پذیر نیاز است، مطالعات موردنیاز بر روی حرکات برگشت‌پذیر صورت‌گرفته است. این حرکات بر اساس تأثیر عوامل خارجی به پنج دسته تقسیم شده که در تصویر ۳، مطرح شده است. در پژوهش حاضر رفتار حرکتی گل زعفران نسبت به تغییرات دمای محیط پیرامون که زیرمجموعه رفتار گرماتنجی است، انتخاب شده است. سایر پژوهشگران می‌توانند، در راستای طراحی مکانیزم باز و بسته شونده در معماری به مطالعه دسته‌های دیگر سیستم‌های برگشت‌پذیر بپردازند.



تصویر۳: انواع رفتار حرکتی گیاهان در راستای انطباق‌پذیری با تغییرات محیط پیرامون

۴-۲. الگوی رفتاری گل زعفران

زعفران یا زَرپَران با نام علمی (Crocus Sativus) در گروه زنبقیان قرار دارد و با استناد به اکثر منابع، زادگاه زعفران در ایران است. زعفران گیاهی چند ساله و کوچک است و ارتفاع آن حدوداً ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است (Rashed-Mohassel, 2020). مراحل رشد گل به این صورت است که (تصویر ۴) در ابتدا از وسط پیاز یا قاعده ساقه، تعدادی برگ باریک و دراز خارج می‌شوند و از وسط برگ‌ها، ساقه‌ای گلدار بیرون می‌آید که معمولا به یک تا سه گل منتهی می‌شود. گل زعفران دارای شش گلبرگ به رنگ بنفش است که ممکن است در بعضی مناطق به رنگ ارغوانی باشند. گل‌ها دارای سه پرچم و یک مادگی منتهی به کلاله سه‌شاخه به رنگ قرمز هستند (Salehi et al., 2022).



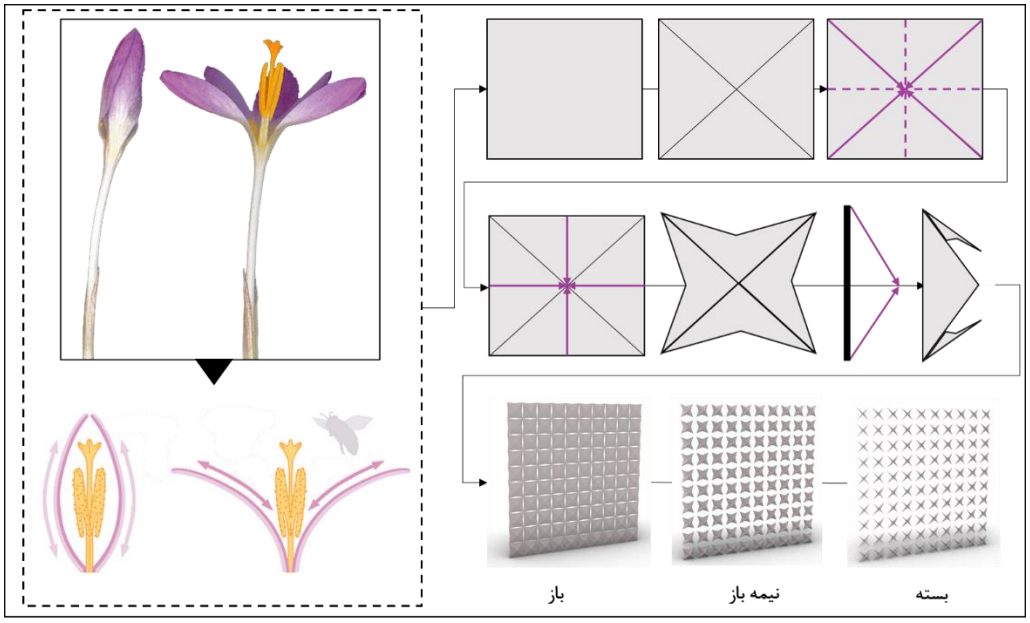
تصویر۴: بررسی اجزا و زادگاه گل زعفران

گل زعفران دارای الگوی حرکتی ترموناستی یا گرماتنجی است (تصویر۵)، به این معنا که خنک‌شدن شبانه (کاهش دمای شبانه) موجب بسته‌شدن گل‌های زعفران در شب می‌شود (Rashed-Mohassel, 2020). ترمو ناستی مانند اپی ناستی و هیپوناستی ناشی از افزایش طولی سطوح مختلف هستند. تغییرات ترمو ناستیک می‌توانند به‌صورت برون‌زا موردتوجه قرار گیرند و برحسب تغییرات حرارتی عمل کنند (Geldhof et al., 2024).

تصویر۵: رفتار حرکتی گل زعفران در برابر تغییرات دما

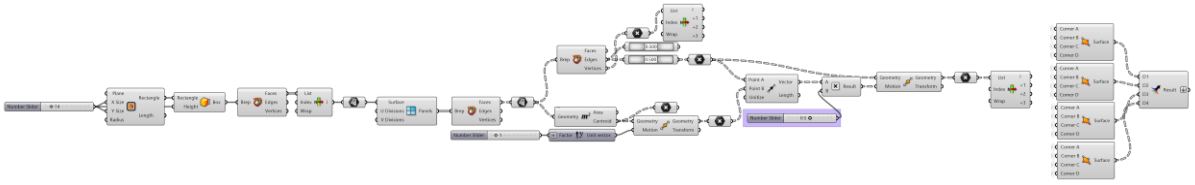
۵. مدل‌سازی

حرکت باز و بسته شوندهٔ گل زعفران به صورتی است که گلبرگ‌های گل در واکنش به تغییرات دمای محیط پیرامون به سمت هم حرکت می‌کنند. این‌گونه که در شب به دلیل خنک‌شدن هوا، گلبرگ‌های گل بسته شده تا از گل محافظت شود و در روز با افزایش دمای محیط گلبرگ‌ها باز می‌شوند. این حساسیت و تغییرات می‌تواند مشابه عملکرد سایبان نمای ساختمان باشد. زیرا در روز با باز شدن پنل‌ها میزان ورود نور روز به فضای داخلی کاهش‌یافته و در شب جهت دستیابی به دید مطلوب پنل‌ها بسته می‌شود. علاوه‌برآن، این عملکرد حرارتی می‌تواند برای فصول سرد سال نیز دارای بازده بالا باشد. زیرا در فصول سرد به دلیل کاهش دما، پنل‌ها در طول روز در حالت بسته قرار گرفته و ورود حداکثری نور خورشید را به همراه دارد که همین امر باعث کاهش بار گرمایشی ساختمان در نهایت کاهش مصرف انرژی می‌شود. در ادامه تصویر۶ قرار دارد که نشان‌دهندهٔ شیوهٔ بهره‌گیری از الگوریتم رفتاری گل زعفران در راستای طراحی سایبان خارجی هوشمند نمای ساختمان است.



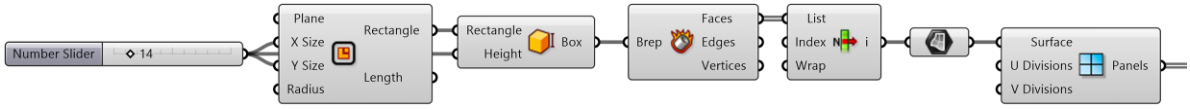
تصویر۶: انطباق الگوی حرکتی گل زعفران با الگوریتم حرکتی سایبان نمای ساختمان

با توجه به تصویر ۷، الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نمای ساختمان به این صورت عمل می‌کند که هر پنل مربعی شکل توسط چهارگوشه یا راس‌های خود ثابت هستند و بخش میانی پنل‌ها مانند گلبرگ‌های گل زعفران به سمت داخل و مرکز بسته می‌شود.



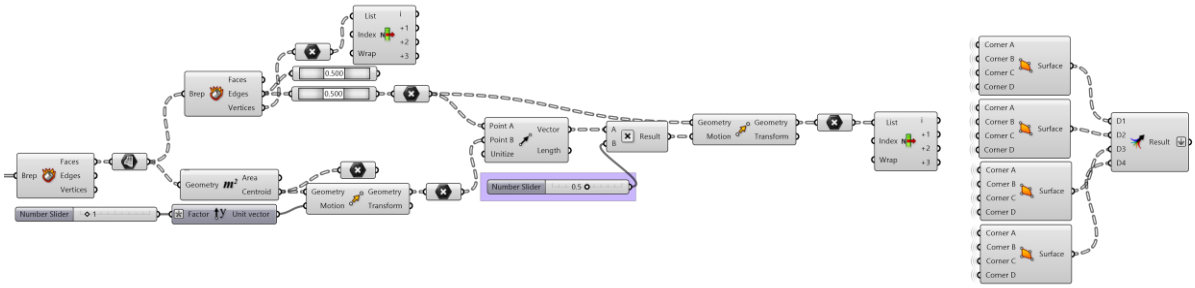
تصویر۷: الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نمای ساختمان الهام گرفته شده از الگوی رفتاری گل زعفران

الگوریتم مدل‌سازی فرم و حرکت سایبان اقلیمی نمای ساختمان از سه قسمت تشکیل شده است که در تصویر۸ نشان‌داده‌شده است. قسمت اول شامل مدل‌سازی ساختمان و انتخاب نمای جنوبی جهت طراحی سایبان است. قسمت دوم شامل تقسیم‌بندی سایبان به پنل‌های مربعی است.



تصویر۸: مدل‌سازی ساختمان و طراحی سایبان بر روی نمای جنوبی

در قسمت سوم، نقاطی از پنل‌ها که برای باز و بسته‌شدن سایبان نیاز به جابه‌جایی دارند، مشخص شده و حرکت این نقاط به‌صورت پارامتریک الگوریتم‌نویسی شده است. با حرکت‌دادن نقاط، پنل‌ها باز و بسته شده که می‌تواند متناسب با مسیر حرکت خورشید در اقلیم شیراز منطبق باشد.

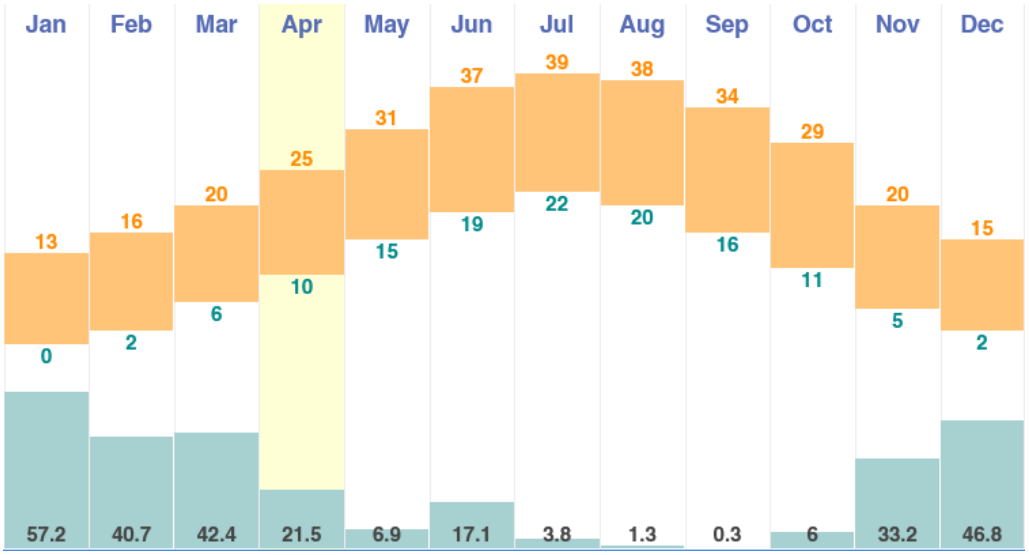


تصویر ۹: الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نمای ساختمان

۶. شبیه‌سازی

۶-۱. شرایط اقلیمی

با توجه به اینکه الگوی باز و بسته شدن سایبان نما برای کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان به مسیر حرکت خورشید در اقلیمی که ساختمان در آن واقع شده وابسته است، بنابراین نیاز است که قبل از طراحی سایبان، وضعیت آب و هوایی منطقه تا حدودی بررسی شود. ایران بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار دارد (Barter et al., 2022; Roshan et al., 2017) و دارای سطح تابش خورشیدی بیشتری نسبت به میانگین جهانی است (Mahmoudi & Nivi, 2011; Molayzahedi & Abdoli, 2022). به همین دلیل، در پژوهش حاضر، کنترل ورود نور خورشید به فضای داخلی ساختمان به‌عنوان مبنایی جهت کاهش بار سرمایش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیقات اقلیمی نشان می‌دهد که شیراز دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک است. به همین دلیل تابش زیادی از خورشید دریافت می‌کند. در نتیجه، در فصول گرم سال ساختمان در شیراز به سایبان نیاز دارد.



تصویر۱۰: میانگین آب‌وهوا در شیراز (Climate & Weather Averages in Shiraz, Iran, n.d.)

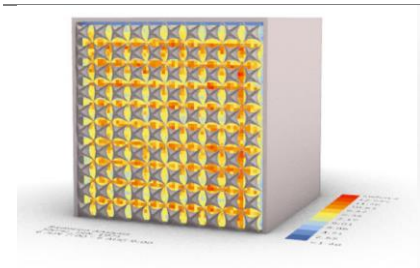
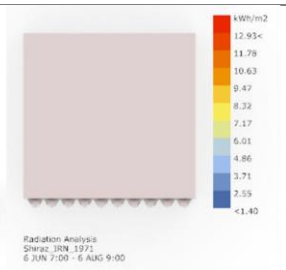
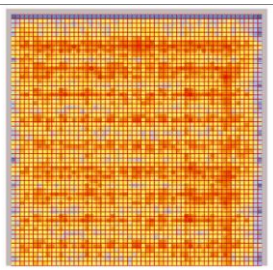
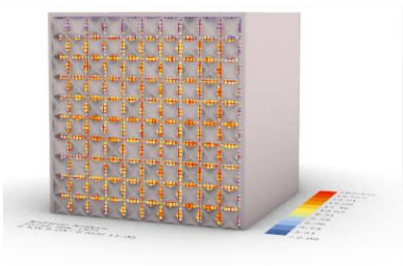
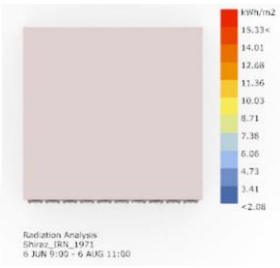
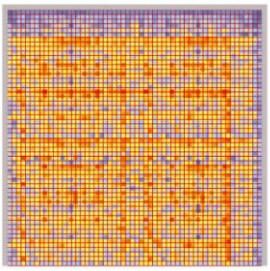
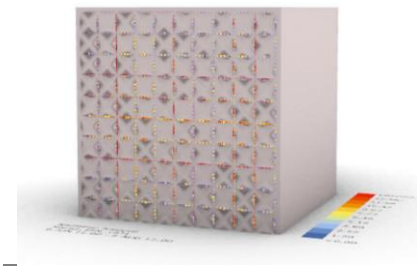
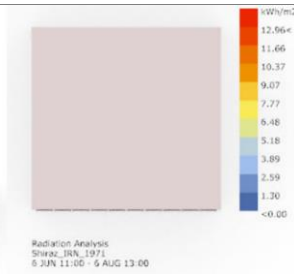
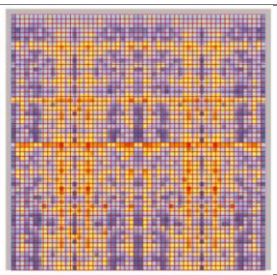
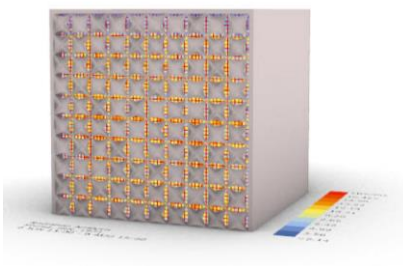
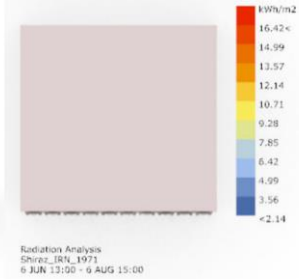
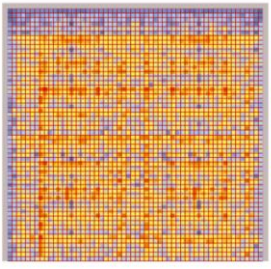
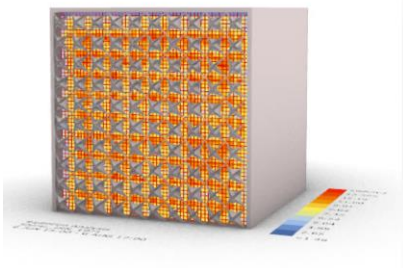
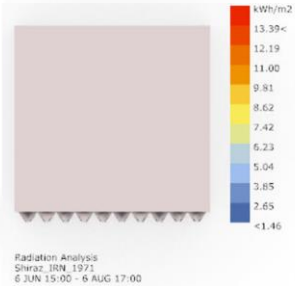
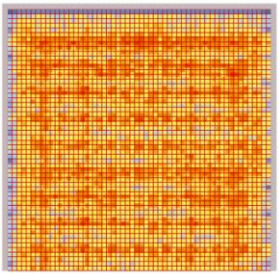
شیراز، مرکز استان فارس، در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه شمالی واقع شده است. میانگین دمای سالانه به ۱۹ درجه سانتیگراد و حداکثر دما در فصول گرم به ۳۹ درجه سانتیگراد می‌رسد. به همین دلیل، کنترل نور خورشید توسط سایبان متحرک در نمای جنوبی ساختمان برای فصل تابستان ضروری است.

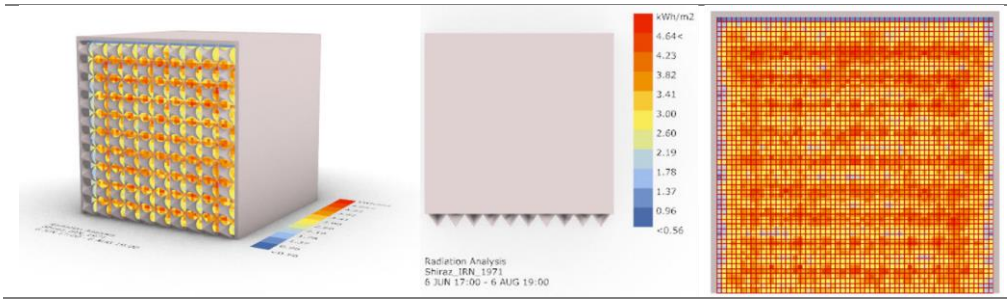
۶-۲. آنالیز انرژی تابشی

برای انجام پژوهش حاضر، ابتدا یک ساختمان با فرم مکعب و ابعاد ۱۴ متر مدل‌سازی شده است. سپس، الگویی از پوسته متحرک بر روی نمای جنوبی ساختمان با ابعاد ۱۴ در ۱۴ مترمربع ایجاد شده است (لازم به ذکر است که ابعاد انتخاب شده، دلیل خاصی نداشته و صرفاً ابعاد فرضی جهت انجام تحلیل‌های پژوهش است. بنابراین، سایر پژوهشگران و یا طراحان می‌توانند این ابعاد را متناسب با تحقیق و پروژه‌ی خود تنظیم و تغییر دهند). ساختار سایبان نما از ۱۰۰ مدول تکرار شونده، ۴۰۰ قسمت متحرک از نوع تاشونده و ۱۰۰ قطعه مرکزی به‌صورت ثابت و بدون تغییر تشکیل شده است (تعداد مدول‌ها بر اساس ابعاد نما، هندسه پارامتریک انتخابی، فرم سایبان، رویکرد شبیه‌سازی، اقلیم منطقه، مسیر حرکت خورشید، جانمایی ساختمان، نمای انتخابی ساختمان و متریال پنل‌ها در سایر پژوهش‌ها و طرح‌های اجرایی ممکن است متفاوت باشد). توجه به اقلیم گرم و خشک شیراز و کاهش میزان دریافتی نور خورشیدی در ماه‌های گرم سال، یکی از مهمترین مسائل بهینه‌سازی در مصرف انرژی است؛ به همین دلیل، در گام نخست، میزان دریافت نور خورشید در ماه‌های مختلف شیراز با استفاده از نرم افزار Climate Consultant به‌دست‌آمده است. سه ماه تابستان به دلیل تابش زیاد نور خورشید، جهت تحلیل میزان انرژی تابشی توسط سطح شفاف نمای ساختمان انتخاب شده است. پس از بررسی، داده‌های اقلیمی epw شیراز که یکی از خروجی‌های هواشناسی است، برای تحلیل سایبان نما به افزونه لیدی‌باگ معرفی شده است. در این روش، با معرفی نمای جنوبی به نرم‌افزار، ساعات تابش مورد نظر تنظیم شده و مدل طراحی شده برای نرم‌افزار تعریف می‌شود.

در ادامه، نمای جنوبی ساختمان در اقلیم شیراز از نظر نور روز مورد تحلیل قرار گرفته است. جدول ۲، به ترتیب از چپ به راست، نحوه باز و بسته‌شدن سایبان، راهنمای رنگ‌ها به‌صورت پرسپکتیو و پلان و میزان انرژی دریافتی توسط نما (بدون نمایش مدل سایبان جهت وضوح بیشتر) با واحد کیلو وات ساعت بر مترمربع قرار داده شده است. لازم به ذکر است که تحلیل ها در سه ماه گرم تابستان و روز ۶ام از ساعت ۷ صبح تا ۷ شب که نما می‌تواند از خورشید، نور دریافت کند، صورت‌گرفته است.

جدول ۲: آنالیز انرژی تابشی خورشید در ساعات مختلف روز

۷ تا ۹ در حالت سایبان بسته				
۹ تا ۱۱ در حالت سایبان نیمه‌باز				
۱۱ تا ۱۳ در حالت سایبان باز				
۱۳ تا ۱۵ در حالت سایبان نیمه‌باز				
۱۵ تا ۱۷ در حالت سایبان بسته				



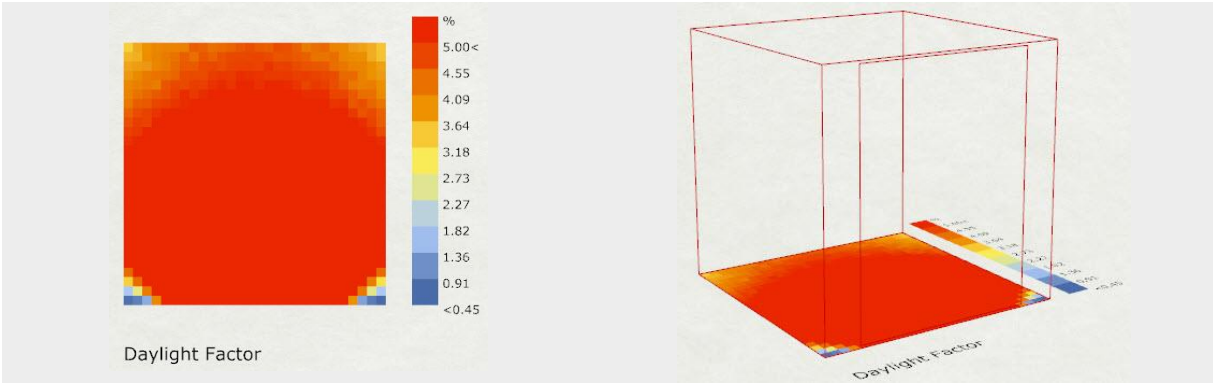
۱۷ تا ۱۹ در حالت سایبان بسته

۶-۳. آنالیز نور روز

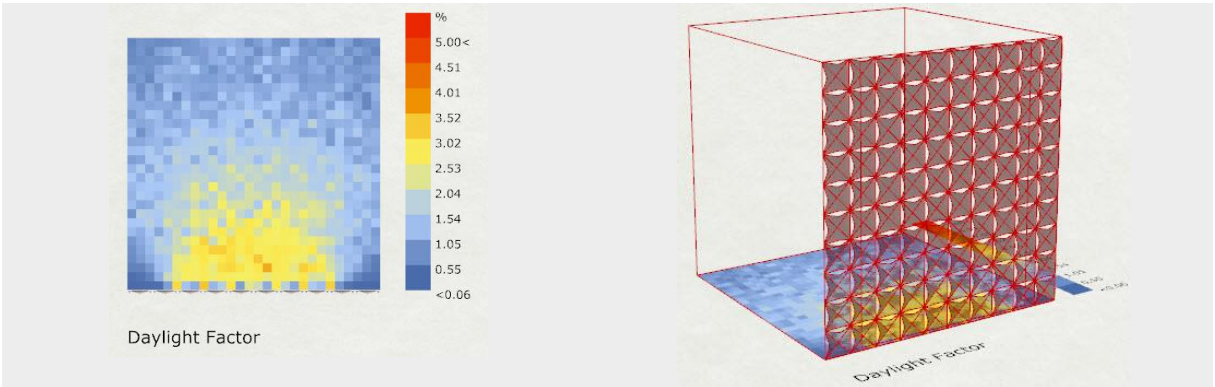
در این بخش، درصد ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان توسط افزونه هانی‌بی تحلیل شده است. ابتدا زون حرارتی، ابعاد بازشو، سایبان و غیره به الگوریتم تحلیل نور روز وارد شده به فضای داخلی ساختمان، داده می‌شود. سپس، جدول ۳ درصد ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان را در حالت‌های مختلف نما، با و بدون سایبان نشان می‌دهد. نتایج حاصل از جدول حاکی از آن است که سایبان در حالت پنل‌های باز به طور قابل توجهی از میزان ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان می‌کاهد. در حالت نیمه‌باز، سایبان علاوه بر حفظ روشنایی، میزان ورود نور روز را کنترل می‌کند. همچنین سایبان در حالت بسته برای فصول سرد سال که نیاز به ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان است، مناسب است.

جدول ۳: تحلیل نور روز وارد شده به فضای داخلی ساختمان در حالت‌های مختلف سایبان

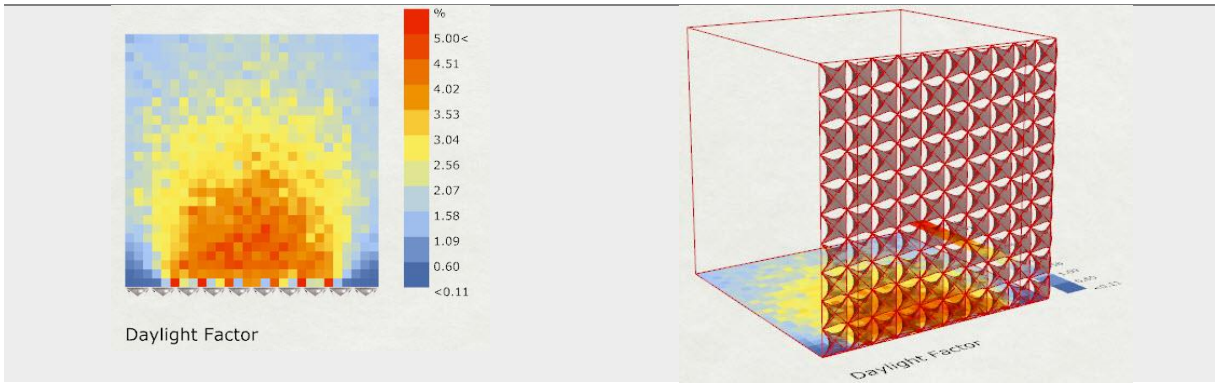
بدون سایبان



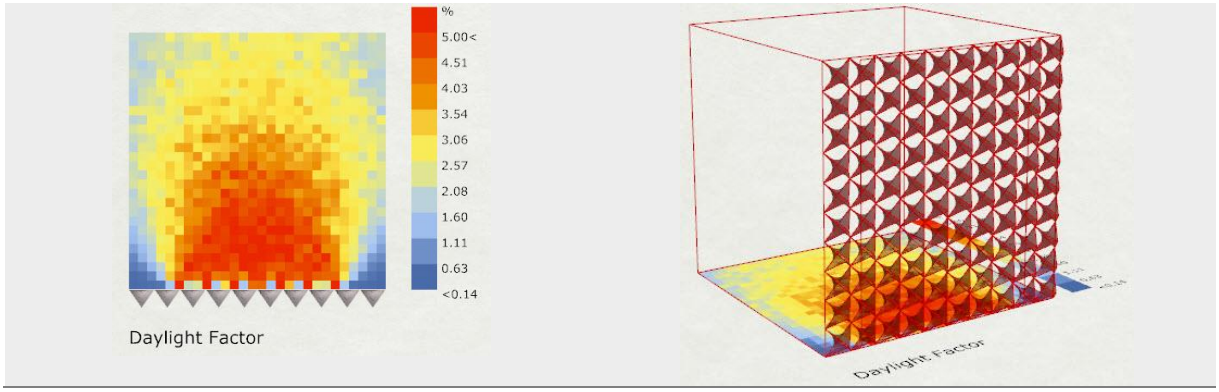
با سایبان در حالت باز



با سایبان در حالت نیمه‌باز

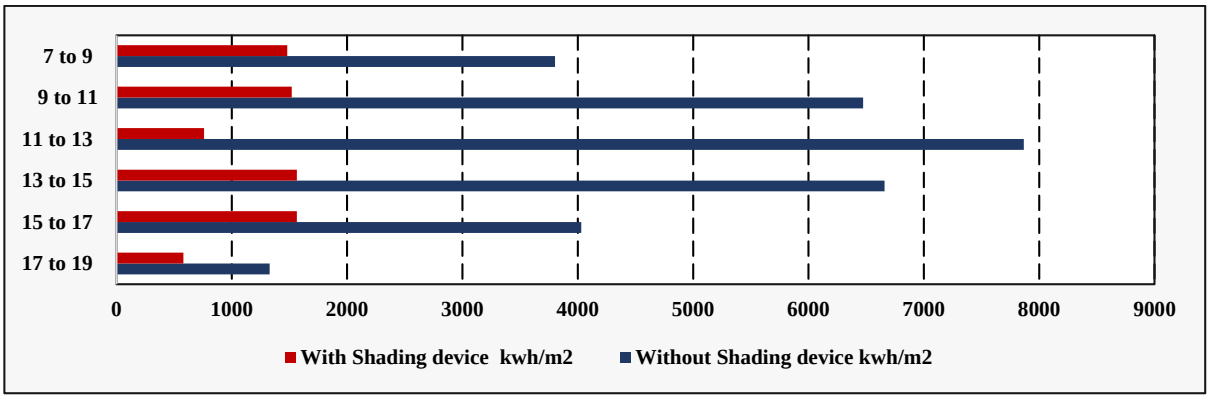


با سایبان در حالت بسته



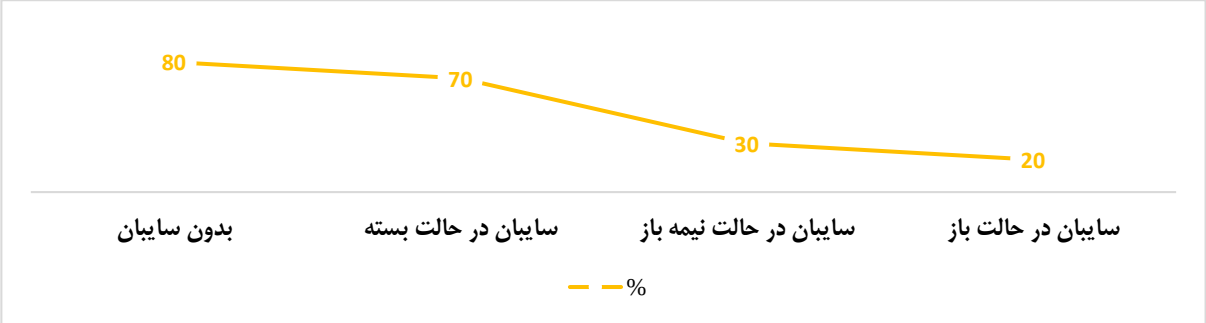
۷. بحث و یافته‌ها

نتایج حاصله از جدول ۲ حاکی از آن است که از ساعت ۷ تا ۹ صبح سایبان به حالت بسته تمایل دارد. از ساعت ۹ تا ۱۱، پوسته نیمه‌باز شده و بین ساعت ۱۱تا ۱۳ به طور کامل باز می‌شود. پس از آن، روند به‌صورت برعکس تکرار می‌شود. به این معنا که در ساعت ۱۳ تا ۱۵، پوسته به سمت بسته‌شدن تمایل دارد، ساعت ۱۵ تا ۱۷ پوسته بسته‌تر شده و در ساعت ۱۷ تا ۱۹، پوسته به طور کامل بسته می‌شود. با توجه به رنگ‌های روی نما که نشان‌دهنده میزان دریافت انرژی نور خورشید توسط نما است، کاهش ورود نور خورشید به درون ساختمان قابل مشاهده است. همین امر نشان‌دهنده عملکرد مناسب سایبان است. در ادامه، تصویر ۱۱ نمودار مقایسه‌ای بین میزان دریافت انرژی در حالت با سایبان و بدون سایبان توسط جداره‌ی شفاف ساختمان را نشان می‌دهد.



تصویر ۱۱: مقایسه‌ی تحلیل انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای ساختمان در حالت نمای با و بدون سایبان

نتایج حاصله از تصویر ۱۱، حاکی از آن است که سایبان هوشمند الهام گرفته شده از مکانیزم حرکتی گل در اقلیم گرم و نیمه‌خشک شیراز، باعث کاهش ۴۰ درصد از میزان دریافت انرژی توسط جداره‌ی شفاف نما شده است. در ادامه تصویر ۱۲ درصد ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان را در حالت با و بدون سایبان نشان می‌دهد.



تصویر ۱۲: مقایسه‌ی تحلیل درصد ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان در حالت نمای با و بدون سایبان

باتوجه‌به تصویر ۱۲ سایبان در حالت باز می‌تواند ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان را در اقلیم گرم و نیمه‌خشک شیراز تا ۸۰ درصد کاهش دهد. در حالت بسته، این سایبان می‌تواند میزان ورود نور روز به فضای داخلی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. بنابراین، سایبان طراحی شده در تمام فصول سال متناسب با میزان نیاز به تابش خورشید و وضعیت آب‌وهوایی قابل تنظیم است و عملکرده مطلوبی دارد.

۸. نتیجه‌گیری

امروزه معماران در تلاش هستند تا طراحی ساختمان را به سمتی هدایت کنند که مانند یک موجود زنده، نسبت به عوامل خارجی واکنش نشان دهد. برای دستیابی به این هدف، نیاز است که طراحی معماری با سایر رشته‌ها ترکیب شود. به‌عنوان‌مثال، مطالعهٔ رفتار و سایر خصوصیات گیاهان می‌تواند به یک الگوهای جهانی در معماری تبدیل شود. در حقیقت، هنر مهندسی به طور کامل در طبیعت دیده می‌شود؛ جایی که ساختارها به‌صورت لایه‌ای است و با تنوع و فرم‌های بی‌مانند وجود دارد که علاوه بر حرکت و پویایی، هماهنگی قابل توجهی را به نمایش می‌گذارند. با ورود انقلاب صنعتی چهارم، تحولات عظیمی در معماری به وقوع پیوسته است، از جمله هوشمندسازی، کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی مصرف مواد، طراحی و اجرای پروژه‌های خاص و پیچیده به همین دلیل، نیاز به بررسی و مطالعه بیشتر این رویکرد (هوشمندسازی) احساس می‌شود. بنابراین باتوجه‌به مسائل و اهمیت موضوع مطرح شده، هدف کلان پژوهش حاضر، انطباق الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نما با الگوی رفتاری گل زعفران در راستای کنترل نور روز در اقلیم شیراز است. در راستای این هدف، سؤال اصلی پژوهش این است که چگونه می‌توان مکانیزم حرکتی گل زعفران را با طراحی معماری سایبان نما جهت هوشمندسازی ساختمان منطبق کرد؟ برای پاسخ به این سؤال، پژوهش بیولوژیست‌ها در حوزه گل زعفران با رفتار حرکتی و تحلیل نحوهٔ باز و بسته‌شدن گل مورد بررسی قرار گرفته و نتایج به‌دست‌آمده از الگوی حرکتی گل زعفران توسط زبان برنامه‌نویسی به الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نما منتقل شده است. سپس، با استفاده از روش پژوهش کمی-کیفی که به دو بخش توصیفی-تحلیلی (بررسی الگوی حرکتی گل زعفران) و مدل‌سازی-شبیه‌سازی (کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان) تقسیم شده، به اثبات فرضیه (تبدیل الگوی حرکتی گل زعفران به الگوریتم حرکتی سایبان و عملکرد اقلیمی مطلوب سایبان) پرداخته شده است. در نهایت داده‌های وارد شده به نرم‌افزار و الگوریتم مدل‌سازی و حرکتی سایبان هوشمند، بر اساس پژوهش نگارنده انجام شده و به‌صورت پیش‌فرض نمی‌باشند. به همین دلیل پژوهش حاضر کاملاً نوآورانه است.

باتوجه‌به تصویر ۱۱، با وجود سایبان در نمای جنوبی ساختمان در اقلیم گرم و نیمه‌خشک شیراز، باعث کاهش حدود ۴۰ درصد انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای ساختمان شده است. علاوه بر آن همین امر باعث کاهش ۵۰ درصدی ورود

نور خورشید به فضای داخلی ساختمان شده که باعث کاهش دمای فضای داخل و ایجاد آسایش ساکنین می‌شود؛ به همین دلیل، انطباق الگوی حرکتی گل زعفران با الگوریتم حرکتی سایبان نما در راستای کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان، دارای بازده عملکردی مطلوب است. در ادامه چند پیشنهاد برای طراحی سایبان با بازده عملکردی بالا می‌شود:

- طراحی پارامتریک سایبان نما می‌تواند هزینهٔ تولید، اجرا و تعمیر را کاهش دهد. علاوه‌برآن، هر قطعه که آسیب ببیند بدون ایجاد خلل در کار سایر پنل‌ها به‌راحتی تعمیر و تعویض می‌شود. همچنین سایبان طراحی شده یکپارچه بوده و قابلیت گسترش‌پذیری دارد.
- استفاده از آلیاژ حافظه‌دار به‌عنوان متریال پنل‌های سایبان می‌تواند باعث ساده‌سازی سازه و اجرای سایبان شود. زیرا خود پنل‌ها با دریافت و ازدست‌دادن گرمای ناشی از تابش خورشید به‌صورت خودکار باز و بسته می‌شود.
- بهره‌گیری از روش ساخت به‌صورت دیجیتال می‌تواند باعث تولید دقیق‌تر قطعات پنل‌های سایبان نما شود.

در پژوهش‌های آتی، محققان می‌توانند سایبان هوشمند مدل شده را با سایر رویکردها مانند: آسایش بصری، آسایش حرارتی، کاهش خیرگی، کاهش مصرف انرژی، کاهش بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان و غیره و یا سایر رفتارهای حرکتی گیاهان مانند: گرماتنجی، نورتنجی، شب‌تنجی و غیره بررسی کرده و پیشنهادها نوآورانه‌ای در اختیار مهندسان جهت طراحی کاربردی‌تر سایبان خارجی هوشمند نما ارائه کنند.

پی‌نوشت

۱. Modeling-Simulation
۲. Rhinoceros6
۳. Grasshopper
۴. Honeybee Plugin
۵. Ladybug Plugin

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Andrade, T., Beirão, J., Arruda, A., & Vinagre, N. (2024). Kinetic module in bimetal: A biomimetic approach adapting the kinetic behavior of bimetal for adaptive Façades. Materials & Design, 239, 112807. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matdes.2024.112807
- Bano, F., & Sehgal, V. (2019). Finding the gaps and methodology of passive features of building envelope optimization and its requirement for office buildings in India. Thermal Science and Engineering Progress, 9, 66–93.
- Barter, S., Siebert, T., Bramley, R., Herderich, M., & Krstic, M. (2022). Better late than never: the formation of distinctive pepper aromas in cool-climate Shiraz. Wine & Viticulture Journal, 37(1).
- Bhatla, S. C., & Lal, M. A. (2023). Plant Movements. In Plant Physiology, Development and Metabolism, Springer Singapore, 641–659.https://doi.org/10.1007/978-981-99-5736-1
- Brzezicki, M. (2024). Daylight Comfort Performance of a Vertical Fin Shading System: Annual Simulation and Experimental Testing of a Prototype. Buildings, 14(3), 571. https://doi.org/10.3390/buildings14030571
- Climate & Weather Averages in Shiraz, Iran. (n.d.). Retrieved from https://www.timeanddate.com/weather/iran/shiraz/climate

- Geldhof, B., Novák, O., & Van de Poel, B. (2024). Leaf ontogeny modulates epinasty through shifts in hormone dynamics during waterlogging in tomato. Journal of Experimental Botany, 75(3), 1081–1097. https://doi.org/10.1093/jxb/erad432.
- Guo, Q., Dai, E., Han, X., Xie, S., Chao, E., & Chen, Z. (2015). Fast nastic motion of plants and bioinspired structures. Journal of the Royal Society Interface, 12(110). https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0598
- Haidari, H. (2015). Decisive design aspects for designing a kinetic façade. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Jahanara, Al. & Fioravanti, A. (2017). Kinetic Shading System as a means for Optimizing Energy Load - A Parametric Approach to Optimize Daylight Performance for an Office Building in Rome. The 35th ECAADe Conference, 231–240. https://doi.org/https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2017.2.231
- Jain, S., Karmann, C., & Wienold, J. (2022). Behind electrochromic glazing: Assessing user's perception of glare from the sun in a controlled environment. Energy and Buildings, 256, 111738. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111738
- Jensen, O. E. (2021). A field theory for plant tropisms. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(1), e2023962118. https://doi.org/10.1073/pnas.2023962118
- Kong, Z., Zhang, R., Ni, J., Ning, P., Kong, X., & Wang, J. (2022). Towards an integration of visual comfort and lighting impression: A field study within higher educational buildings. Building and Environment, 216, 108989. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108989
- Liu, S., Zou, Y., Ji, W., Zhang, Q., Ahmed, A., Han, X., Shen, Y., & Zhang, S. (2022). Energy-saving potential prediction models for large-scale building: A state-of-the-art review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 156, 111992. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111992
- Lu, W. (2024). Dynamic Shading and Glazing Technologies: Improve Energy, Visual, and Thermal Performance. Energy and Built Environment, 5(2), 211–229. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.09.004
- Mahmoudi, M., & Nivi, S. (2011). Improving of Climatic Technology According to Sustainable Development. Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning, 1(1), 35–52. [In Persian] http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-8373-en.html
- Molayzahedi, S. M., & Abdoli, M. A. (2022). A New Sustainable Approach to Integrated Solid Waste Management in Shiraz, Iran. Pollution, 8(1), 303–314. https://doi.org/10.22059/poll.2021.330183.1175
- Nasr, T., Yarmahmoodi, Z., & Ahmadi, S. M. (2020). The Effect of Kinetic Shell's Geometry on Energy Efficiency Optimization Inspired by Kinetic Algorithm of Mimosa pudic. Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning, 10(3), 219–230. [In Persian] http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-41949-en.html
- Pérez-Carramiñana, C., González-Avilés, Á. B., Castilla, N., & Galiano-Garrigós, A. (2024). Influence of Sun Shading Devices on Energy Efficiency, Thermal Comfort and Lighting Comfort in a Warm Semi-Arid Dry Mediterranean Climate. Buildings, 14(2), 556. http://dx.doi.org/10.3390/buildings14020556
- Rashed-Mohassel, M.-H. (2020). Chapter 4 - Evolution and botany of saffron (Crocus sativus L.) and allied species, Woodhead Publishing. 37-57. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818638-1.00004-6

- Rastegari, M., Pournaseri, S., & Sanaieian, H. (2023). Analysis of daylight metrics based on the daylight autonomy (DLA) and lux illuminance in a real office building atrium in Tehran. Energy, 263. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125707
- Razazi, S., Mozaffari Ghadikolaei, F., & Rostami, R. (2022). The effect of external and internal shading devices on energy consumption and co2 emissions of residential buildings in temperate climate. Space Ontology International Journal, 11(1), 75–89. https://doi.org/10.22094/soij.2022.1950918.1476
- Roshan, G., Nematchoua, M.K., Mohammad Nejad, V., Yousefi R. (2017). Regional Simulation Model of the Meteorological Effects of Maharlu Lake on the Human Climate Health of Shiraz in Iran. Iran J Health Sci, 5 (3) :1-16 http://jhs.mazums.ac.ir/article-1-497-en.html.
- Rostamzad, S., Khakzand, M., Faizi, M., & Sanaieian, H. (2021). Daylight performance of toplighting: An overview. Space Ontology International Journal, 10(4), 47–65. https://doi.org/10.22094/soij.2021.1924761.1407
- Salehi, A., Shariatifar, N., Pirhadi, M., & Zeinali, T. (2022). An overview on different detection methods of saffron (Crocus sativus L.) adulterants. Food Measurement, 16(6), 4996–5006. https://doi.org/10.1007/s11694-022-01586-w
- Sommese, F., Hosseini, S. M., Badarnah, L., Capozzi, F., Giordano, S., Ambrogi, V., & Ausiello, G. (2024). Light-responsive kinetic façade system inspired by the Gazania flower: A biomimetic approach in parametric design for daylighting. Building and Environment, 247. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111052
- Su, X., Zhang, L., Luo, Y., & Liu, Z. (2022). Energy performance of a reversible window integrated with photovoltaic blinds in Harbin. Building and Environment, 213. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108861
- Tabares-Velasco, P. C., Christensen, C., & Bianchi, M. (2012). Verification and validation of EnergyPlus phase change material model for opaque wall assemblies. Building and Environment, 54, 186–196.
- Tabibian, S. H., Habib, F., & Garakani, S. A. H. (2020). The Role of Daylight within the Vault of Shahrak-e-Gharb Jame Mosque in Tehran. International Journal of Architecture and Urban Development, 10(3), 41–46. [In Persian] http://dx.doi.org/10.30495/IJAUD.2020.15938
- Yarmahmoodi, Z., Nasr, T., & Moztarzadeh, H. (2023). Algorithmic Design of Building Intelligent Facade to Control the Daylight Inspired by the Rafflesia Flower Kinetic Pattern. Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning, 13(2), 1–24. [In Persian] http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-64746-en.html
- Yarmahmoodi, Z., Nasr,T. (2023). Designing Convertible Structure for building façade to control daylight (Case study: Snaspdragon). Journal of Sustainable Architecture and Environment (JSAE), 1(1), 73–92. https://sanad.iau.ir/en/Article/782691?FullText=FullText [In Persian].

JISAUD
Journal of Interdisciplinary Studies in Architecture and Urbanism Development
Islamic Azad University, Tabriz Branch

Volume 3, Issue 2, Spring & Summer 2024
DOI: 10.71882/jisaud.2024.1106194

Adapting the Movement Pattern of External Shading Device to Saffron Behavior for Daylight Control in Shiraz

Zahra Yarmahmoodi*[1]

(Receive Date: 03 April 2024 Revise Date: 25 July 2024 Accept Date: 01 September 2024)

Research Article

Abstract

Background and Objective: Nowadays, designers are increasingly inclined towards designing facades with complex geometric shells and creative movement patterns. This approach not only creates a unique design that enhances the visual appeal and dynamism of the facade but also contributes to controlling daylight and optimizing energy consumption in buildings. Consequently, finding suitable patterns and designs for parametric and algorithmic facades has become challenging for architects. Therefore, the overarching goal of this study is to examine and propose a model for a kinetic building shading device inspired by the thermoplastic behavior of saffron in response to ambient temperature changes. This is done to control daylight entry into the interior spaces. In line with this objective, the present research seeks to answer the question: How can the movement mechanisms of plants be adapted to the architectural design of facade shading devices to enhance building intelligence?

Material and Methodology: The research methodology of this study has mixed methods (quantitative-qualitative) and is divided into two parts: descriptive-analytical and modeling-simulation. Rhino 6 software and the Grasshopper plug-in were used for modeling the shading device, and the Ladybug and Honeybee plug-ins were employed for radiative energy analysis and daylight analysis.

Findings: Plants are fixed in place by their roots, yet they must protect themselves against environmental changes such as cold, heat, light, humidity, etc. Therefore, through movement behaviors divided into two categories, tropism, and nastic movements, they can respond to environmental changes. Tropic movements are directional movements in response to external stimuli that have a specific direction, such as the directional movement of a sunflower toward the sun's path. Nastic movements are mechanical movements, and independent of direction, and can be classified into two types: those influenced by external factors and those not. Considering that movements influenced by external factors are reversible, and that reversible movements are needed in the design of the smart shading mechanism for buildings, necessary studies have been conducted on reversible movements. These movements are divided into five categories based on the influence of external factors: hydronasty, nyctinasty, thermonasty, photonasty, and haptonasty. In this research, the movement behavior of saffron in response to ambient temperature changes, which falls under the category of thermonasty, has been selected. Other researchers can study the other categories of reversible systems to design opening and closing mechanisms in architecture. Finally, by examining biologists' research on plant movement behavior and analyzing the opening and closing mechanisms of plants, the movement behavior pattern of the plant can be translated into a smart shading device algorithm for facades using programming languages.

Discussion and Conclusion: The results indicate that the movement of the kinetic shading device in the climate of Shiraz by the movement of the sun can reduce 40% of the sun's radiant energy absorbed by the transparent surface of the southern facade. In addition, the shading device panels in the closed state can reduce the penetration of sunlight into the inner space of the shading device by 50%. This shows the shading device's optimal performance according to Shiraz's climate.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Exterior Shading Device, Kinetic Façade, Saffron, Daylight Analysis, Shiraz

[1] Department of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. (Corresponding Author) z.yarmahmoodi@iaushiraz.ac.ir