Journal of Urban Environmental Planning and Development
Vol 4, No 13, Spring 2024
p ISSN: 2981-0647 - **e ISSN:**2981-1201
Journal Homepage:http://juep.iaushiraz.ac.ir/

Research Paper

Adaptation of The Urban Façade Movement Algorithm to The Behavioral Pattern of Morning Glory in Line With Sustainable Urban Development

Zahra Yarmahmoodi: PhD Student, Department of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
Tahereh Nasr*: Associate Professor, Department of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
Hamed Moztarzadeh: Assistant Professor, Department of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 2023/02/26 **PP** 53-66 **Accepted:** 2023/07/27

Abstract
Today, with the advancement of technology, energy consumption has increased. For this reason, the smart city has been proposed as one of the solutions to controlling energy consumption. One of the solutions that have been presented for this problem so far is the use of the kinetic shading device, which is usually used in hot and dry climates where there is more sunlight. The design of smart facades can have a special form and movement pattern so that a unique facade can be designed visually, dynamically, and according to the surrounding environment and the needs of the building users. Therefore, the current research aims to design a kinetic shading device for the building's facade in the hot and dry climate of Yazd to control daylight. The source of inspiration for the current research is the movement pattern of the Morning Glory, which opens and closes according to daylight. The methods of collecting information are libraries, documents, and the internet, and the research method is modeling-simulation. Parametric modeling is done with Rhino6 software and the Grasshopper plugin; sunlight radiation analysis is done with the Ladybug plugin; and daylight simulation is done with the Honeybee plugin. The research results indicate that the use of the building's kinetic shading device inspired by the movement pattern of the Morning Glory can reduce 70% of the daylight radiation absorbed by the facade transparent surface in the case of closed panels, and in addition, 85% of the penetration of daylight into the interior space is reduced, which causes a 13% decrease in the thermal zone temperature. Therefore, in the hot seasons, the shading device controls daylight, reduces the cooling load, and ultimately reduces the energy consumption of the building.

Keywords: *Urban Facades, Sustainable Urban Development, Kinetic Shading Device, Radiation Analysis, Daylight Simulation.*

Citation: Yarmahmoodi, Z., Nasr, T., Moztarzadeh, H. (2024). **Adaptation of the urban façade movement algorithm to the behavioral pattern of Morning Glory in line with sustainable urban development**. *Journal of Urban Environmental Planning and Development*, 4(13), 53-66.
© The Author(s) **Publisher:** Islamic Azad University of Shiraz

DOI: 10.30495/juepd.2023.1980727.1157

*. **Corresponding author:** Tahereh Nasr, **Email:** Tahereh.nasr@iau.ac.ir, **Tel:** +989173131571

Extended Abstract

Introduction

With the advancement of technology, energy consumption has also increased. This has caused energy consumption management to become the main concern of urban planners. One of the solutions to reduce energy consumption is to design the city smartly. A smart city is a purposeful place to achieve sustainability and, as a result, control energy consumption and reduce environmental pollution. For example, in a hot and dry climate, such as Yazd city, by using an external shading device on a transparent facade, it is possible to control daylight, reduce the sunlight radiation absorbed by the building facade, and finally reduce the internal temperature of the building. And creating thermal comfort for residents and saving energy consumption.

A shading device can be used as a roof or for the building facade in an internal, middle, or external way. In general, shading devices are divided into two categories: fixed and kinetic. The fixed one is horizontal, vertical, and slanted, and other types of fixed shading devices are created from the combination of the main shading devices. Fixed shading devices are simpler and more economical in terms of execution. Still, they have lower performance than the kinetic shading device because they do not match the changing conditions of the environment around the building and the sun's path. Kinetic shading devices can be operated manually and automatically, or both, and are divided into active and passive categories. In terms of structure, it can be internal, dynamic, and expandable, and it can be designed using smart materials or mechanically. In this research, the shading device is a type of kinetic exterior one with active folding movement that can be implemented mechanically and is expandable.

So, despite climate change and environmental pollution, the need to interact with nature has increased. One of the features that makes the building more connected with the surrounding environment and reduces biological pollution is the use of natural patterns in the design. Because these patterns were able to adapt to the environment and be stable for many years, the design obtained with them is stable. Therefore, the main aim of the current research is to design a climate kinetic shading device for the building facade that is compatible with the sun path diagram in the hot and dry climate and is modeled after the movement behavior of the Morning Glory flower.

The Morning Glory is known as Ipomea. This flower is a common species that closes at night and opens again every morning. This is why it is also known as morning glory. The name refers to a thousand types of flowers with similar functions, each with unique characteristics. The Morning Glory is in a bunch of ivies and is usually used to decorate fences and walls. This flower needs to receive sunlight during the day, and if it is in the shade, it becomes impossible to even see the flowers. In addition, it has good shading on its back surface. The plant’s height reaches more than ten feet. The flowers are funnel-shaped and come in purple, white, and pink colors. This flower grows better in tropical, subtropical, and temperate regions and closes to protect itself from wind and cold at night and in the absence of sunlight. The plant leaves are heart-shaped and are between 5 and 18 cm long. Therefore, the movement behavior of the flower is completely practical and is done to react to the change in the surrounding environment and to protect itself. The same thing can be repeated for the building facade kinetic shading device design, and by taking inspiration from the flower movement pattern, the climatic shading device can be designed to control daylight, increase thermal comfort, and reduce glare.

Methodology

The current research method is modeling and simulation. The theoretical part of the present research (analysis of the Morning Glory flower, the climate of Yazd city, etc.) has been collected from the library, the internet, and documentary data. The modeling part of the facade's kinetic shading device is done by Rhino 6 software and the Grasshopper plugin. The building model consists of a cube with a side length of ten meters, and the shading device is designed on the building's south facade at a distance of half a meter from the facade. The building's southern facade is considered completely transparent. After that, to analyze the findings of the research and achieve the current goals, the Ladybug plugin was used to analyze the daylight radiation absorbed by the transparent surface, and the Honeybee plugin was used to measure the thermal zone temperature and the amount of building interior illumination.

Results and discussion

Due to being smart and adaptable, this shading device can solve users' needs in different seasons. In the hot seasons, the shading device panels can be closed, and in the cold seasons, the panels can be placed at an angle that increases the building's interior heat by reflecting daylight into the interior. Therefore, finally, the shading device is designed for the south facade, which is opened and closed by the sensors embedded in the shell and by the sun's movement, and its structural design is modular and is attached to the building facade. The shading device acts as the building's second shell and is responsible for reacting to environmental variables. In such a way that in the cold seasons, it reduces the heating load, and in the hot seasons, it reduces the cooling load, ultimately bringing the user thermal comfort and a reduction in energy consumption.

Conclusion

The results indicate that the shading device is open from 7:00 to 10:00, 10:00 to 13:00 in the closed state, and 13:00 to 16:00 in the semi-open state, and it can reduce 70% of the absorption of daylight radiation by the transparent surface; 85% of the building interior lighting is reduced; and finally, it causes a 13% decrease in the thermal zone temperature. Therefore, in the hot seasons, the shading device controls daylight, reduces the cooling load, and ultimately reduces the building’s energy consumption. state of resilience of Tabriz city against the risk of earthquake is in a conservative position and it should be planned and improved by reducing the weak points and taking advantage of the opportunities; In this regard, the following strategies are suggested.

فصلنامه برنامه ریزی و توسعه محیط شهری

دوره ۴، شماره ۱۳، بهار ۱۴۰۳

شاپا چاپی: ۰۶۴۷-۲۹۸۱ شاپا الکترونیکی: ۱۲۰۱-۲۹۸۱

Journal Homepage: http://juep.iaushiraz.ac.ir/

مقاله پژوهشی

انطباق الگوریتم حرکتی نمای شهری با الگوی رفتاری گل نیلوفر ارغوانی در راستای توسعه پایدار شهری

زهرا یارمحمودی: دانشجوی دکترای معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

طاهره نصر*: دانشیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

حامد مضطرزاده: استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷ صص ۶۶-۵۳ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۵/۰۵

چکیده

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، مصرف انرژی افزایش یافته است. به همین دلیل، شهر هوشمند به عنوان یکی از راه‌حل‌های کنترل مصرف انرژی در شهرسازی مطرح شده است. شهر هوشمند نیازمند ساختمان‌های هوشمند می‌باشد تا بتواند به نیازهای ساکنین پاسخ دهد و کیفیت زندگی را بالا ببرد. یکی از راهکارهایی که برای این مسئله تاکنون ارائه شده، بهره‌گیری از سایبان خارجی هوشمند نمای ساختمان برای اقلیم گرم و خشک است. طراحی نماهای هوشمند می‌تواند دارای الگوی حرکتی و فرمی به صورت خاص باشد تا درنهایت یک نمای منحصربه‌فرد از نظر کالبدی و منطبق با محیط پیرامون و نیاز کاربران (عملکردی) طراحی شود. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، طراحی سایبان هوشمند نمای ساختمان در اقلیم گرم و خشک یزد در راستای کنترل نور روز است. منبع الهام پژوهش حاضر، الگوی رفتاری گل نیلوفر ارغوانی است که گلبرگ‌های آن با وجود نور در محیط پیرامون، باز و با نبود نور بسته می‌شود. روش جمع‌آوری اطلاعات، کتابخانه‌ای، اسنادی اینترنتی و میدانی (بررسی الگوی رفتاری گل) است و روش پژوهش به صورت مدل‌سازی-شبیه‌سازی می‌باشد. مدل‌سازی توسط نرم‌افزار راینو۶ و افزونه‌ی گرس‌هاپر به صورت پارامتریک، تحلیل انرژی تابشی توسط پلاگین لیدی‌باگ و تحلیل نور روز و دمای فضای داخلی توسط پلاگین هانی‌بی انجام گرفته است. پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با ماهیت ترکیبی (کمی-کیفی) است. نتایج حاصل از پژوهش، حاکی از آن است که استفاده از سایبان هوشمند الهام گرفته شده از الگوی حرکتی گل نیلوفر ارغوانی بر روی نمای ساختمان می‌تواند باعث کاهش ۷۰ درصدی انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نما در حالت سایبان با پنل‌های بسته شود و علاوه بر آن ۸۵ درصد از میزان نفوذ نور روز به فضای داخلی کاسته که همین امر موجب کاهش ۱۳ درصدی دمای فضای داخلی ساختمان می‌شود. بنابراین سایبان نما در فصول گرم سال، میزان ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان را کنترل کرده و باعث کاهش بار سرمایش و در نهایت کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نمای شهری، توسعه پایدار شهری، سایبان متحرک، تحلیل انرژی تابشی، شبیه‌سازی نور روز.

استناد: یارمحمودی، زهرا؛ نصر، طاهره و حامد مضطرزاده (۱۴۰۳). **انطباق الگوریتم حرکتی نمای شهری با الگوی رفتاری گل نیلوفر ارغوانی در راستای توسعه پایدار شهری**،فصلنامه برنامه ریزی و توسعه محیط شهری، ۴(۱۳)، ۵۳-۶۶.

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز

DOI: 10.30495/juepd.2023.1980727.1157

DOR:

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «انطباق الگوریتم حرکتی گیاهان در راستای هوشمندسازی اقلیمی نمای ساختمان» به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره نگارنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز است.

. **نویسنده مسئول:** طاهره نصر، **پست الکترونیکی:** Tahereh.nasr@iau.ac.ir ، **تلفن:** ۰۹۱۷۳۱۳۱۵۷۱

مقدّمه

امروزه رشد سریع جوامع شهری باعث افزایش اهمیت بهره‌گیری از رویکردهای جدید توسعه پایدار شهری شده است (Mohammadi Gazijahani & Ezatpanah, 2021: 65). علاوه‌برآن، پیشرفت تکنولوژی، افزایش مصرف انرژی به خصوص در بخش ساختمان را به همراه داشته است (Behzadpour & Kashani Zadeh, 2022: 65). مصرف انرژی در بخش ساختمان کشورهای توسعه یافته، ۴۰ درصد می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۶۷ درصد برسد. بنابراین در این رابطه، ایده‌ی شهر هوشمند به عنوان یکی از راه‌حل‌های کاهش مصرف انرژی، مطرح شده است (Hosseini, et al, 2021: 80) و (Pourjavan, 2019: 17). شهر هوشمند، مکانی هدفمند جهت رسیدن به پایداری (Shams Najafi, et al, 2022: 625) و درنتیجه کنترل مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیطزیست است (Samadi-Parviznejad & Soltani, 2022: 35). علاوه‌بر مسئله‌ی مطرح شده، شهر هوشمند نیازمند ساختمان هوشمند است. باتوجه به اینکه نمای ساختمان مرز بین فضای داخل و خارج ساختمان است، طراحی هوشمند آن می‌تواند باعث انطباق نما با محیط پیرامون و نیاز کاربران شده و کاهش مصرف انرژی را به همراه داشته باشد (Elkhayat et al., 2023: 86). امروزه نمای ساختمان‌ها صرفا از جنبه‌ی کالبدی مورد بررسی قرار گرفته و از نظر کاربردی، دارای بازده عملکردی پایینی می‌باشند (Rasuli et al., 2019: 135). به عنوان مثال، در اقلیم گرم و خشک، مانند شهر یزد، تابش خورشید در فصول گرم سال زیاد بوده و ساختمان‌ها نیازمند نمای هوشمند می‌باشند تا بتواند باعث کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان شده و در نهایت کاهش مصرف انرژی ساختمان را به همراه داشته باشد (Hosseini, et al, 2021: 70).

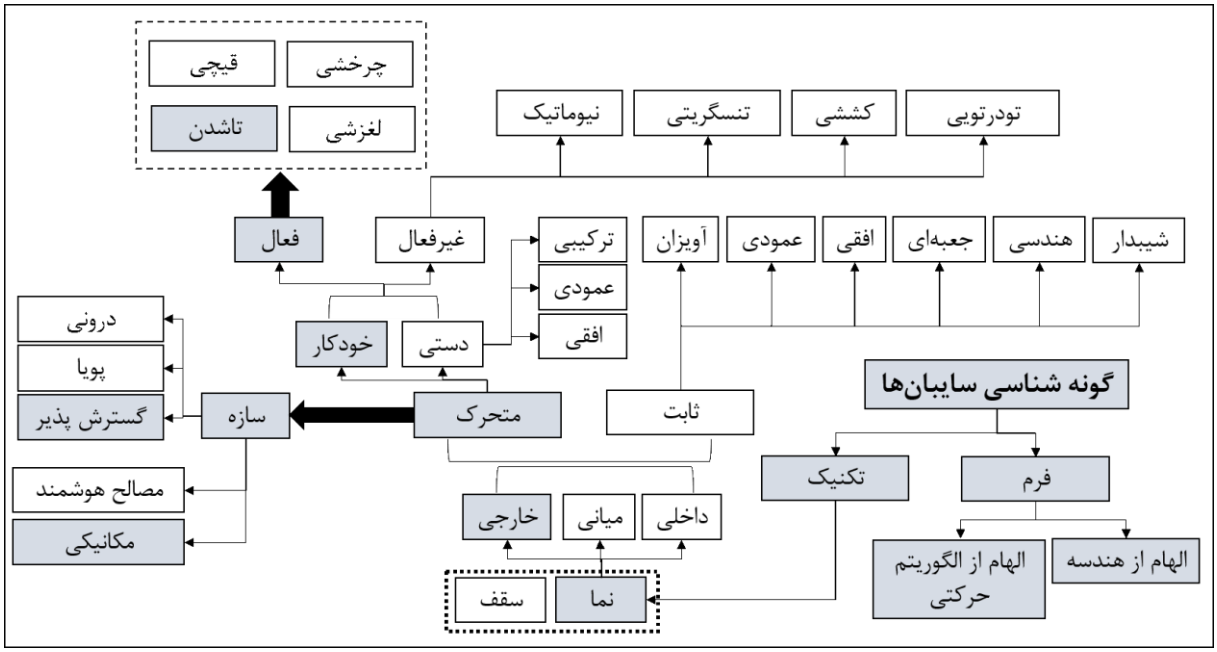
در حال حاضر، پژوهش‌های زیادی به بررسی تاثیر الهام از طبیعت در توسعه پایدار پرداخته‌اند (Olia & Habib, 2021: 90). زیرا الگوهای طبیعی، در بلند مدت توانستند با محیط منطبق شده و پایدار باشند، درنتیجه، طرحی که با این الگوها، حاصل می‌شود، پایدار است. با این وجود نبود درک تجربی از کاربرد راهبردهای موجود در طبیعت، هدف کلان پژوهش را تحت تاثیر خود قرار داده است. بنابراین هدف کلان پژوهش حاضر طراحی سایبان هوشمند اقلیمی نمای ساختمان است که سازگار با مسیر حرکت خورشید در منطقه باشد و از رفتار حرکتی گل نیلوفر ارغوانی الگوبرداری شود. پژوهش حاضر درصدد پاسخ به این سوال است که چگونه می‌توان الگوی حرکتی گل نیلوفر ارغوانی را با الگوریتم حرکتی سایبان نما جهت رسیدن به توسعه پایدار شهری انطباق داد؟، به نظر می‌رسد که با بررسی پژوهش بایولوژیست‌ها در حیطه‌ی گیاهان با رفتار حرکتی و تحلیل نحوه‌ی باز و بسته شدن گیاه، بتوان توسط زبان برنامه‌نویسی، الگوی حرکت گیاه را به الگوریتم حرکتی سایبان هوشمند نمای شهری منتقل کرد.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

پوسته یا نمای ساختمان یک عنصر تاثیرگذار در کاهش مصرف انرژی ساختمان محسوب می‌شود (Jokar & Maleki, 2023: 120)، زیرا مرز میان فضای داخل و بیرون ساختمان است (Yarmahmoodi, et al, 2023: 2) و طراحی صحیح آن باعث افزایش عملکرد نمای شهری در بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌شود (Chuan et al, 2023: 65) و (Maroofi, et al, 2023: 165). بنابراین پژوهش‌های زیادی در زمینه‌ی طراحی پوسته‌ی ساختمان تاکنون انجام شده است. به عنوان مثال، نصر و همکاران، ۱۳۹۹، در پژوهشی تحت عنوان «هندسه پوسته متحرک بر بهینه‌سازی مصرف انرژی با الهام از الگوریتم حرکتی گیاه قهر و آشتی»، سایبان خارجی نما جهت کنترل انرژی تابشی جذب شده توسط نمای جنوبی شفاف ساختمان در اقلیم شیراز با الهام از الگوی حرکتی و فرمی گیاه قهر و آشتی طراحی کردند (Nasr et al, 2020: 220). مهیاری و همکاران در سال ۱۴۰۱، در مقاله‌ای تحت عنوان «ارائه‌ی یک پوسته تطبیق‌پذیر هوشمند با رویکرد بیومیمتیک جهت کاهش مصرف انرژی» به بررسی گیاه پونه‌ی کوهی جهت طراحی سایبان متحرک در اقلیم شهر تهران پرداختند (Mahyari et al, 2022: 23). الرحمان و همکاران در سال ۲۰۲۰، در مقاله‌ای با پلاگین‌های لیدی‌باگ و هانی‌بی در نرم‌افزار راینو۵ به طراحی پوسته‌های انطباق‌پذیر ساختمان پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که با طراحی پوسته‌ی ساختمان به‌صورت منعطف می‌توان، گرمای فضای داخلی ساختمان را کاهش داد و درنتیجه به آسایش حرارتی به خصوص در فصل تابستان رسید (El-Rahman et al, 2020: 31). صادق و همکاران در سال ۲۰۲۲، در پژوهشی به بررسی پوسته‌ی بیومیمتیک برای ساختمان اداری در راستای کنترل ورود نور روز با پلاگین دیوا و هانی‌بی پرداختند (Sadegh et al, 2022: 14). در نهایت نتایج بدست آمده از بخش پیشینه‌ی پژوهش حاکی از آن است که تاکنون مکانیزم حرکتی گل نیلوفر ارغوانی جهت طراحی سایبان هوشمند نما به‌عنوان منبع الهام مورد استفاده قرار نگرفته و چون داده‌های وارد شده به نرم‌افزار توسط نگارندگان بدست آمده است، پژوهش حاضر از نظر الگوی طراحی و نتایج حاصل شده، کاملا نوآورانه است.

به‌طور کلی، سایبان می‌تواند به‌صورت سقفی و یا برای نمای شهری به‌صورت داخلی، میانی و خارجی مورد استفاده قرار گیرد. سایبان‌ها از نظر عملکرد، به دو دسته‌ی ثابت و متحرک تقسیم می‌شود. سایبان ثابت از نوع افقی، عمودی و شیبدار است و سایر انواع سایبان ثابت از ترکیب سایبان‌های اصلی شکل گرفته‌اند (Nasr & Yarmahmoodi, 2022: 35). سایبان‌های ثابت از نظر اجرایی ساده‌تر و اقتصادی‌تر

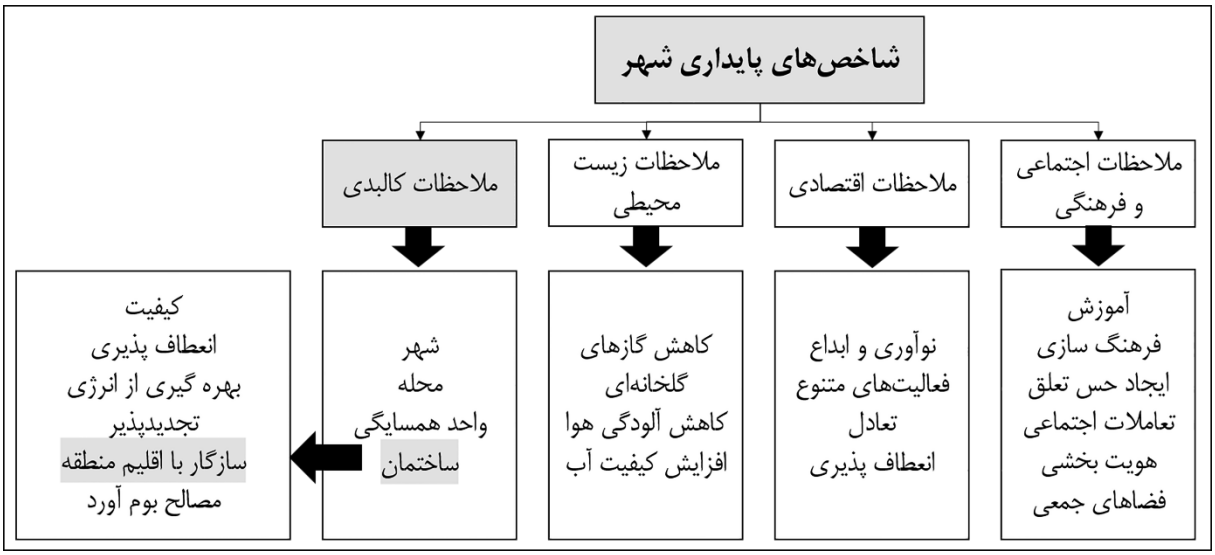
می‌باشد، اما عملکرد پایین‌تری نسبت به سایبان‌های متحرک دارد، زیرا با تغییر شرایط محیط پیرامون بنا و مسیر حرکت خورشید منطبق نمی‌شود (Valladares-Rendón & Lo, 2014: 672). سایبان‌های متحرک به‌صورت دستی و خودکار یا هر دو می‌تواند اجرا شود و به دو دسته‌ی فعال و غیرفعال تقسیم می‌شود. از نظر سازه می‌تواند درونی، پویا و گسترش پذیر باشد و با بهره‌گیری از مصالح هوشمند یا به‌طور مکانیکی طراحی شود (Shams & Rasoolzadeh, 2023: 60) و (Hosseini, Mohammadi, et al, 2021: 821). در پژوهش حاضر سایبان الهام گرفته شده از الگوی حرکتی گل نیلوفر ارغوانی از نوع سایبان خارجی متحرک[1] نما با حرکت تاشونده‌ی[2] فعال است که به صورت مکانیکی و گسترش‌پذیر می‌تواند اجرا شود. زیرا باتوجه به اینکه بهره‌گیری از مصالح هوشمند باعث سبکی و سهولت بخشی به تولید و اجرای پنل‌های سایبان می‌شود، با این وجود فقط به صورت خودکار می‌توانند فعالیت کنند (Habibi & Nazarizadeh, 2023: 15) و یک نقطه‌ی ضعف برای این دسته از سایبان‌ها محسوب می‌شود. در ادامه گونه‌شناسی سایبان نما مطرح شده و نوع سایبان حاضر با رنگ خاکستری مشخص شده است.



شکل ۱- گونه‌شناسی سایبان (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

امروزه، یکی از فاکتورهای اصلی توسعه‌ی پایدار، رسیدن به توسعه‌ی پایدار شهری است (Izadfar & Izadfar, 2021: 28) که در این راستا، راهکارهای کاربردی در برنامه‌های توسعه شهری انجام گرفته است. هدف فرآیند توسعه شهری پایدار، رسیدن به شرایط پایداری شهری (اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی) است (Jamshidzehi et al, 2022: 540). شهر در شرایط ایستا و ثابت نمی‌تواند پایدار باشد (Ziari, et al, 2023: 25). شهر نیز مانند سیستم‌های طبیعی آسیب‌پذیر است و باید در برابر عوامل و تغییرات شرایط خارجی، واکنش نشان دهد (Jamali Haji Hassan Sofla & Nematollahi Bonab, 2021: 96). در نتیجه جهت حفظ پایداری شهری، نیاز است که دائما در حال بازآفرینی، سازگاری، تکامل و غیره باشد. همچنین انعطاف‌پذیری و پاسخ‌گویی به نیاز کاربران جزء سیاست‌گذاری شهری در حیطه‌ی مسائل بدخیم شهرها است که خود به زیرشاخه‌های مختلف تقسیم می‌شود (Sarvar & Khaliji, 2021: 3). در پژوهش حاضر، نمای ساختمان به عنوان بخش کوچکی از شهر و ساختمان جهت طراحی به‌صورت سازگار با محیط پیرامون، انتخاب شده است. در ادامه شاخص‌های توسعه پایدار شهری مطرح شده که فاکتورهای مربوط به پژوهش حاضر در شکل ۲، با رنگ خاکستری مشخص شده است.

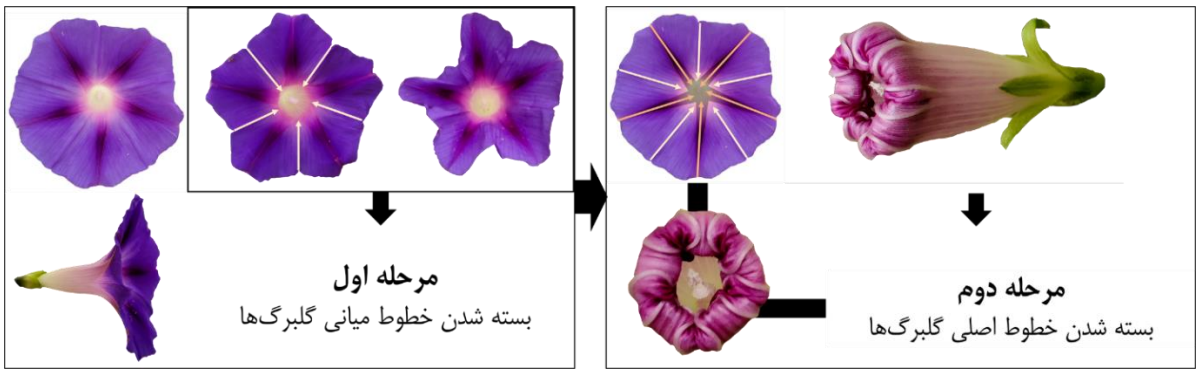
[1] Kinetic Shading Device
[2] Folding



شکل۲- شاخص‌های توسعه پایدار شهری (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

علاوه‌بر موارد ذکر شده، شاخص‌های پایداری شهرهای توسعه یافته شامل: انرژی، منابع و رفاه اجتماعی، محیط مصنوع، هوشمندسازی و محیط زیست شناسایی شده است (Amoushahi et al, 2023: 60). بنابراین هدف پژوهش حاضر هوشمندسازی نمای ساختمان در راستای رسیدن به شهر هوشمند می‌باشد که در این راستا از منبع الهام موجود در طبیعت بهره گرفته شده و در ادامه به طور مختصر از نظر مکانیزم حرکتی مورد بررسی قرار گرفته است.

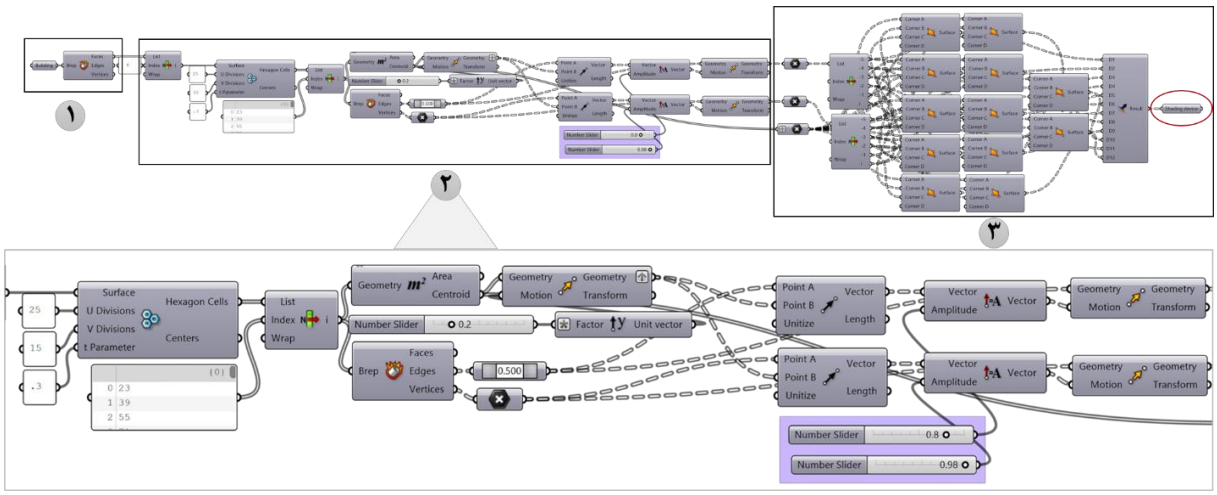
گل نیلوفر ارغوانی[1] به نام (Ipomea) شناخته می‌شود. این گل، گونه‌ای معمولی است که در شب بسته می‌شود و هر روز صبح دوباره باز می‌شود. همین امر باعث شده که به گل شکوه صبح نیز معروف باشد (Ma & Sun, 2009: 899). این نام به هزار گونه گل با عملکرد مشابه گفته می‌شود که هر کدام دارای خصوصیات منحصربه‌فرد خود هستند (Kende & Hanson, 1976: 525). گل نیلوفر ارغوانی در دسته‌ی پیچک‌ها قرار دارد و معمولا برای تزیین نرده و دیوار استفاده می‌شود؛ زیرا این گل در طول روز نیاز به دریافت نور خورشید دارد و اگر در سایه باشد، حتی دیدن گل‌های گیاه غیرممکن می‌شود، علاوه‌برآن، بر سطح پشت خود، سایه‌اندازی مطلوبی دارد (Quach et al., 2023: 1355). ارتفاع گیاه به بیش از ده فوت می‌رسد. گل‌های گیاه به شکل قیف هستند و در رنگ‌های بنفش، سفید و صورتی وجود دارد (Ennos & Clegg, 1983: 249). این گل در مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و معتدل رشد بهتری دارد و برای محافظت از خود در برابر باد و سرما در شب و در نبود نور خورشید، بسته می‌شود (Stock et al., 2014). برگ‌های گیاه به شکل قلب و طول بین ۵ تا ۱۸ سانتی‌متر دارد (Gimenes et al., 2021). بنابراین رفتار حرکتی گل کاملا کاربردی است و در جهت واکنش نسبت به تغییر شرایط محیط پیرامون و محافظت از خود انجام می‌شود. در ادامه شکل۳، مراحل رفتار حرکتی گل نیلوفر ارغوانی را نشان می‌دهد.



شکل۳- مراحل حرکتی گل نیلوفر ارغوانی (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

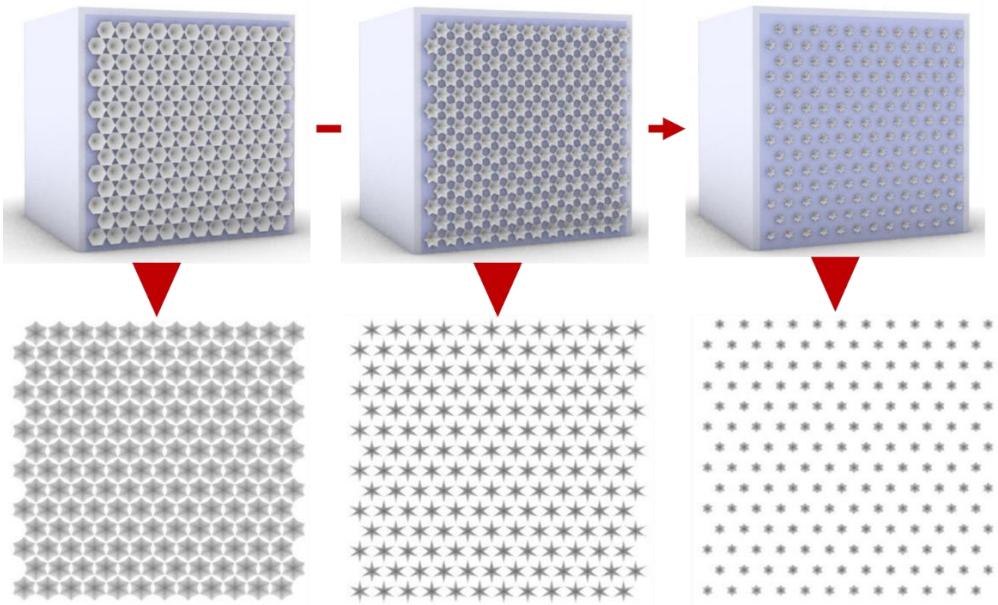
[1] Morning Glory Flower

مدل‌سازی سایبان الهام گرفته شده از گل نیلوفر ارغوانی به سه دسته تقسیم می‌شود که به ترتیب شامل: ساختمان، تقسیم‌بندی سایبان نما و جابه‌جایی نقاط مورد نظر، تولید پنل‌های متحرک پوسته و در نهایت ادغام تمام پنل‌ها و تولید سایبان متحرک اقلیمی خارجی نمای ساختمان می‌باشد. در ادامه شکل۴، قرار دارد که نشان دهنده‌ی الگوریتم مدل‌سازی سایبان متحرک است.



شکل۴- الگوریتم حرکتی سایبان الهام گرفته شده از الگوی رفتاری گل نیلوفر ارغوانی (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

مستطیل بنفش رنگ در شکل ۴، نشان دهنده‌ی بخش پارامتریک سایبان متحرک می‌باشد. باتوجه به اینکه رفتار حرکتی گل به دو دسته تقسیم می‌شود. قسمت‌های پارامتریک سایبان نیز به دو دسته‌ی ناحیه‌ی میانی پنل‌ها و خود اضلاع پنل اصلی تقسیم شده است. در ادامه شکل ۵، نحوه‌ی شبیه‌سازی رفتار حرکتی گل با سایبان متحرک از نظر مکانیزم حرکتی و فرمی را نشان می‌دهد.



شکل۵- الگوی حرکتی و فرمی سایبان الهام گرفته شده از الگوی رفتاری گل نیلوفر ارغوانی (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

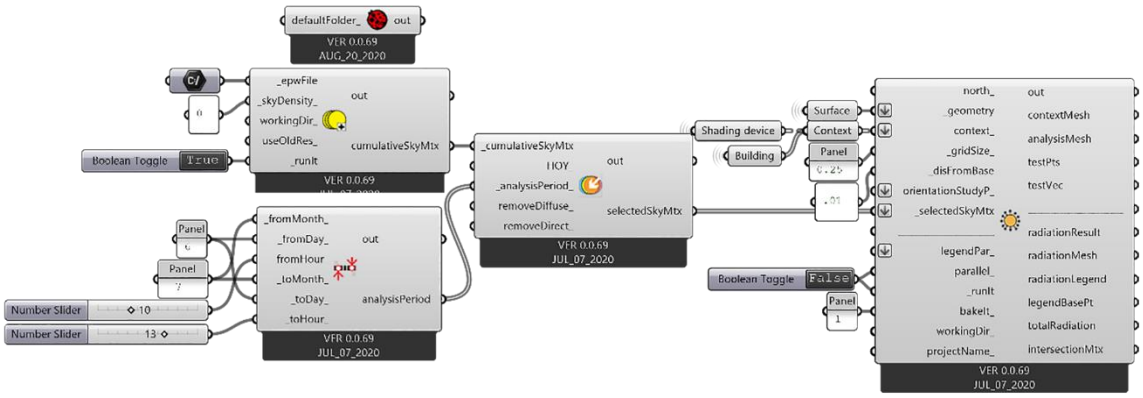
مواد و روش تحقیق

آب و هوای هر منطقه براساس موقعیت جغرافیایی آن منطقه متفاوت است. شهر یزد در موقعیت ایران مرکزی در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و عرض ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه و ارتفاع ۱۲۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. رطوبت در شهر یزد همواره در حال کاهش بوده و دمای آن همواره در حال افزایش است و حداکثر دما مربوط به ماه تیر می‌باشد (Nasr & Yarmahmoodi, 2022: 40). شهر یزد دارای آب و هوای گرم و خشک است (Yazdi et al, 2021: 60). این نوع اقلیم دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد می‌باشد. بنابراین تحلیل‌های حاضر

در ۱۵ام تیرماه از ساعت ۷ تا ۱۹ اقلیم یزد، انجام شده است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و به‌صورت مدل‌سازی-شبیه‌سازی است. مدل‌سازی سایبان هوشمند نما توسط نرم‌افزار راینو۶[1] و افزونه گرس‌هاپر[2] انجام شده است. پس از آن جهت تحلیل یافته‌های پژوهش و رسیدن به اهداف حاضر، از افزونه‌ی لیدی‌باگ[3] جهت تحلیل انرژی تابشی[4] جذب شده توسط سطح شفاف نما و از افزونه‌ی هانی‌بی[5] جهت سنجش دما[6] و میزان روشنایی[7] فضای داخلی ساختمان استفاده شده است. پلاگین لیدی‌باگ و هانی‌بی با اتصال به محیط گرس‌هاپر و نرم‌افزار راینو، به داده‌های آب و هوایی با پسوند epw که توسط موتور قدرتمند انرژی پلاس بدست آمده، جهت تحلیل روشنایی، انرژی تابشی، نمودار سایکرومتریک و غیره دسترسی دارد. موتور شبیه‌سازی انرژی پلاس در سال ۲۰۱۱ توسط بخش انرژی آمریکا گسترش یافته و مورد تایید است (Tabares-Velasco et al., 2012: 190). نتایج حاصل از پژوهش‌های صورت گرفته با ابزار تحقیق مشابه حاکی از آن است که انرژی پلاس تا ۳۳ درصد به طور گسترده توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته است (Bano & Sehgal, 2019: 74). لذا پژوهش حاضر با استناد به نتایج مذکور و با هدف عدم تکرار نتایج بدست آمده از اعتبار ابزار انتخابی، انجام شده است.

بحث و ارائه یافته‌ها

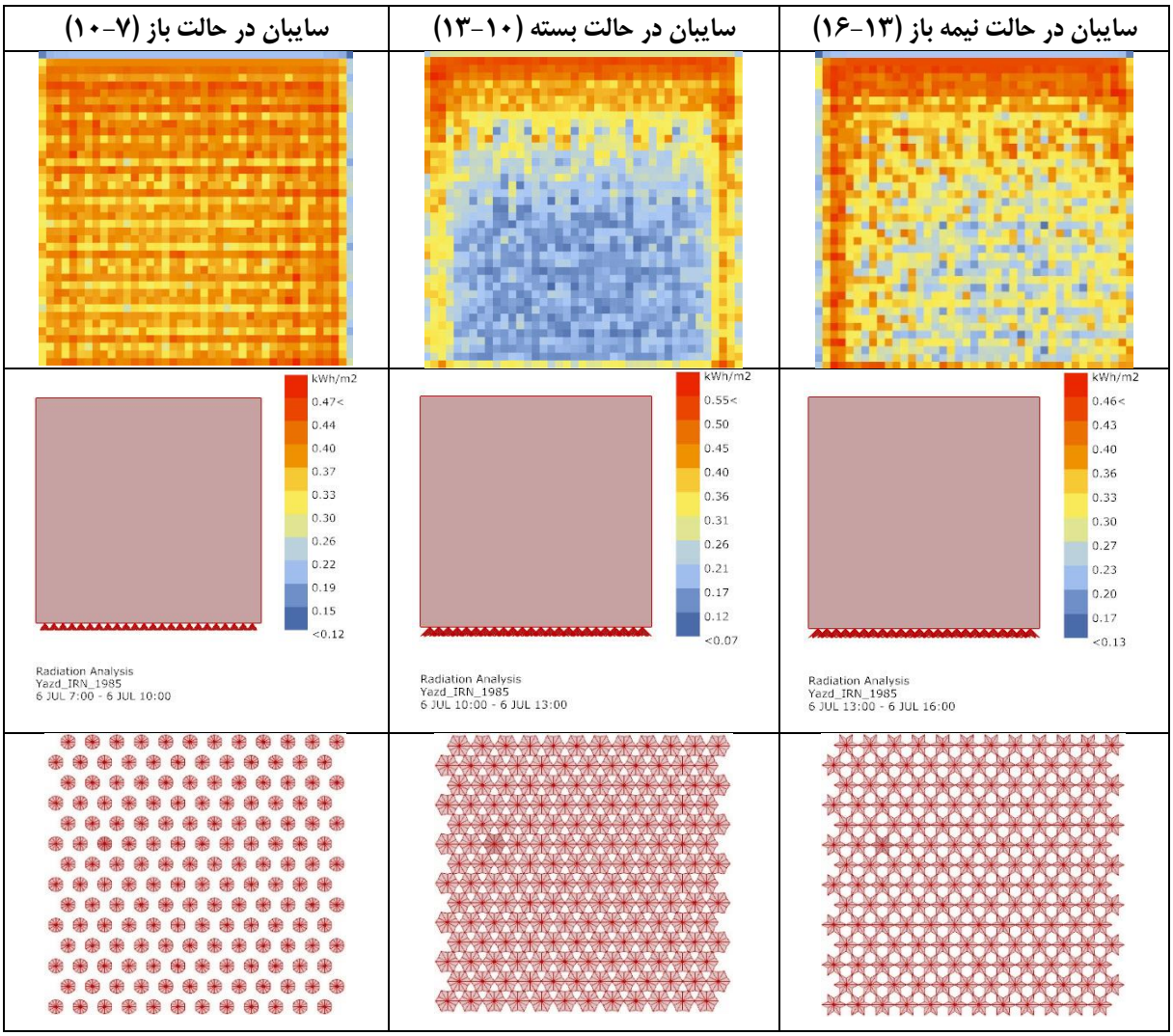
تحلیل انرژی تابشی: در ابتدا الگوریتم تحلیل انرژی تابشی خورشید جذب شده توسط سطح شفاف نمای جنوبی ساختمان توسط افزونه‌ی لیدی‌باگ قرار داده شده است.



شکل۶- الگوریتم تحلیل انرژی تابشی جذب شده توسط نمای جنوبی ساختمان در یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

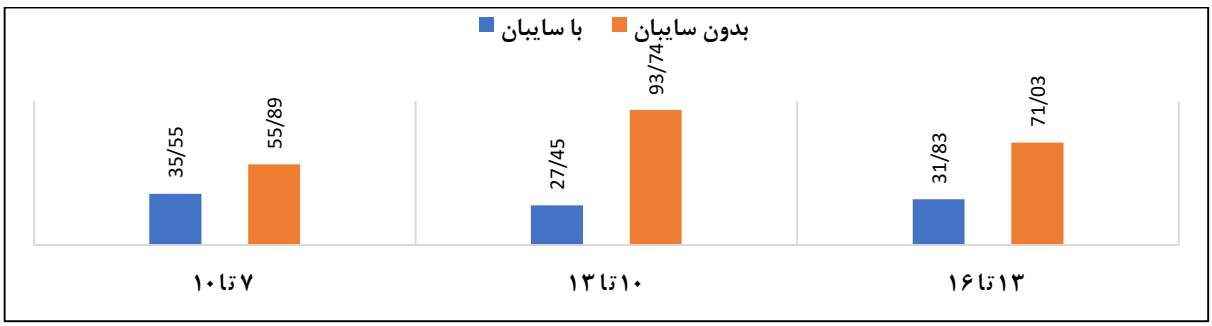
در ادامه، داده‌های بدست آمده در حالت‌های مختلف سایبان و نما در حالت بدون سایبان در بازه زمانی سه ساعت از ۷ صبح تا ۴ بعد از ظهر تحلیل و مقایسه شده است. به این صورت که سایبان در بازه زمانی ۷ تا ۱۰ در حالت پنل‌های باز و در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۳ سایبان در حالت پنل‌های بسته و بازه زمانی ۱۳ تا ۱۶ سایبان در حالت پنل‌های نیمه‌باز قرار دارد. ساختمان به صورت مکعب با اضلاع ده متر و سطح تمام شفاف نمای جنوبی طراحی شده است.

[1] Rhino6
[2] Grasshopper Plugin
[3] Ladybug Plugin
[4] Radiation Analysis
[5] Honeybee Plugin
[6] Operative Temperature
[7] Daylight Simulation



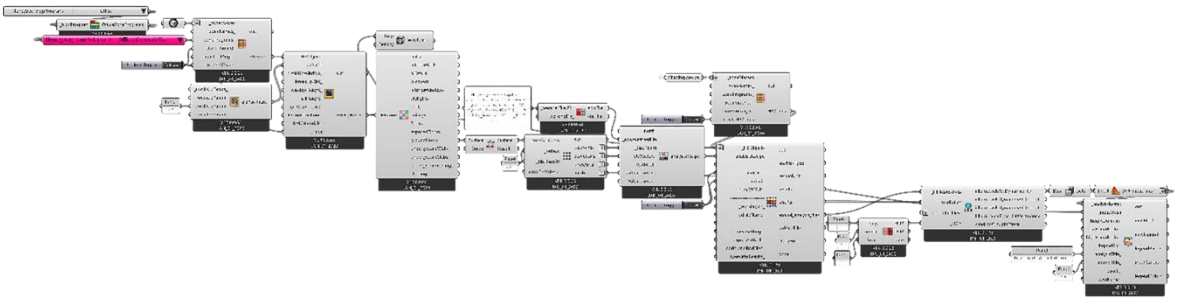
شکل۷-تحلیل انرژی تابشی نمای جنوبی ساختمان در اقلیم یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

همان‌طور که در شکل۷، نشان داده شده است و باتوجه به نمودار۱، سایبان در بازه زمانی، ۱۰ تا ۱۳ و پنل‌ها در حالت بسته می‌تواند تا ۷۰ درصد از انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای ساختمان بکاهد و در حالت پنل‌های باز، فقط ۳۶ درصد از انرژی تابشی کاسته شده که این حالت برای فصول سرد سال نیز مطلوب است. بنابراین نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان هوشمند الهام گرفته شده از الگوی حرکتی گل نیلوفر ارغوانی می‌تواند در فصول مختلف سال خود را با مسیر حرکت خورشید، منطبق ساخته و بازده عملکردی بالایی داشته باشد. همین امر باعث افزایش عملکرد نمای شهری در زمینه‌ی کنترل انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نما می‌شود.



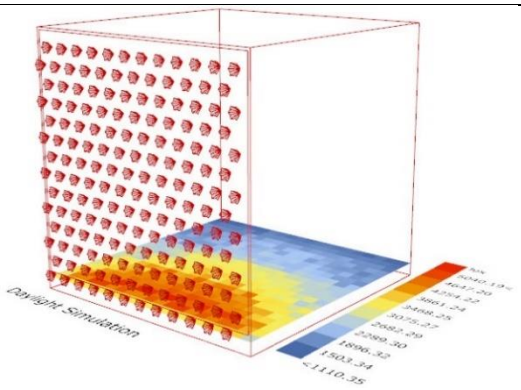
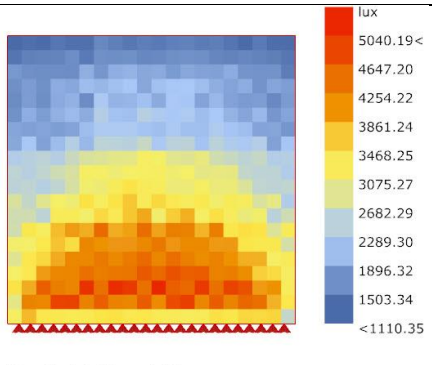
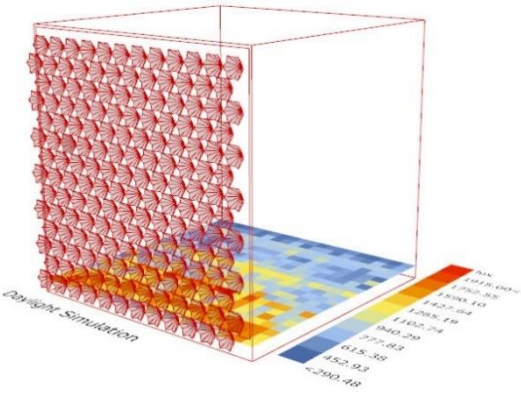
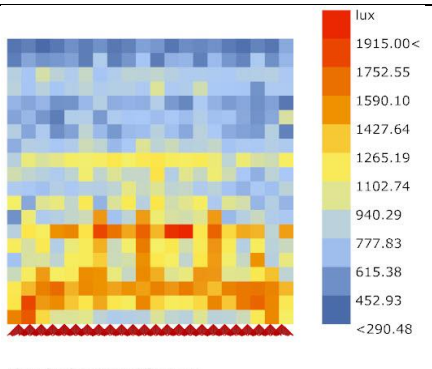
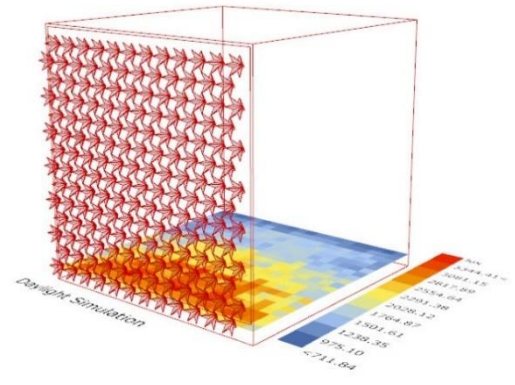
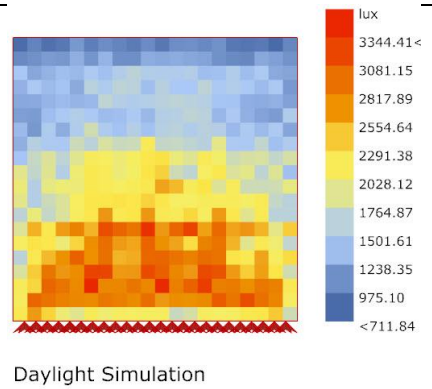
نمودار۱- انرژی تابشی جذب شده توسط نمای جنوبی ساختمان در یزد در حالت با و بدون سایبان (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

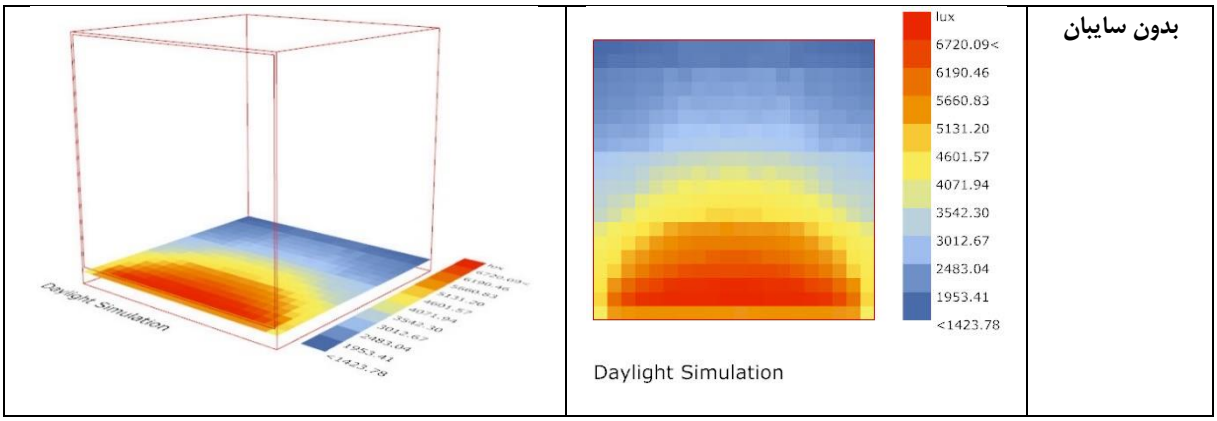
تحلیل نور روز: در این بخش الگوریتم شبیه‌سازی نور روز وارد شده به فضای داخلی ساختمان با واحد لوکس مطرح شده است.



شکل۸- الگوریتم شبیه‌سازی نور روز فضای داخلی ساختمان در اقلیم یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

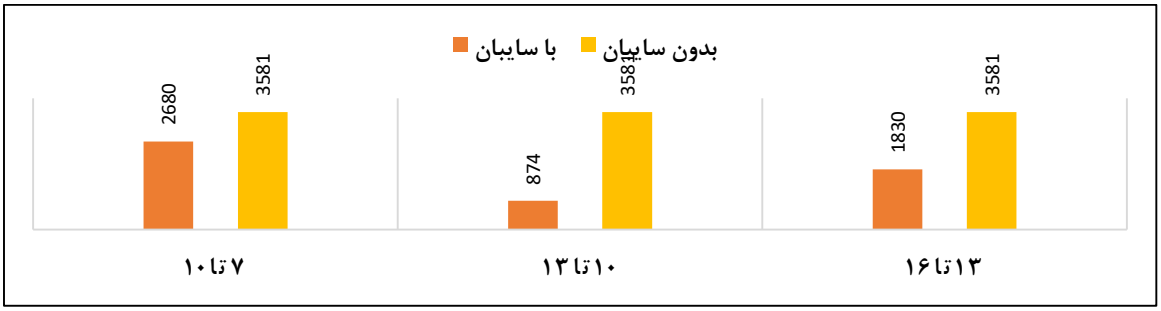
پس از آن تحلیل‌های شبیه‌سازی نور روز در حالت‌های مختلف سایبان و نمای بدون سایبان بدست آمده و باهم مقایسه شده است. در این بخش برای تمام حالت‌های نما با سایبان، بازه زمانی ۷ صبح تا ۱۶ بعد از ظهر در نظر گرفته شده است.

سایبان در حالت باز		
سایبان در حالت بسته		
سایبان در حالت نیمه‌باز		



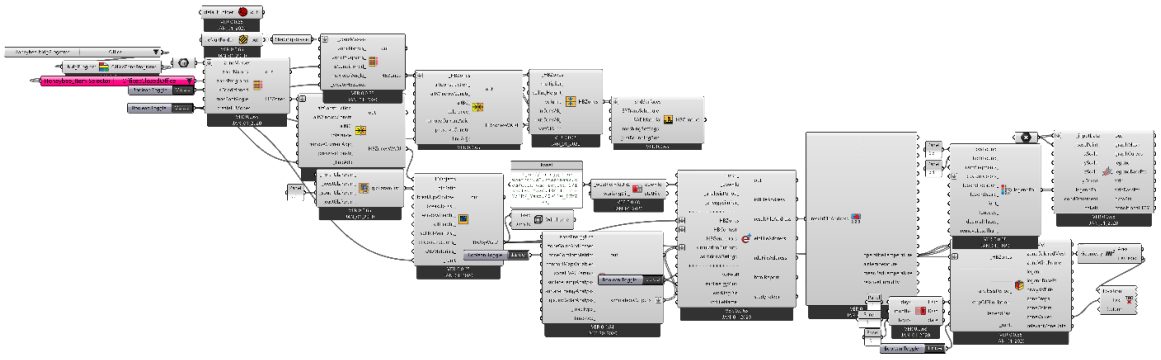
شکل ۹- شبیه‌سازی نور روز فضای داخلی ساختمان در اقلیم یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

باتوجه به این تحلیل و نمودار۲، نتایج حاصله حاکی از آن است که سایبان در حالت بسته می‌تواند تا ۸۵ درصد از روشنایی فضای داخل بکاهد، علاوه‌برآن، سایبان در حالت باز می‌تواند عملکرد مطلوبی در فصول سرد سال داشته باشد؛ زیرا تا ۲۵ درصد صرفا از روشنایی فضای داخلی ساختمان می‌کاهد. همین امر نشان دهنده‌ی عملکرد مطلوب نمای شهری در کنترل ورود نور روز به فضای داخلی ساختمان است.



نمودار۲- مقایسه‌ی شبیه‌سازی نور روز در حالت‌های مختلف سایبان نما با حالت نمای بدون سایبان در اقلیم یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

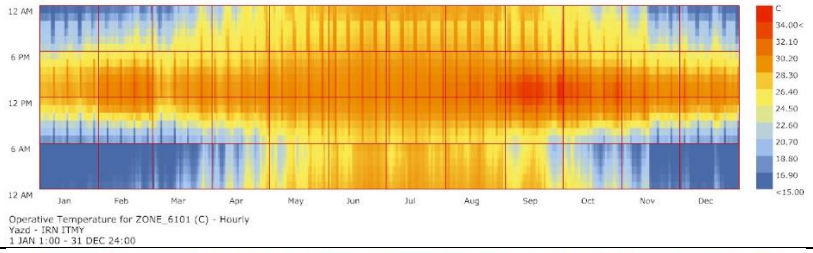
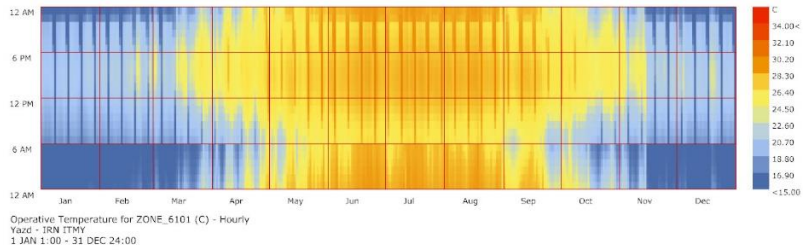
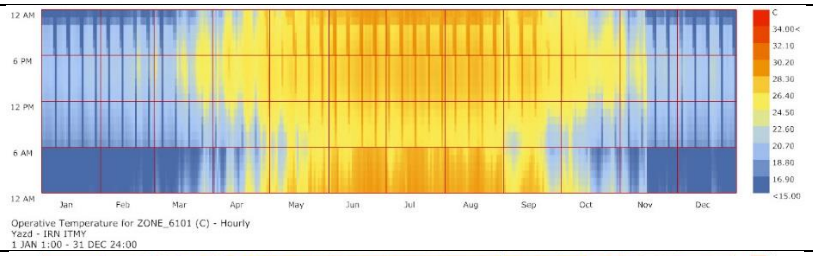
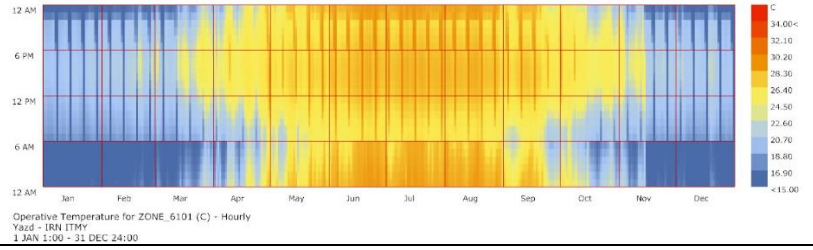
تحلیل دما: در این بخش، الگوریتم تحلیل دمای فضای داخلی ساختمان در اقلیم گرم و خشک یزد مطرح شده است.



شکل ۱۰- الگوریتم تحلیل دمای فضای داخلی ساختمان در اقلیم یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

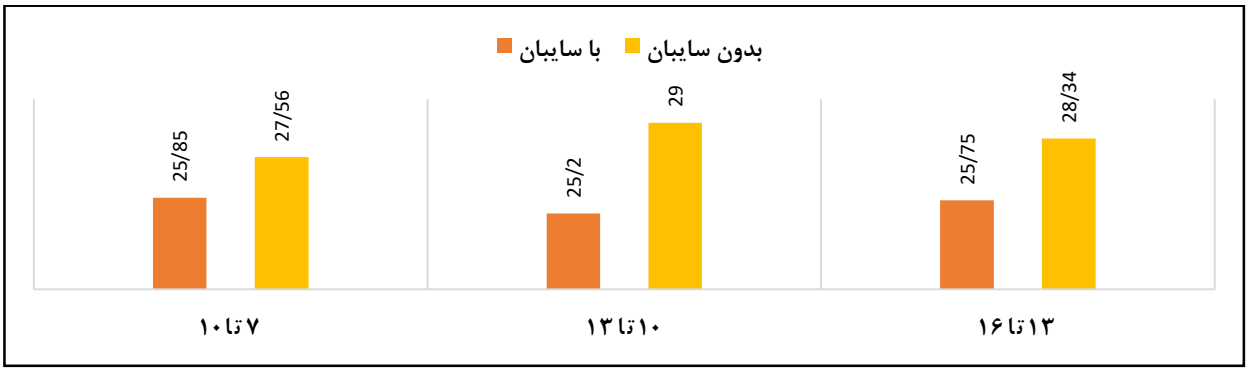
در ادامه نمودارهای سایکرومتریک بدست آمده از الگوریتم تحلیل دمای داخلی ساختمان ارائه شده است. با توجه به شکل۱۱، می‌توان به کاهش دمای فضای داخل با بسته‌تر شدن پنل‌های سایبان نما اشاره کرد. همان‌طور که در نمودارها نشان داده شده است، در فصل تابستان و ماه‌های تیر، مرداد و شهریور، دمای فضای داخلی به دلیل شدت تابش خورشید زیاد بوده و به رنگ نارنجی و قرمز تمایل دارد، با حضور

سایبان جلوی نمای ساختمان و بسته شدن پنل‌های سایبان، این دما کاهش یافته و رنگ نمودار به سمت زرد و آبی متمایل می‌شود که همین مسئله، نشان دهنده‌ی عملکرد مطلوب نمای شهری در اقلیم گرم و خشک یزد است.

بدون سایبان	
سایبان با پنل‌های باز	
سایبان با پنل‌های بسته	
سایبان با پنل‌های نیمه باز	

شکل۱۱- نمودارهای سایکرومتریک دمای فضای داخلی در اقلیم یزد در حالت با و بدون سایبان (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

با توجه به نمودار۳، سایبان در حالت پنل‌های بسته و ساعت ۱۰ تا ۱۳ که ساختمان با بیشترین گرمای تابش خورشید روبه‌رو می‌شود، تا ۱۳ درصد از دمای داخلی ساختمان کاسته شده است، همین امر باعث کاهش استفاده از سیستم‌های سرمایشی و درنهایت کاهش مصرف انرژی در ساختمان می‌شود.



نمودار۳- دمای فضای داخلی ساختمان در حالت با و بدون سایبان نمای ساختمان در اقلیم یزد (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

الگوی شهر پایدار باتوجه به تاریخ، فرهنگ، اقتصاد، اقلیم و سیاست‌های هر منطقه متفاوت است. باتوجه به اینکه هسته‌ی اصلی هر راهکار توسعه‌ی شهری، اهداف انسانی است، در نتیجه کارایی یک شهر به کیفیت سکونتگاه‌های انسانی وابسته است. امروزه، یکی از مسائل موجود در بخش ساختمان که باعث کاهش کیفیت مسکن و آلودگی محیط زیست شهری شده، مصرف بالای انرژی می‌باشد. از انجا که سیاستگذاران شهر در راستای برنامه‌ریزی برای ایجاد الگوی پایدار شهری نقشی به سزا دارند و یکی از اصلی‌ترین رویکردهای برنامه‌ریزی شهری نیز در عصر حاضر مباحث مرتبط با انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی است، و از آنجا که پوسته ساختمان به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تأثیرگذار در مبحث انرژی و صرفه‌جویی در آن مطرح می‌باشد، لذا می‌توان هوشمندسازی در صنعت ساختمان علی‌الخصوص در نمای ساختمان را به‌عنوان یک راهکار در راستای توسعه پایدار در شهرسازی دانست. باتوجه به مسائل ذکر شده، هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی سایبان متحرک با الهام از الگوی حرکتی و فرمی گل نیلوفر ارغوانی جهت کنترل ورود نور روز و انرژی تابشی جذب شده توسط سطح شفاف نمای ساختمان است. با روش مدل‌سازی–شبیه‌سازی و با استفاده از نرم‌افزار راینو۶ پلاگین گرس‌هاپر و افزونه‌ی لیدی‌باگ و هانی‌بی، تحلیل‌های انرژی، دما و نور انجام شده است. نتایج حاصله حاکی از آن است که در ساعت ۷تا۱۰ سایبان در حالت باز، ۱۰ تا ۱۳ در حالت بسته و ۱۳ تا ۱۶ در حالت نیمه‌باز قرار دارد و این قابلیت را دارد که باعث کاهش ۷۰ درصدی جذب انرژی تابشی توسط سطح شفاف نما شده و ۸۵ درصد از میزان روشنایی فضای داخلی ساختمان کاسته و در نهایت باعث کاهش ۱۳ درصدی دمای داخلی ساختمان شود. این سایبان به دلیل هوشمند و انطباق‌پذیر بودن می‌تواند در فصول مختلف سال پاسخ‌گوی نیاز کاربران باشد. زیرا، در فصول گرم سال، پنل‌های سایبان می‌تواند در حالت بسته قرار گرفته و در فصول سرد سال، پنل‌های سایبان در زاویه‌ای قرار گیرد که با بازتاب نور به فضای داخل، باعث افزایش گرمای فضای داخلی ساختمان شود. بنابراین در نهایت سایبانی برای نما طراحی شده که توسط حسگرهای تعبیه شده در پوسته، متناسب با حرکت خورشید، باز و بسته شده و طراحی سازه‌ی آن به صورتی مدولی، سبک و الحاق شده به نمای ساختمان است. درحقیقت سایبان به عنوان پوسته‌ی دوم ساختمان عمل می‌کند و وظیفه‌ی واکنش به متغیرهای محیطی را برعهده دارد. لازم به ذکر است که مدل ارائه شده، یک پیشنهاد طراحی است و نیاز به توسعه از نظر امکانات فنی، اقتصادی، سازه‌ای و غیره دارد که سایر پژوهشگران می‌توانند این مسیر را جهت کارآمدسازی مدل، ادامه دهند. همچنین، طراحان می‌توانند همین روند طراحی با الهام از گیاهان، انسان، حیوانات و موجودات بی‌جان را برای طراحی سایر عناصر شهرسازی استفاده کنند. در ادامه جدول ۲، نشان دهنده‌ی راهکارهای تاثیرگذار سایبان هوشمند نما بر توسعه پایدار شهری است. لازم به ذکر است که برای تطبیق خصوصیات نمای هوشمند و اهداف توسعه پایدار شهری در جدول۲، از بخش تعریف مختصر مولفه‌های توسعه پایداری شهری پژوهش حاضر استفاده شده است.

جدول۲- خصوصیات تاثیرگذار نمای هوشمند ساختمان بر توسعه پایدار شهری (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۲)

خصوصیات نمای هوشمند	افزایش توسعه پایدار شهری (توضیحات)
طراحی نمای الگوریتمیک و پارامتریک	بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و پیشرفته
تغییر فرم نما در طول شبانه‌روز	ایجاد نماهای متنوع و پویا
طراحی نما به صورت مدول	سهولت و کاهش هزینه در مراحل تولید، اجرا و تعمیر و نگهداری نما
انطباق حرکت نما با مسیر حرکت خورشید	نمای سازگار با اقلیم و محیط پیرامون
طراحی به صورت دستی و خودکار	پاسخ به نیاز ساکنین
بهره‌گیری از فرم و الگوی حرکتی گل نیلوفر ارغوانی	بهره‌گیری از الگوهای پایدار و پویای موجود در طبیعت به عنوان منبع الهام طرح
سایبان براساس ابعاد و هندسه‌ی نمای ساختمان قابلیت گسترش‌پذیری دارد	توجه به جامع‌نگری و آینده‌پژوهی در طراحی
کنترل ورود نور روز و دمای فضای داخل ساختمان	تامین آسایش ساکنین
کاهش استفاده از سیستم گرمایش و سرمایش و کاهش مصرف انرژی	رسیدن به محیط شهری پایدار

References

1. Amoushahi, S., Salmanmahiny, A., Moradi, H., Mikaeili Tabrizi, A. R., and Galán, C, (2023). An analysis of the importance of sustainable urban development indicators in Iran and its comparison with global indicators. Town and Country Planning, 15(1), 53–71. [In Persian] 10.22059/JTCP.2022.348227.670348
2. Bano, F. and 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. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.11.004

3.Behzadpour, M, (2022). Identification and introduction principles of green architecture in Iran to reduce energy consumption, case study of Bushehr green building. Journal of Urban Environmental Planning and Development, 2(6), 61-76[In Persian]. https://doi.org/10.30495/juepd.2022.690527
4.Chuan, N. S. B. S., Razif, F. M., Mydin, M. A. O., Mohidin, H. H. B., and Chung, L. P. (2023). Solar responsive facade as siamese cultural aesthetic frontage in Malaysia. Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology, 29(3), 62-76. https://doi.org/10.37934/araset.29.3.6276
5.El-Rahman, S. M. A., Esmail, S. I., Khalil, H. B., & El-Razaz, Z, (2020). Biomimicry inspired adaptive building envelope in hot climate. Engineering Research Journal, 166, 30-47. https://doi.org/10.21608/erj.2020.135274
6.Elkhayat, Y. O., Hamada, M., & Wahba, M. (2023). Visual comfort as a design approach for intelligent facades: A review. Delta University Scientific Journal, 6(1), 371–386. https://doi.org/10.21608/dusj.2023.291086
7.Ennos, R. A. and Clegg, M. T, (1983). Flower color variation in the morning glory, Ipomoea purpurea. Journal of Heredity, 74(4), 247–250. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a109778
8.Gimenes, M., Araujo, L. S. and Medina, A. M, (2021). The light intensity mediates the pollination efficacy of a Caatinga morning glory Ipomoea bahiensis (Convolvulaceae). Sociobiology, 68(4), e5906–e5906. 10.13102/sociobiology.v68i4.5906
9.Habibi, H., & Nazarizadeh, F. (2023). Theoretical foundations morphology new technology of smart materials with magnetic shape memory alloys and their application in various industries. Iranian Journal of Ceramic Science & Engineering, 11(4). [In Persian] http://ijcse.ir/article-1-904-en.html
10. Hosseini, S. M., Fadli, F. and Mohammadi, M, (2021). Biomimetic kinetic shading facade inspired by tree morphology for improving occupant's daylight performance. Journal of Daylighting, 8(1), 65–82. http://dx.doi.org/10.15627/jd.2021.5
11. Hosseini, A., Farhadi, E., Joshanpour, M., and Tayebi, A, (2022). Multi-dimensional analysis of smart city indicators in the period of the Covid-19 pandemic; The case study of Mashhad city. Urban Environmental Planning and Development, 2(7), 79–94. [In Persian]10.30495/juepd.2022.1974326.1109
12. Hosseini, S. M., Mohammadi, M., Schröder, T., and Guerra-Santin, O, (2021). Bio-inspired interactive kinetic façade: Using dynamic transitory-sensitive area to improve multiple occupants' visual comfort. Frontiers of Architectural Research, 10(4), 821–837. https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.07.004
13. Izadfar, N, and Izadfar, E, (2021). Identifying a conceptual model for achieving urban sustainable regeneration from the perspective of a future studies. Urban Environmental Planning and Development, 1(1), 27–44. [In Persian] 20.1001.1.27833496.1400.1.1.12.0
14. Jamali Haji Hassan Sofla, E. and Nematollahi Bonab, S, (2021). Examining and evaluating the role of citizens and their social participation in achieving sustainable urban development goals (case example: city of tabriz). Urban Environmental Planning and Development, 1(1), 95–112. 20.1001.1.27833496.1400.1.1.16.4 [In Persian]
15. Jamshidzehi, M. A., Karimian Bostani, M., and Hafez Rezazadeh, M, (2022). Analysis of smart city indicators in Zahedan City. Journal of Studies of Human Settlements Planning, 17(2), 535–546. 20.1001.1.25385968.1401.17.2.8.0 [In Persian]
16. Janghorban M., Kariminia S., Farokhi M., and Jafari M, (2022). Investigating the role of high-rise building shell elements in reducing energy consumption (case example: Isfahan Cascade doctors' residential towers). Haft Hesar J Environ Stud 11(41), 69-86. [In Persian] 10.52547/hafthesar.11.41.7
17. Jokar R. & Maleki M (2023). Investigating the effect of Voronoi shell parametric design on improving daylight efficiency in an office building in Shiraz. Naqshejahan, 12(4), 116-141[In Persian]. 20.1001.1.23224991.1401.12.4.5.1
18. Kende, H. and Hanson, A. D, (1976). Relationship between ethylene evolution and senescence in morning-glory flower tissue. Plant Physiology, 57(4), 523–527. 10.1104/pp.57.4.523
19. Ma, Y. and Sun, J, (2009). Humido-and thermo-responsive free-standing films mimicking the petals of the morning glory flower. Chemistry of Materials, 21(5), 898–902. https://doi.org/10.1021/cm8031708
20. Mahyari, H., Zarkesh, A., and Mahdavinejad, M, (2022). An intelligent adaptive skin from a biomimetic approach for energy consumption reduction. Hoviatshahr, 16(4), 23-38. [In

Persian]10.30495/hoviatshahr.2022.64865.12140
21. Maroofi, N., Mahdavinejad, M., and Moradi Nasab, H, (2023). Daylightophil educational buildings; Case Study: Optimizing of the southern walls' openings of the classrooms in Semnan. Journal of Architecture in Hot and Dry Climate, 10(16), 164-181. [In Persian] 10.22034/ahdc.2023.18776.1668
22. Mohammadi Gazijahani, H. and Ezatpanah, B, (2021). Ranking of the ten districts of Tabriz metropolis based on the indicators of the creative city. Urban Environmental Planning and Development, 1(1), 61–76. [In Persian] 20.1001.1.27833496.1400.1.1.14.2
23. Nasr, T. and Yarmahmoodi, Z, (2022). Comparison of the fixed external sun shading devices performance in order to daylight control (Case study: southern facade in Yazd climate). Journal of Environmental Science and Technology, 24(5), 33-45. 10.30495/jest.2022.61515.5423 [In Persian]
24. Nasr, T., Yarmahmoodi, Z., and Ahmadi, S. M, (2020). The effect of kinetic shell's geometry on energy efficiency optimization inspired by kinetic algorithm of Mimosa Pudica. Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning, 10(3), 219–230. [In Persian] 20.1001.1.23224991.1399.10.3.3.3
25. Olia S., Habib F., and Shahcheraghi A, (2021). Evaluating the effectiveness of teaching nature-based strategies on the Bioarchitecture design process. In iauh-hafthesar, 10(38), 81-94. [In Persian]10.52547/hafthesar.10.38.7
26. Pourjavan, K, (2019). Explanation of Smart City and Urban Smart Transportation Solutions. Karafan Quarterly Scientific Journal, 16(1), 15–34. 20.1001.1.23829796.1398.16.45.12.5 [In Persian]
27. Quach, Q. N., Clay, K., Lee, S. T., Gardner, D. R. and Cook, D, (2023). Phylogenetic patterns of bioactive secondary metabolites produced by fungal endosymbionts in morning glories (Ipomoeeae, Convolvulaceae). New Phytologist, 238 (4), 1351-1361. https://doi.org/10.1111/nph.18785
28. Rasuli, M., Shahbazi, Y., & Matini, M. (2019). Horizontal and vertical movable drop-down shades performance in double skin facade of office buildings; evaluation and parametric simulation. Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning, 9(2), 135–144. 20.1001.1.23224991.1398.9.2.7.8 [In Persian]
29. Sadegh, S. O., Haile, S. G., and Jamshidzehi, Z, (2022). Development of two-step biomimetic design and evaluation framework for performance-oriented design of multi-functional adaptable building envelopes. Journal of Daylighting, 9(1), 13–27. https://dx.doi.org/10.15627/jd.2022.2
30. Samadi-Parviznejad, P. and Soltani, Z, (2022). Identifying and evaluating smart city marketing parameters (Case study: Tabriz). International Journal of Innovation in Marketing Elements, 2(1), 35–50. https://doi.org/10.59615/ijime.2.1.35
31. Sarvar, R. and Khaliji, M. A, (2021). Urban policy in the field of wicked problems. Urban Environmental Planning and Development, 1(1), 1–16. [In Persian]10.1332/policypress/9781861341914.003.0010
32. Shams G. & Rasoolzadeh M, (2023). Bauchemie: environmental perspective to well-building and occupant health. Naqshejahan, 12(4), 51-69. [In Persian] 20.1001.1.23224991.1401.12.4.2.8
33. Shams Najafi, F. al-S., Kamyabi, S., and Arghan, A, (2022). The Presentation of the Optimal Smart City Model From the Viewpoint of Sustainable Urban Development: The Case Study of Shahr-e Ray. Town and Country Planning, 14(2), 623–649. [In Persian] 10.22059/jtcp.2022.346547.670338
34. Stock, A. J., Campitelli, B. E. and Stinchcombe, J. R, (2014). Quantitative genetic variance and multivariate clines in the Ivyleaf morning glory, Ipomoea hederacea. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 369(1649), 20130259. 10.1098/rstb.2013.0259
35. Tabares-Velasco, P. C., Christensen, C. and Bianchi, M, (2012). Verification and validation of EnergyPlus phase change material model for opaque wall assemblies. Building and Environment, 54, 186–196. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.02.019
36. Valladares-Rendón, L. G., and Lo, S.-L. (2014). Passive shading strategies to reduce outdoor insolation and indoor cooling loads by using overhang devices on a building. Building Simulation, 7(6), 671–681. https://doi.org/10.1007/s12273-014-0182-7
37. Yarmahmoodi Z., Nasr T., and Moztarzadeh H, (2023). Algorithmic Design of Building Intelligent Facade to Control the Daylight Inspired by the Rafflesia Flower Kinetic Pattern. Naqshejahan, 13(2), 1-24. [In Persian] 20.1001.1.23224991.1402.13.2.1.0
38. Yazdi, Y., Shemirani, S. M. M., and Etesam, I, (2021). An Investigation of the Relation between

the Structural Components of the Vernacular Houses in Hot and Arid Areas in Iran. The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar, 18(96), 59–76. [In Persian] 10.22034/bagh.2020.170445.3984

39. Ziari K., Hataminejad H., Pourahmad A., Zanganehshahraki S., and Hamghadam N, (2023). Presentation the model of smart city governance with a future study approach; Case study: Rasht City. Naqshejahan, 12(4), 22-50. [In Persian] 20.1001.1.23224991.1401.12.4.1.7