Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Simulation and evaluation of the impact of membrane canopies on outdoor thermal comfort in Semnan city *

Sepideh Jafarian [1], Elham Sarkardehee [2,], Danial Monsefi Parapari [2], Mohammadreza Mojahedi [3]**

[1] *M.A. in Architecture, Faculty of Architectural Engineering and Urbanism, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.*
[2] *Assistant Professor, Faculty of Architectural Engineering and Urbanism, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.*
[3] *Associate Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/03/25
Revised 2021/07/06
Accepted 2021/11/05
Available Online 2023/08/06

Keywords:

Membrane Structure
Outdoor Thermal Comfort
Simulation
Ansys Software

Use your device to scan and read the article online

Number of References
41

Number of Figures
13

Number of Tables
6

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Given the significance of human presence in open spaces and the influence of climate on urban activities and behaviors, this study addresses the crucial aspect of outdoor thermal comfort. Urban open spaces, especially in hot climates, make users experience high thermal loads leading to thermal discomfort. Outdoor thermal comfort can be improved by controlling radiation and shading to mitigate stresses induced by surface overheating and environmental factors. This research underscores the importance of shading and radiation reduction to promote human presence, create a micro-climate, and improve comfort conditions in urban open spaces. Recognizing shade-producing factors, such as canopies, can contribute to creating desirable outdoor environments. In this context, fabric membrane structures are suitable solutions for hot climates, offering shade and natural ventilation. In hot and arid climates like Semnan, outdoor thermal comfort is not met due to factors such as intense heat, clear skies, strong sunlight, limited vegetation, and a lack of shade. Consequently, outdoor spaces are usable for only limited hours and only for specific seasons. However, by controlling the temperatures and introducing shading, a key factor in cooling the environment and reducing air temperatures during hot periods, thermal comfort conditions can be provided to some extent. Membrane canopies, with their unique properties, are suitable for outdoor spaces, particularly in hot and arid climates, offering users enhanced thermal comfort.

METHODS: This study investigates the effect of lightweight membrane canopies on outdoor thermal comfort in Semnan, characterized by a hot and dry climate, through a combination of bibliographic research and simulations using ENVI-met and ANSYS software. The bibliographic research is conducted through scrutinizing the sources and documents and analyzing Persian and non-Persian materials related to outdoor thermal comfort and lightweight membrane structures, employing both descriptive and analytical information analysis methods. Simulations are run using ENVI-met to assess the influence of shade on the environment and ANSYS software to simulate various common shade models, assessing their effects on thermal comfort. The simulation analysis follows a comparative research data analysis and review approach.

FINDINGS: The findings indicate that installing a membrane canopy during summer results in a temperature reduction of up to 4.7 °C, substantially improving thermal comfort conditions. Lightweight membrane canopies effectively cool the space beneath them and prevent ground overheating. According to previous researches and considering that there are two factors of high temperature and low humidity in the hot and dry climate of Semnan, the combined use of shade to reduce temperature and vegetation to increase humidity has a significant effect on thermal comfort in the hot and dry climate of the Semnan. This discrepancy is attributed to real-world conditions where wind, surrounding objects, and natural elements around the canopies disperse heat, and the flat plate strongly absorbs heat; however, in real conditions there are other objects around the canopies that reduce the intensity of heat. Although shade does not cool the ground, it

© 2023, JIAU. All rights reserved.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2023.262631.1596

OPEN ACCESS

* This article is derived from the first author`s master thesis entitled "The flexible lightweight membrane canopy design in order to provide thermal comfort in hot and dry climate ", supervised by the second and third authors and advised by the fourth, at Shahrood University of Technology.

** Corresponding Author:
Email: *sarkardehee@gmail.com*
Phone: +98(912)4738810

Extended ABSTRACT

effectively mitigates excessive heating. In the current simulations, the ground surrounding the canopy heats up to 70-80 °C, but temperatures are cooler under the canopy. If the lowest temperature under the canopy is the criterion, the saddle canopy is more suitable, and if the cooling capacity of the shade is important, the saddle canopy has performed better.

CONCLUSION: Lightweight membrane canopies cause temperature differences in hot and dry climates. The Ansys simulation results with the aim of investigating the effect of the membrane shade and determining the suitable form for the light membrane shade confirm that the membrane canopy cool the space under and prevent excessive ground overheating. Out of the four membrane canopy models available, namely the Simple, Conical, Umbrella, and Saddle designs, the Saddle canopy stands out with an effectiveness rate of 43.15% in the environment, demonstrating strong performance in creating a cooler space beneath it and can be considered the most suitable choice among the canopy models.

.....

HIGHLIGHTS:

- The effect of membrane canopy on creating thermal comfort in hot and dry climate.
- Using software simulation to check the effect of the membrane canopy.
- Investigating the performance of four lightweight membrane canopy models.

ACKNOWLEDGMENTS:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Jafarian, S.; Sarkardehee, E.; Monsefi Parapari, D.; Mojahedi, M., (2023). Simulation and evaluation of the impact of membrane canopies on outdoor thermal comfort in Semnan city. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*., 14(1): 5-19.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2023.262631.1596
https://www.isau.ir/article_173586.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران. دوره ۱۴. شماره ۱. صفحات ۱۹-۵. بهار و تابستان ۱۴۰۲

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

شبیه‌سازی و ارزیابی تأثیر سایه‌بان غشایی بر آسایش حرارتی فضای بیرونی در شهر سمنان*

سپیده جعفریان [۱]، الهام سرکرده‌ئی [۲]**، دانیال منصفی پراپری [۲]، محمدرضا مجاهدی [۳]

۱. کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۲. استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۳. استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۰۱/۰۵
تاریخ بازنگری ۱۴۰۰/۰۴/۱۵
تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۸/۱۴
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۲/۰۵/۱۵

واژگان کلیدی

سازه غشایی
آسایش حرارتی بیرونی
شبیه‌سازی
نرم‌افزار انسیس

چکیده

نیاز انسان به حضور در فضاهای باز و نقش تأثیرگذار اقلیم در فعالیت‌ها و رفتارهای شهری، توجه به آسایش حرارتی بیرونی را ضروری می‌سازد. در فضاهای باز شهری بویژه در اقلیم‌های گرم، کاربران بارهای حرارتی زیادی را تجربه می‌کنند، که باعث عدم آسایش حرارتی می‌شود. با کنترل تابش و سایه‌اندازی می‌توان آسایش حرارتی در فضای باز را بهبود بخشید. مسئله، ایجاد سایه و محافظت فضاهای باز از تنش‌های ناشی از افزایش بیش از حد دمای سطح زمین و محیط است. اهمیت سایه و کاهش تابش در دستیابی به آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری جهت افزایش حضور انسان، ایجاد خرد اقلیم و افزایش شرایط آسایش است. با شناخت عوامل ایجاد سایه مانند سایه‌بان‌ها می‌توان فضای باز مطلوبی ایجاد کرد. بدین منظور سازه‌های پارچه‌ای جدید برای مناطق با آب و هوای گرم بواسطه ایجاد سایه‌بان و تهویه طبیعی بسیار مناسبند. پژوهش حاضر با مطالعات کتابخانه‌ای و شبیه‌سازی در نرم‌افزارهای انویمت و انسیس تأثیر سایه‌بان غشایی سبک بر ایجاد آسایش حرارتی بیرونی در شهر سمنان با اقلیم گرم و خشک را بررسی می‌کند. طبق یافته‌ها وجود سایه‌بان غشایی در تابستان، تا ۴٫۷ درجه سلسیوس اختلاف درجه حرارت ایجاد می‌کند و شرایط آسایش حرارتی را بهبود می‌دهد. سایه‌بان غشایی سبب خنکی فضای زیرین خود شده و از گرمای بیش از حد زمین جلوگیری می‌کند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که سایه‌بان غشایی در اقلیم گرم و خشک سبب ایجاد اختلاف درجه حرارت می‌شود. از میان چهار مدل سایه‌بان غشایی ساده، مخروطی، چتری و زین‌اسبی، سایه‌بان زین اسبی با ۴۳٫۱۵٪ تأثیرگذاری در محیط دارای عملکرد مناسبی بوده و فضای خنک‌تری زیر سایه‌بان ایجاد می‌کند و مدل مناسب سایه‌بان غشایی است.

نکات شاخص

- تاثیرگذاری سایه‌بان غشایی بر ایجاد آسایش حرارتی در اقلیم گرم و خشک.
- استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزاری برای بررسی تاثیر سایه‌بان غشایی.
- بررسی عملکرد چهار مدل سایه‌بان غشایی سبک.

نحوه ارجاع به مقاله

جعفریان، سپیده؛ سرکرده‌ئی، الهام؛ منصفی پراپری، دانیال و مجاهدی، محمدرضا. (۱۴۰۲). شبیه‌سازی و ارزیابی تأثیر سایه‌بان غشایی بر آسایش حرارتی فضای بیرونی در شهر سمنان، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۴(۱)، ۵-۱۹.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده نخست با عنوان «طراحی سایه بان غشایی سبک انعطاف پذیر با هدف ایجاد آسایش حرارتی در اقلیم گرم و خشک» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده دوم و سوم مشاوره نویسنده چهارم در دانشگاه صنعتی شاهرود انجام گرفته است.

** نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۴۷۳۸۸۱۰
پست الکترونیک: sarkardehee@gmail.com

مقدمه

از مهم‌ترین عواملی که آسایش و سلامتی انسان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، شرایط آب و هوایی بوده (Beer & Higgins, 2002)، که یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده فعالیت روزانه و طولانی مدت زندگی انسان است (Halabian, 2008). منظور از شرایط آسایش، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد و انسان در آن احساس سرما یا گرما نکند. فضاهای باز عمومی در زندگی امروزی در برگیرنده بخش عظیمی از فعالیت‌های روزمره هستند. یک فضای باز موفق می‌تواند، مردم را به گذران اوقات و ایجاد زندگی در محیط شهری دعوت کند. ایجاد شرایط آسایش حرارتی فضای بیرونی می‌تواند باعث تشویق به پیاده‌روی در شهرها شده و بهبود سلامت عمومی و هوای پاک را به دنبال داشته باشد (Targhi & Van dessel, 2015). در فضاهای باز، سطح آسایش حرارتی افراد می‌تواند تحت تأثیر عواملی از جمله مصالح سطوح، وجود سایه‌بان، استفاده از فضای سبز و آبنما در محوطه قرار بگیرد (Givoni et al., 2003). سایه‌بان‌های مصنوع نسبت به سایه‌اندازهای طبیعی دارای مزایایی نظیر سایه قابل پیش بینی‌تر، سرعت احداث، محافظت در برابر باران و غیره هستند. امروزه کاربرد سایه‌بان در فضاهای عمومی گسترش یافته‌است؛ و تنها تعداد کمی از آن‌ها نتیجه مطلوبی دارد. به علاوه حضور این سایه‌بان‌ها در فضاهای باز شهری و محوطه‌های ساختمان‌ها نقش موثری در ایجاد بستر مناسب برای تداوم فعالیت‌های جمعی دارد.

از طرفی سایه‌بان پارچه‌ای یکی از قدیمی‌ترین شکل‌های پوشش سقف بوده و هزاران سال است که از نوع سنتی آن برای ساخت استفاده می‌شود. با این حال، سازه‌های پارچه‌ای مدرن با استفاده از مواد مصنوعی تنها حدود چهل سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازه‌های پارچه‌ای امکان ساخت شکل‌های قابل توجهی را دارند، که منحصر به فرد این نوع ساخت و سازهاست (Bridgens et al., 2005). سازه‌های غشایی سازه‌هایی بسیار نازک و انعطاف‌پذیر بوده و سختی غشایی کششی داشته و بسیار سبک هستند (Salvadori, 2014)، لذا در این پژوهش تأثیر سایه‌بان غشایی بر آسایش حرارتی فضای بیرونی در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است.

روش تحقیق

مطالعات پژوهش بصورت کتابخانه‌ای و مقایسه پارامترهای سایه‌بان با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز انسیس[1] انجام می‌شود. با توجه به ماهیت مطالعه و فرضیه‌ی مطرح شده، روش تحقیق و پژوهش بصورت کتابخانه‌ای، شبیه‌سازی است. هدف پژوهش بررسی تأثیر سایه‌بان در محیط، مستقل از پوشش گیاهی و آب می‌باشد. شکل ۱، فرایند پژوهش را نشان می‌دهد. بصورت دقیق‌تر و جزئی‌تر، پژوهش مورد نظر در مراحل زیر انجام می‌شود:

۱. مطالعات کتابخانه‌ای با استفاده از منابع و اسناد جهت شناسایی، گردآوری مطالعات و تحلیل منابع فارسی و غیرفارسی در زمینه‌ی آسایش حرارتی در فضای باز و سازه‌های غشایی سبک صورت می‌گیرد. در بخش مطالعات کتابخانه‌ای تحلیل اطلاعات، توصیفی و تحلیلی است.

۲. شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار انویمت[2] و انسیس صورت می‌گیرد. در نرم‌افزار انویمت شبیه‌سازی با هدف بررسی تأثیر سایه‌بان در محیط صورت می‌گیرد. در نرم‌افزار انسیس نیز چندین مدل رایج سایه‌بان، شبیه‌سازی و بررسی می‌شود و میزان تأثیر آن‌ها بر آسایش حرارتی در نظر گرفته می‌شود. در بخش شبیه‌سازی روش تحلیل و بررسی داده‌های پژوهش، قیاسی است. شبیه‌سازی درنرم‌افزار انویمت با موقعیت شهر سمنان و برای روزهای ۱۴ اردیبهشت (نزدیک شرایط آسایش)، ۱۸ خرداد (خارج از آسایش) و ۲۲ مرداد (یکی از گرم‌ترین روزهای تابستان و خارج از آسایش) سال ۱۳۹۹ انجام شد. خروجی شبیه‌سازی‌ها برای ساعت ۱۲ ظهر است.

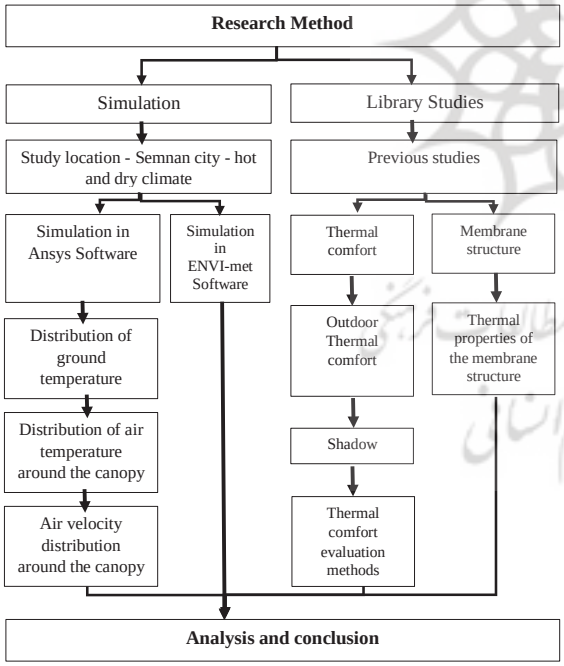

Fig. 1. Research structure

پیشینه تحقیق

در خصوص سایه‌اندازی و سایه‌بان‌های غشایی به عنوان یکی از عوامل ایجاد آسایش حرارتی در فضای باز، پژوهش‌هایی انجام گردیده که بطور خلاصه در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

در پژوهشی با عنوان، تأثیر سایه‌اندازی بر آسایش حرارتی طولانی مدت در فضای خارجی، این نتایج به دست آمد که سایه کم، باعث عدم آسایش

در تابستان و سایه زیاد، باعث عدم آسایش در زمستان می‌شود و برای بهبود آسایش حرارتی در تابستان، باید بوسیله درختان و ساختمان‌ها سایه کافی ایجاد شود، همچنین فضاهای خارجی نباید باعث ایجاد مناطقی با سایه زیاد شوند و باید به نیاز حرارتی افراد و خرداقلیم محلی در ایجاد فضاهای باز سایه‌دار توجه شود (Lin et al., 2010).

در پژوهشی با عنوان نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری (طراحی پیاده‌راه طمقاچی‌ها کاشان)، میزان تأثیرگذاری عناصر الحاقی نما، سایه‌بان، پوشش و سطوح آب به عنوان پرکاربردترین ابزار طراحی مؤثر بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در نواحی گرم و خشک بررسی گردید و این نتیجه بدست آمد که سایه‌بان و ترکیب سایه‌بان و سطوح آب دارای بیشترین تاثیرگذاری هستند (Ahmadpour Kolahroudi et al., 2017).

در پژوهش دیگری نیز آسایش حرارتی در پارک نوبهار کرمانشاه به وسیله شبیه‌سازی و پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که پارامتر متوسط دمای تابشی بر میزان آسایش حرارتی بسیار تأثیرگذار است (Jafari & Taban, 2017).

همچنین در پژوهش، ارزیابی تأثیر آسایش حرارتی بر رفتار مردم در محیط شهری (نمونه موردی: شهر بوشهر)، نتایج نشان داد که مردم برای رسیدن به آسایش حرارتی در بیشتر اوقات سال به سایه نیاز دارند و از جمله راهکارهای طراحی برای رسیدن به این نتیجه مطلوب در فضاهای شهری بوشهر، باید به ایجاد فضای سایه‌دار از طریق استفاده از سایه‌بان مصنوع، محصوریت فضا و درختان تنه بلند اشاره کرد (Taban & Majidi, 2018).

در پژوهش طراحی سایه در فضای باز نیز اهمیت تأمین سایه در مناطق گرمسیر به عنوان یکی از روش‌های موثر کاهش دما مورد بررسی قرار گرفت و روش طراحی سایه‌بان برای فضای باز با استفاده از روش نقاب سایه الگی در پنج مرحله تشریح و شناخت اقلیم محلی و شرایط آسایش انسان در طراحی سایه‌بان تاکید شد (Tahbaz, 2007).

در پژوهشی با عنوان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی محیط حرارتی در فضای ساخته شده زیر سازه غشایی، مطالعه‌ای در مورد خصوصیات محیط گرمایی تابستان در یک سازه غشایی واقعی در فضای زیر آن، با استفاده از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی انجام شد و انتقال خورشیدی یکی از عوامل اصلی بر محیط حرارتی زیر سازه غشایی در نظر گرفته شد (He & Hoyano, 2009) و در پژوهشی مشابه با عنوان اندازه‌گیری و ارزیابی خرداقلیم تابستان در فضای نیمه محصور در زیر سازه غشایی، مطالعه‌ای در مورد خرداقلیم تابستانی در یک سازه غشایی با فضای نیمه‌باز در زیر آن، با استفاده از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی انجام شد و کمیت‌های دما، سرعت هوا و رطوبت زیر غشا تعیین گردید (He & Hoyano, 2010).

در پژوهش بررسی تأثیر سازه پارچه‌ای کششی در فضاهای نیمه باز شهرهای گرمسیری، نیز نتایج نشان داد که اختلاف دمای قابل توجهی بین فضای بیرون و فضای نیمه باز منطقه مورد مطالعه وجود دارد و استفاده از ساختار کششی در فضای نیمه باز می‌تواند درجه حرارت را تا حد معینی کاهش دهد (Sultana & Bari, 2019).

همچنین پژوهش‌هایی در خصوص تأثیر فضاهای سبز شهری و رطوبت بر آسایش حرارتی انجام شده‌است. در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسایش حرارتی در پارک‌های منتخب تهران، مقایسه دمای شهری با میانگین دمای اندازه‌گیری شده در بوستان‌ها نشان داد که میانگین دمای بوستان‌ها کمتر از دمای هوای شهر هستند. این تفاوت حداکثر در برخی نقاط تا ۳٫۸ درجه می‌رسد. در مقایسه رطوبت بوستان و شهر، رطوبت نسبی بوستان‌ها در برخی نقاط تا ۱۶ درصد بالاتر از رطوبت شهری است (Monam, 2011).

در پژوهش اثر پوشش گیاهی، تراکم شهری، ارتفاع ساختمان و شرایط جوی بر دمای محلی و راحتی حرارتی؛ مطالعات انجام شده در شهر فلورانس تأثیر مناطق سبز را بر کاهش دمای هوا بین ۱٫۵ تا ۲ درجه در مقایسه با خیابان نشان داد (Perini & Magliocco, 2014). در پژوهش دیگری نیز مشخص گردید پارک‌های شهری ۱ تا ۲ درجه و بعضی اوقات ۵ تا ۷ درجه سانتیگراد خنک‌تر از محیط‌های شهری هستند و در مقابل جزیره گرمایی شهری، تشکیل جزیره سرمایی می‌دهند (Cao et al., 2010).

در پژوهشی با عنوان سنجش میزان تأثیر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی عابر پیاده، با استفاده از انویمت تأثیر پوشش گیاهی بررسی شده و این نتیجه بدست آمده که سایه درختان از عوامل کلیدی در کاهش دمای هوا در تابستان است (Kara-mi Rad et al., 2017).

مبانی نظری

سازه غشایی

سازه پارچه‌ای، غشایی است یکپارچه و نازک که می‌تواند بارهای وارده را تحت کشش تحمل کند و معمولاً بوسیله یک ستون یا قوسی فشاری نگه داشته می‌شود. چادر نوعی متفاوت از سازه کابلی با انحنای مضاعف است که در آن فاصله بین کابل‌ها کاهش یافته و به صفر رسیده و سطح آن یک پوسته پیوسته شده‌است. این سطوح با حداقل مساحت کارایی زیادی داشته و از بسیاری سیستم‌های دیگر به مصالح کمتری نیاز دارند (Moore, 2013; Go-labchi et al., 2015). سازه‌های غشایی به دلیل رفتار کششی خالص در برابر نیروها، زیرمجموعه‌ای از گروه سازه‌های کششی؛ به علت هندسه فضایی

سه بعدی به خانواده سازه‌های فضاکار و همزمان به خاطر سبکی وزن در گروه سازه‌های سبک قرار می‌گیرند (Mohammadi & Asadollahi, 2015).

سازه‌های چادری می‌توانند از غشاهای پارچه‌ای ساخته شوند، یا سطحی باشند که بوسیله یک شبکه کابلی شکل گرفته‌است. غشاهای پارچه‌ای همزمان سازه و پوشش مقاوم در برابر بارهای وارده و شرایط جوی را تأمین می‌کنند (Golabchi et al., 2015)، یعنی در سازه‌های چادری فرم معماری و عملکرد سازه‌ای یکی است. در این سازه از ستون‌های مرکزی به عنوان تکیه‌گاه استفاده می‌شود ولی ممکن است از قوس‌ها یا سازه‌های ترکیبی فشاری نیز برای تأمین تکیه‌گاه عمودی استفاده شود. کابل‌های زنجیرواره می‌توانند در کنار ستون‌ها برای نگهداری خطالرأس چادرها در چندین نقطه بطور معلق طراحی شوند (Moore, 2013).

دو نوع از سازه‌های چادری شکل گرفته بر پایه ماهیت تنش‌های داخلی، وجود دارد. شبکه‌های کابلی یا غشاهای منحنی شکل که فقط با وزن خود کشیده می‌شوند؛ صندلی گهواره‌ای به این گروه تعلق دارد، و شبکه‌های کابلی یا غشاهای پیش تنیده که برای تحمل بارهای خارجی مانند برف و باد از قبل تحت کشش قرارگرفته‌اند؛ چتر به این گروه تعلق دارد. چادرها ممکن است اشکال متنوعی مانند تک‌انحنایی، سین‌کلاستیک، آنتی‌کلاستیک به خود بگیرند (Golabchi et al., 2015).

ویژگی حرارتی سازه‌های غشایی

حفاظت حرارتی از فضای تحت پوشش سازه‌های غشایی به دلیل ضخامت نازک آن‌ها، مشکل بزرگی است (Kostic et al., 2018). سازه غشایی سبک و نازک بوده و ظرفیت حرارتی بسیار کمی دارد. اغلب ارتفاع زیاد سقف غشایی نیز موجب تجمع هوای گرم شناور در نقاط مرتفع سازه و تشکیل لایه‌های خنک‌تر در مناطق پایین می‌شود. هوای گرم در سطوح بالا می‌تواند از طریق منافذ سطح بالایی تخلیه شود و یک جریان هوای خنک‌کننده در منطقه ساکن پایین توسط اثر دودکشی ایجاد کند (Wilson et al., 2007).

غشاهای پارچه‌ای نازک در پاسخ به تغییرات دمای خارجی یا نورخورشید می‌توانند تغییر درجه حرارت سریعی را تجربه کنند، بنابراین دمای هوا در فضای داخلی، بسته به همجواری با سطوح دارای دماهای مختلف، می‌توانند تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. در روزهای آفتابی، درجه حرارت سطح سقف پارچه‌ای، بسیار بیشتر از سطح کف زیرین خود خواهد بود. این عامل همراه با تمایل هوای گرم به بالا آمدن و طبقه طبقه شدن مستقیم آن در زیر پارچه -در ناحیه‌ای بالاتر از سر استفاده‌کنندگان- منجر به افت دمای ۵ درجه سانتیگراد یا بیشتر میان ترازهای بالایی و پایینی داخل فضا می‌شود. این رفتار ممکن است در اقلیم‌های آفتابی و گرم با وجود میزان عایق‌بندی کم پارچه‌ها بطور باورنکردنی منجر به سطح آسایش بالایی در زیر سقف‌های پارچه‌ای شود (Golabchi et al., 2011).

پوشش اکثر مواد غشایی بازتاب بالایی از تابش خورشیدی (بین ۶۵٪ تا ۸۰٪) دارد و می‌توان از آن‌ها برای سایه‌اندازی مؤثر در فضا استفاده کرد. همراه توانایی آن‌ها برای پوشاندن فضاهای بزرگ با حداقل امکانات، سازه‌های غشایی بویژه برای سایه‌اندازی مناسبند (Forester & Mollaert, 2004).

آسایش حرارتی

هوپ آسایش حرارتی را در سه رویکرد تعریف می‌کند: روانشناختی؛ تعریف روانشناختی بر دیدگاه اشری تاکید دارد و شرایطی از ذهن که رضایتمندی از محیط حرارتی را بیان می‌کند معیار قرار می‌دهد، حرارتی- فیزیولوژیکی؛ این تعریف بر اساس خروج حرارت از گیرنده‌های حرارتی در پوست و هیپوتالاموس است، طبق این تعریف آسایش حرارتی کمترین میزان اخطار عصبی ساطع شده از این گیرنده‌هاست و سوم بر مبنای تعادل حرارتی بدن انسان (Mottaghipishe, 2013). طبق تعریف وات وقتی اغلب مردم احساس آسایش حرارتی می‌کنند که بدن آن‌ها در شرایطی باشد که نیاز به دفع حرارت و جذب حرارت نداشته باشد. بطور کلی آسایش حرارتی به هشت عامل: دمای هوا، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا، تابش از جداره‌های داخلی فضا (دمای متوسط تشعشعی)، انسان (سن، جنس)، نوع فعالیت و نوع پوشش انسان، وابسته است (Ghiabaklou, 2015).

آسایش حرارتی بیرونی

زندگی جمعی در عرصه‌هایی مانند فضاهای باز و معابر جریان دارد، بسیاری از فعالیت‌های مردم نیز در فضاهای باز، در فصول مناسب سال صورت می‌گیرد، حال آن که در اوقات گرم بویژه در اقلیم گرم و خشک، مردم نمی‌توانند از این امکان استفاده کنند، تابش مستقیم آفتاب و دمای شدید هوا باعث بهره کمتر مردم از فضاهای شهری و ترجیح آن‌ها به پناه درون بناها برای کسب آسایش حرارتی شده‌است. بنابراین آسایش حرارتی بیرونی از عوامل مهم در فرآیند طراحی فضاهای باز شهری است، با توجه به این مسئله می‌توان با افزایش کیفیت فضاهای باز شهری، استفاده کاربران از فضاهای شهری را افزایش داده و شادابی و سرزندگی را برای شهر به ارمغان آورد (Heidari, 2012; Tahbaz et al., 2014). فضای باز عمومی که نتواند شرایط آسایش کاربران را فراهم کند، کمتر استفاده و حتی از آن اجتناب می‌شود (Lenzholzer, 2012). بالا بودن درجه حرارت در نواحی انسان ساخت بویژه در نواحی گرم و خشک لزوم توجه به آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری را در این مناطق دو چندان می‌کند (Ahmadpourkolahroudi et al., 2017). آسایش حرارتی در فضای بیرونی علاوه

بر شرایط اقلیمی، متأثر از محیط ساخته شده اطراف، پوشش سطح زمین، تبخیر و تعرق گیاهان و سایه ایجاد شده توسط عوامل طبیعی و مصنوعی است (Mahmoudi et al., 2010). تأمین آسایش در فضاهای باز بیش از فضاهای بسته وابسته به شناخت شرایط اقلیمی و محیطی است زیرا در فضاهای داخلی با استفاده از تجهیزات مکانیکی تحت هر شرایطی، اگرچه با صرف هزینه و انرژی بیشتر، بطور مصنوعی شرایط آسایش فراهم می‌شود ولی در فضاهای باز این امکان وجود ندارد (Tahbaz, 2007). جدول ۱، عوامل موثر بر آسایش حرارتی بیرونی را نشان می‌دهد.

Table 1. Factors affecting outdoor thermal comfort

Environmental factors	1- Relative humidity 2-Air Temperature 3- Average radiant temperature 4- Earth surface temperature 5- Spherical temperature 6- wind speed
Human factors	1-Age 2-Gender 3-Height 4-Weight 5- Clothing rates 6- Activity rate
Design factors	1-Location of buildings and soft and hard elements 2-Vegetation (climate control, increasing humidity, shading) 3-Artificial elements of urban spaces Materials

(Heidari & Monam, 2013; Ranjbaran, 2014)

سایه

اولین روش تعدیل حرارتی در شهر، استفاده از سایه است. اگر سایه‌اندازی مناسب بوجود نیاید، افراد در معرض تابش مستقیم آفتاب، بازتابش آسمان و بازتابش کف گرم خیابان‌ها و پیاده‌روها خواهند بود، برای سایه‌اندازی شهری می‌توان از درختان، گیاهان، سقف‌های سبک و نازک استفاده کرد (Heidari, 2012)، در نقاط مختلف جهان به دلایل اقلیمی مانند تابش زیاد یا بارش زیاد باران یا برف، فضاهای باز را برای افزایش بهره‌وری می‌پوشانند. در کشورهایی با اقلیم گرم و خشک، بیشتر از سایه‌بان‌های چادری برای کاهش تابش شدید آفتاب استفاده می‌شود (Khakighasr, 2016). در مناطق گرمسیری، نیاز به سایه و کوران هوا مهمترین عواملی هستندکه سبب خلق راهکارهای معماری برای تأمین شرایط آسایش حرارتی شده‌اند (Taban et al., 2012). یکی از ویژگی‌های مناطق گرمسیر، وجود آسمان صاف و تابش شدید خورشید در اکثر مواقع سال است. در این شرایط ایجاد سایه در فضاهای باز و معابر یکی از عوامل بسیار موثر در خنک سازی محیط و کاهش دمای هوا در دوره‌های گرم است (Tahbaz, 2007).

روش‌های ارزیابی آسایش حرارتی

پرسشنامه آسایش حرارتی در فضا به همراه اندازه‌گیری میدانی

این روش شامل توزیع پرسشنامه در میان تعداد زیادی از افراد در محدوده مطالعه و در طول زمان داده‌برداری با اندازه‌گیری همزمان چهار پارامتر اصلی خرد اقلیم شامل سرعت باد، دمای هوا، رطوبت و دمای متوسط تشعشعی[۳] است (Lin et al., 2010). نتایج نهایی با تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی ذهنی افراد به همراه مقادیر ثبت شده، استنباط می‌شود. ضعف این روش نشان دادن اثر محیط آب و هوایی در حال تغییر بر روی احساس حرارتی فرد است (Cheng et al., 2011)، کمبود کنترل بر پارامترهای خرد اقلیم و انتخاب تصادفی داوطلبان از دیگر مشکلات این روش است.

روش طولی

این روش از نظر ثبت پارامترهای خرد اقلیمی مانند روش قبل است اما در ارزیابی ذهنی افراد تفاوت دارد، به این صورت که انتخاب داوطلبان بصورت تصادفی نبوده بلکه آن‌ها از قبل انتخاب شده‌اند. مشکل این روش این است که شرکت کنندگان در این روش بعد از اولین بار که به پرسش‌ها پاسخ دادند با سوالات آشنا می‌شوند به این ترتیب دقت پاسخ آن‌ها در مورد آسایش حرارتی در شرایط مختلف هر دفعه کاهش می‌یابد به علاوه افراد مختلف (بر اساس سن، جنس، ملیت و غیره) شرایط حرارتی یک مکان مشخص را به درستی انعکاس نمی‌دهند (Cheng et al., 2011).

شبیه‌سازی با نرم افزار و محاسبات

این روش بر پایه شبیه‌سازی محاسباتی با استفاده از نرم‌افزار است. به این صورت که پارامترهای محیطی و اطلاعات مربوط به درختان، ساختمان‌ها، ابر و غیره وارد می‌شود. بنابراین نرم‌افزار شرایط حرارتی منطقه مورد مطالعه را با استفاده از شاخص‌های حرارتی تخمین می‌زند.

محدوده مورد مطالعه

شهر سمنان با حداقل طول شرقی جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و حداقل عرض شمالی جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه، در استان سمنان واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۲۷ متر است. سمنان واقع در فلات مرکزی ایران و دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و جز مناطق کم باران بوده و رطوبت هوای آن نیز بسیار کم است. شهر سمنان در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور دارای آب و هوای گرم و دارای بیشترین ساعات آفتابی و در ماه فروردین هم در روزها نیازمند سایه است؛ در نتیجه لزوم وجود سایه‌بان در ۶ ماه از سال دیده می‌شود. در سمنان دو عامل دمای زیاد هوا و رطوبت بسیار کم وجود دارد؛ اما در پژوهش حاضر بر روی عامل دما کار شده‌است. نمودار الگی شهر سمنان نیز مطابق با شکل ۲ بوده و نشان می‌دهد که، حدود تغییرات دما و رطوبت هوای سمنان در طول سال بسیار زیاد است به طوری که شرایط حرارتی

در فصل زمستان فاصله بسیار زیادی با حد پایین منطقه آسایش و شرایط حرارتی در فصل تابستان، فاصله زیادی با حد بالای منطقه آسایش دارد؛ همچنین ماه‌های فروردین و مهر در منطقه آسایش، ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند زیر منطقه آسایش و ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور بالای منطقه آسایش قرار دارند (Kasmaee, 2000). شکل ۳ و ۴ به ترتیب، نمودار سایکرومتریک و نمودار دمایی- رطوبتی شهر سمنان را بر اساس داده‌های هواشناسی نشان می‌دهند.

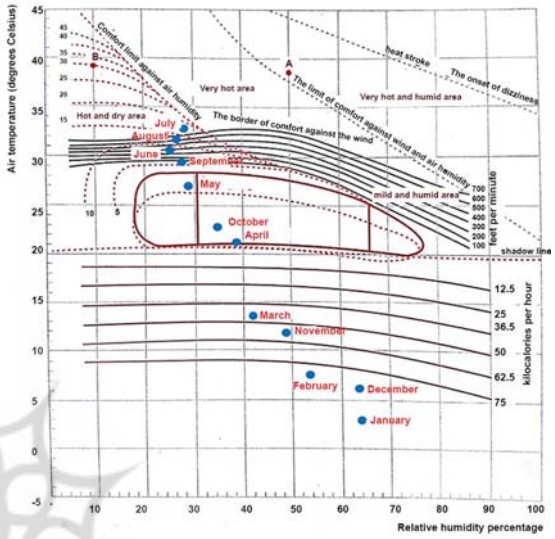

Fig. 2. Semnan Olgyay bioclimatic chart

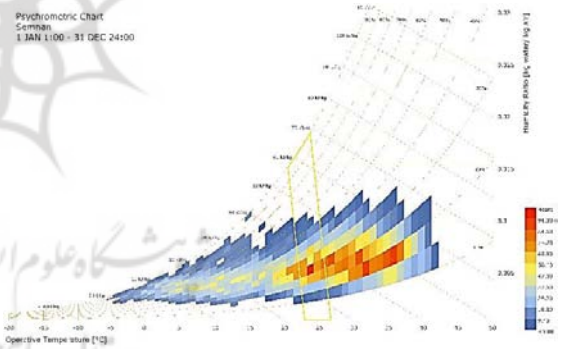

Fig. 3. Semnan Psychrometric chart

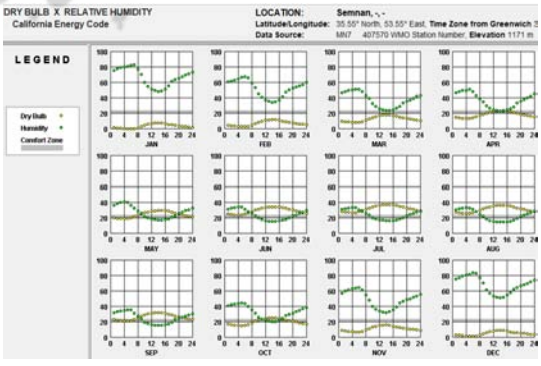

Fig. 4. Semnan temperature-humidity chart
(dry bulb temperature and relative humidity)

شبیه‌سازی

امروزه شبیه‌سازی به عنوان روشی متداول در بررسی رفتار عوامل گوناگون بر میزان مصرف انرژی مورد استفاده محققان قرار گرفته، شبیه‌سازی حرارتی یکی از روش‌های مناسب جهت پیش‌بینی رفتار حرارتی و نمودی از واقعیت است که بوسیله آن اثر تغییر پارامترها بدون این که در عمل نیاز به آزمایش باشد، بررسی می‌شود. شبیه‌سازی انرژی در محیط شهری می‌تواند با دو هدف عمده تحلیل آسایش حرارتی خرداقلیم و یا تأثیر خرداقلیم شهری بر مصرف انرژی ساختمان انجام شود (Vakilinezhad, 2020). منبع داده‌های آب و هوایی سایت هواشناسی سمنان است. جهت اطمینان و تعمیم موضوع از دو نرم‌افزار استفاده شده‌است.

اعتبارسنجی نتایج نرم‌افزارها

پس از انجام هر شبیه‌سازی تعیین میزان صحت نتایج و تطابق آن‌ها با واقعیت ضروری است. به طورکلی، صحت نتایج به دو عامل انجام صحیح محاسبات با نرم‌افزار و نیز صحت اطلاعات ورودی توسط کاربر بستگی دارد. از آنجا که مدلسازی دقیق و مطابق با واقعیت میسر نیست، انجام اعتبارسنجی برای بررسی صحت نتایج الزامی است. سه روش کلی اعتباربخشی تجربی، تحلیلی و مقایسه‌ای برای سنجش نتایج شبیه‌سازی انرژی وجود دارد.

اعتبارسنجی نتایج نرم‌افزار انویمت

به منظور اعتبارسنجی مدل استفاده شده، نمودار رگرسیون خطی دما و رطوبت‌نسبی در یک روز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌است. نمودار رگرسیون خطی دمای این روز به صورت جداگانه ترسیم و ضریب R^2 محاسبه گردید. در اصطلاح به ضریب R^2، ضریب تعیین می‌گویند که نشان می‌دهد چند درصد از متغیر وابسته توسط متغیر مستقل تعریف می‌شود. مقدار ضریب R^2، باید بالای ۰,۷ باشد تا مورد قبول واقع شود. با توجه به شکل ۵ که رگرسیون خطی دما است، مقدار ضریب R^2 برابر با ۰,۸۶ به دست آمد که نشان می‌دهد ۸۶ درصد از دمای اندازه‌گیری شده توسط دمای شبیه‌سازی شده، تعریف می‌گردد که مقدار قابل قبولی است. بنابراین این مقایسه تأییدکننده دقت اطلاعات مستخرج از شبیه‌سازی نرم‌افزار انویمت است.

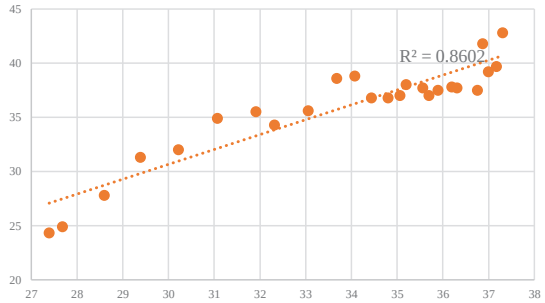

Fig. 5. Canopies comparison

اعتبارسنجی نتایج نرم‌افزار انسیس

نرم‌افزار انسیس فلوئنت، بسیار قابل اعتماد و دقیق است که در سال‌های اخیر بسیار مورد استفاده دانشجویان رشته معماری و مکانیک بوده

است (ANSYS, 2020). در پژوهشی در سال ۲۰۱۸ با نرم‌افزار انسیس، نتایج نشان داد که انسیس بهترین پیش‌بینی جریان هوا را در سایه‌بان‌های شهری فراهم می‌کند (Nardecchia et al., 2018). در اعتبارسنجی پژوهش دیگری در سال ۲۰۱۸ با نرم‌افزار انسیس، نتیجه خطا ۰.۳ درصد به دست آمد، که نشان‌دهنده کمترین انحراف بین داده‌های تجربی و نتایج تولیدشده توسط نرم‌افزار بوده و اعتبار آن را تأیید می‌کند (Román-Roldán et al., 2018). در پژوهش حاضر نیز تحلیل‌های انجام‌شده با نرم‌افزار انسیس با نتایج حاصل از سایر نرم‌افزارهای پژوهش هماهنگ بوده و یکدیگر را تأیید می‌کنند.

یافته‌های پژوهش

شبیه‌سازی در نرم‌افزار انویمت

تنظیمات شبیه‌سازی در نرم‌افزار انویمت، مطابق جدول ۲ است.

Table 2. Software setting in ENVI-met

x-grids, y-grids, z-grids	**50*50*12**
dx, dy, dz (m)	dx=0.5, dy=0.5, dz=3
Model dimensions (m)	25*25*36
Nesting grid	0
Soil Profiles	Loamy soil
Material	Default wall- Moderate insulation
Top of building or element (m)	3
Bottom of building or element (m)	2.7

طبق جدول ۳، نتایج شبیه‌سازی در انویمت نشان می‌دهد که با قرار دادن سایه‌بان در محیط تغییرات مثبتی در پارامترهای اقلیمی نسبت به محیط مرجع (بدون سایه‌بان) ایجاد می‌شود که نشان دهنده تأثیر وجود سایه‌بان در محیط است. در شهر سمنان در اردیبهشت ماه تقریباً شرایط نزدیک آسایش است و این نشان‌دهنده لزوم استفاده از سایه‌بان در فضای باز شهر سمنان از اواسط اردیبهشت ماه به بعد است. در ۲۲ مرداد، قرار دادن سایه‌بان با ابعاد ۴ متر در ۴ متر در محیط دمای هوا را ۴,۷ درجه سلسیوس کاهش می‌دهد. مقدار شاخص دمای معادل فیزیولوژیک[۴] (PET) در این روز، در محیط مرجع قبل از قرار دادن سایه‌بان ۵۲,۶ درجه سلسیوس و پس از قرار دادن سایه‌بان ۴۸ درجه است. بنابراین سایه‌بان به تنهایی سبب کاهش دمای محیط می‌شود، اما شاخص PET نشان می‌دهد که این کاهش دما به تنهایی برای رسیدن به آسایش حرارتی در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان کافی نیست. همانطور که مشاهده می‌شود در سمنان در تابستان دما زیاد و رطوبت کم است. این شبیه‌سازی‌ها مستقل از پوشش گیاهی و آب، بر روی عامل دما انجام شده‌است، بنابراین و طبق نتایج سایر پژوهش‌ها، که نشان دهنده تأثیر پوشش گیاهی بر کاهش دما و افزایش رطوبت است می‌توان نتیجه گرفت، استفاده ترکیبی از سایه‌بان و پوشش گیاهی در اقلیم گرم و خشک سمنان بر آسایش حرارتی موثرتر خواهد بود.

شبیه‌سازی در نرم‌افزار انسیس

سایه‌بان‌های غشایی مختلفی از جمله سایه‌بان تیزه و دره، ساده، قوسی، مخروطی، مخروطی معکوس، چتری، زین اسبی، طره‌ای و غیره وجود دارد؛ که برای شبیه‌سازی با نرم‌افزار ANSYS workbench 2019 R1 و ماژول CFX چهار مدل رایج سایه‌بان با مشخصات جدول ۴، انتخاب شدند.

Table 3. Results of canopy climatic parameters simulated in ENVI-met

Date		Air Temperature	Relative humidity	Wind speed	PET
August 13	**Reference Environment**	40.4	26	2.5	52.6
	Canopy 4x4	35.7	13.8	1.4	48
June 8	**Reference Environment**	32	32	3.3	4.5
	Canopy 4x4	28.6	19.4	1.7	38.7
May 4	**Reference Environment**	23.4	57	3.1	28
	Canopy 4x4	20	33.1	1.7	26.7

Table 4. Characteristics of simulated canopies in Ansys

Canopy	Canopy Size	Useful height under the canopy (H)	Overall height of canopy (Z)	Picture
Simple canopy	4x4	**2.70**	**2.70**	
Conical canopy	4x4	**2.70**	**4.30**	
Saddle canopy	4x4	**2.70**	**3.30**	
umbrella canopy	4x4	**2.70**	**4.50**	

جنس غشای سایه‌بان‌ها از پارچه و سازه آن‌ها فلزی است. ارتفاع مفید و ابعاد کلی سایه‌بان‌ها در همه موارد یکسان است. شبیه‌سازی برای یکی از گرم‌ترین روزهای سال در اواسط تیر ماه (۱۵ تیر)، در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان، با دمای محیط ۴۰ درجه انجام شده و نتایج شبیه‌سازی برای ساعت ۱۲ ظهر است. شرط مرزی سطح فوقانی دامنه حل باز در نظر گرفته شده و هوا قابلیت رفت و آمد با فشار نسبی صفر و دمای ۴۰ درجه دارد و شار تشعشع خورشید ۱۰۰۰ وات بر مترمربع در نظر گرفته شده، در شکل ۶ بخشی از این تنظیمات قابل مشاهده است. تعداد سلول‌ها ۲۰۴۹۲۰۶ و اندازه هر سلول ۳ سانتی‌متر است. اندازه المان‌ها به اندازه‌ای کوچک در نظرگرفته شده‌اند که با کوچکتر کردن سایز المان‌ها دیگر تغییر و تأثیری در نتایج مشاهده نخواهد شد.

شرایط مرزی سطوح سایه‌بان و زمین، دیوار بدون لغزش و عایق در نظر گرفته شده‌است. در شبیه‌سازی برای حالت وزش باد، یک وجه inlet بوده که سرعت یکنواخت برای آن تعریف شده‌است و سایر وجوه باز هستند که با حل و تکرار شبیه‌سازی مقدار هوای خروجی از هر وجه و سطح به دست می‌آید. پروفیل وزش باد به علت لایه مرزی یکنواخت نیست؛ یعنی سرعت هوا نزدیک زمین خیلی کم بوده (سرعت هوای مجاور زمین صفر است) و با فاصله گرفتن از زمین بیشتر می‌شود، این موضوع باعث گرادیان سرعت نسبت به ارتفاع می‌شود به همین دلیل مرز inlet جریان هوای ورودی باید ۵ برابر طول جسم، از جسم فاصله داشته باشد تا جریان هوا هنگام رسیدن به جسم پروفیل واقعی خود را بیابد. سرعت باد ورودی ۲,۵ متر بر ثانیه می‌باشد.

در مورد مصالح مورد استفاده در شبیه‌سازی‌ها نیز باید بیان نمود که در همه حالات شبیه‌سازی مصالح سایه‌بان‌ها یکسان و عایق و همچنین زمین نیز عایق در نظر گرفته شده‌است، یعنی حرارت قابل نفوذ به زمین نمی‌باشد پس جنس مصالح زمین مورد نظر نیست؛ این فرض تا حدی واقعیت ندارد چون با تابش به زمین و گرم شدن سطح زمین، شار حرارتی تا حدی به داخل زمین نفوذ کرده و سطح زمین از نتایج به دست آمده خنک‌تر خواهد بود.

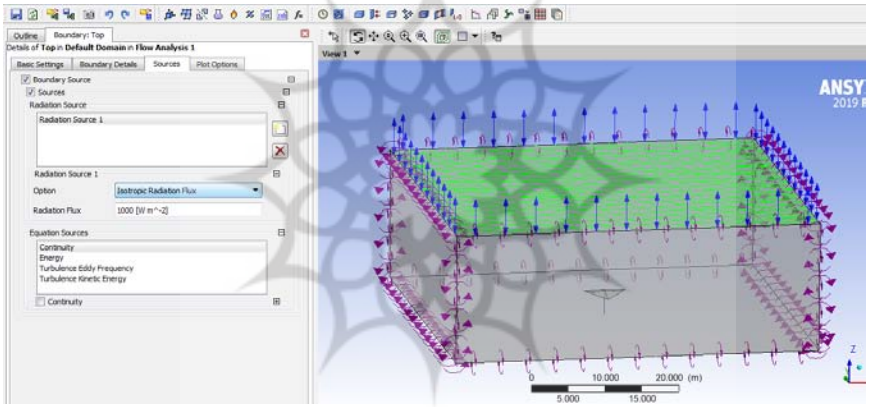

Fig. 6. Part of ANSYS software settings

توزیع دمای زمین اطراف سایه‌بان‌ها

در شکل ۷، توزیع دمای زمین اطراف سایه‌بان‌ها در حالت وزش باد و شار تابش ۱۰۰۰ وات بر مترمربع مشاهده می‌شود. میانگین سرعت باد در فصول گرم سمنان ۲,۵ متر بر ثانیه و دمای هوای محیط ۴۰ درجه سلسیوس در نظرگرفته شده است. در این حالت در نبود سایه‌بان دمای زمین به ۸۳ درجه سلسیوس خواهدرسید. طبق جدول ۵ و شکل ۸، سایه‌بان زین‌اسبی در محدوده وسیع‌تری نسبت به سایر سایه‌بان‌ها کاهش دما داشته‌است.

در نتایج شبیه‌سازی‌ها مشاهده می‌شود که دماهای خروجی در هر حالت از دمای ورودی محیط (۴۰ درجه) بیشتر شده است؛ علت این است که در شرایط واقعی قطعاً وزش باد وجود دارد، اطراف سایه‌بان‌ها در شبیه‌سازی هیچ شی، درخت یا چیز دیگری نیست و صفحه مسطح به شدت گرما را جذب می‌کند اما در شرایط واقعی اطراف سایه‌بان اجسام دیگری وجود دارند که از شدت حرارت می‌کاهند. سایه‌بان باعث خنک شدن زمین نمی‌شود بلکه از گرمای بیش از حد جلوگیری می‌کند، در شبیه‌سازی حاضر زمین اطراف سایه‌بان تا ۷۰ الی ۸۰ درجه گرم شده اما زیر سایه‌بان خنک‌تر است. از مقایسه نتایج جدول ۵ و شکل ۸ برداشت می‌شود که چنانچه کمترین دمای زیر سایه‌بان معیار باشد، سایه‌بان زین‌اسبی مناسب‌تر است و چنانچه وسعت خنک‌کاری سایه‌بان اهمیت داشته باشد، باز هم سایه‌بان زین اسبی بهتر عمل کرده‌است.

توزیع دمای هوای اطراف سایه‌بان‌ها

نتایج توزیع دمای هوای اطراف هر یک از سایه‌بان‌ها، در شکل ۹ نشان داده شده است. با توجه به نتایج شبیه‌سازی دمای هوا زیر سایه‌بان زین‌اسبی از سایر سایه‌بان‌ها کمتر است. به طور کلی سایه‌بان زین‌اسبی در محدوده وسیع‌تری تأثیرگذار است. سایه‌بان مخروطی بهتر از سایه‌بان ساده است، چرا که دمای هوای زیر سایه‌بان ساده کمی بالاتر است. اما در حالت مخروطی به علت مرتفع بودن سقف نسبت به حالت ساده کمی دما

پایین‌تر بوده و به علت انحنای سطح فوقانی هوای گرم راحت‌تر قابلیت فرار دارد؛ و هوای گرم در نقطه فوقانی جمع می‌شود. همچنین سایه‌بان زین اسبی بهتر از سایه‌بان چتری است، دمای هوای زیر سایه‌بان زین اسبی کمتر از سایه‌بان چتری بوده و سایه‌بان زین‌اسبی در محدوده وسیع‌تری تأثیر می‌گذارد.

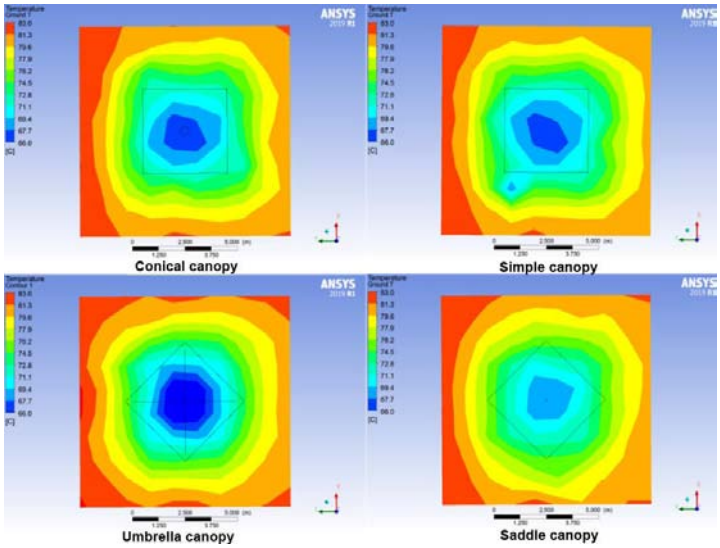

Fig. 7. Earth temperature distribution around canopies

Table 5. Compare the temperature of the earth and the effect of each of canopies

Canopy	The average temperature of the ground under the canopy (C)	The percentage of impact on the environment	The lowest temperature of the ground surface under the canopy locally (C)
Simple canopy	48.22	41.90%	45.41
Conical canopy	48.33	41.77%	45.48
umbrella canopy	47.28	43.03%	45.15
saddle canopy	47.18	43.15%	45.05

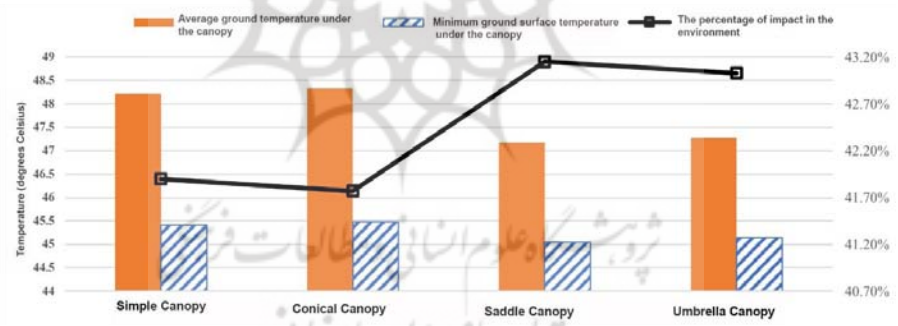

Fig. 8. Canopies comparison

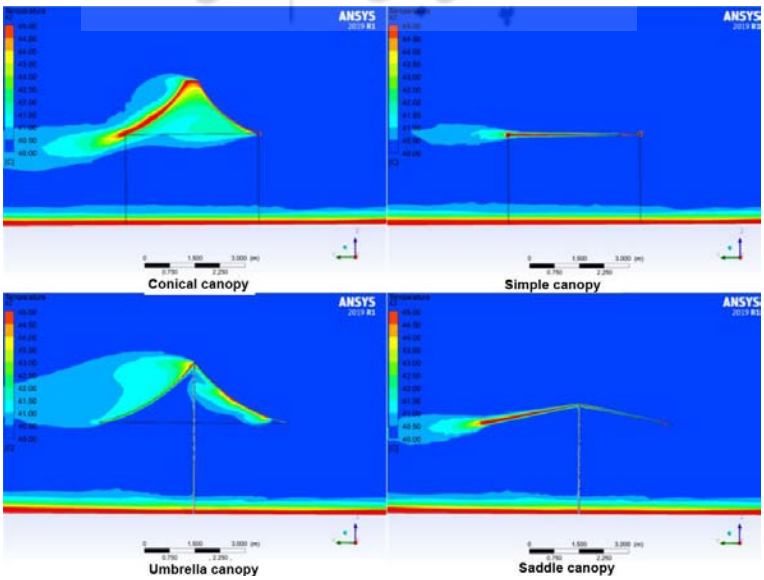

Fig. 9. Air temperature distribution around canopies

سرعت هوای اطراف سایه‌بان‌ها

در شکل ۱۰، بردار سرعت هوای اطراف سایه‌بان‌ها نشان داده شده است. با توجه به آن، بردار سرعت هوای اطراف سایه‌بان‌ها، سرعت جریان هوای ایجاد شده زیر سایه‌بان ساده بیشتر از همه و در سایه‌بان چتری کمتر از سایر حالات است. شکل ۱۱ مقطع کانتور سرعت، شکل ۱۲ کانتور سرعت هوای اطراف سایه‌بان‌ها در ارتفاع ۱,۵ متری و شکل ۱۳، کانتور سرعت هوای اطراف سایه‌بان‌ها در ارتفاع ۲ متری است، که سرعت باد در نقاط مرزی را نیز نشان می‌دهد. بنابر شکل ۱۰ سرعت جریان هوا زیر سایه‌بان ساده بیشتر از سایر حالات است. طبق کانتورهای سرعت هوای زیر سایه‌بان در ارتفاع ۱,۵ متری، سایه‌بان چتری دارای بیشترین و سایه‌بان زین‌اسبی دارای کمترین سرعت است و در ارتفاع ۲ متری، در سایه‌بان ساده سرعت جریان هوا از سایر حالات بیشتر و سایه‌بان زین‌اسبی کمتر از سایر حالات است.

علت افزایش سرعت باد در بعضی نقاط اطراف سایه‌بان به دلیل آیرودینامیک است. در هندسه بعضی سایه‌بان‌ها انحنا وجود دارد که این امر سبب می‌شود سرعت جریان سیال عبوری از روی انحنای سایه‌بان از سرعت جریان سیال یکنواخت ورودی که ۲,۵ متر بر ثانیه بوده، بیشتر شود.

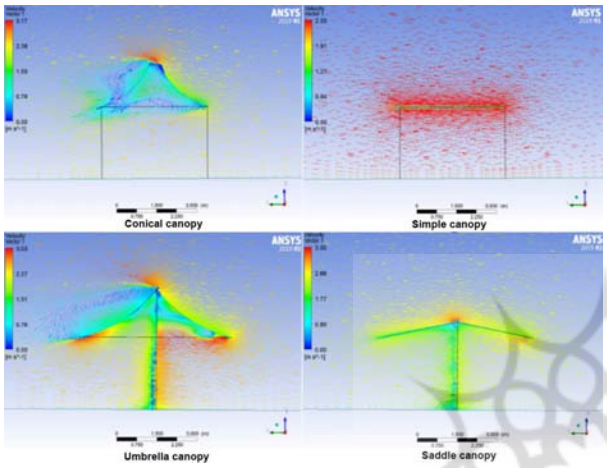

Fig. 10. Air velocity vector around the canopies

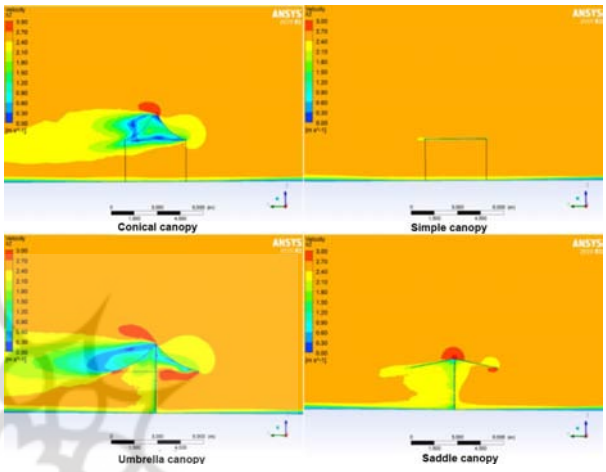

Fig. 11. Air velocity contour around the canopies

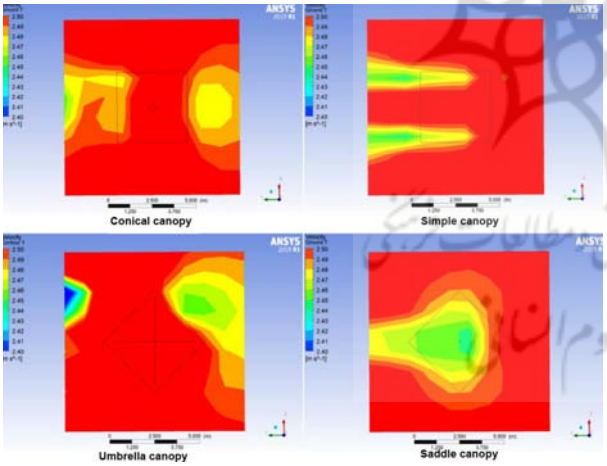

Fig. 12. Air velocity contour around the canopies at the height of 1.5 m

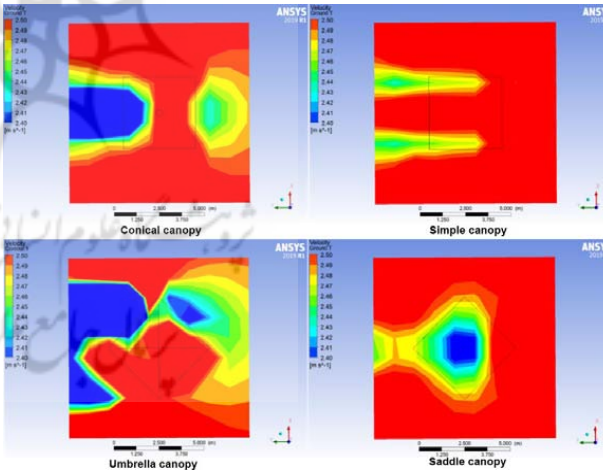

Fig. 13. Air velocity contour around the canopies at the height of 2 m

مقایسه کلی نتایج سایه‌بان‌ها

جدول ۶ نتایج کلی حاصل از شبیه‌سازی انسیس را برای هر یک از حالات سایه‌بان‌ها نشان می‌دهد. طبق این نتایج بطور کلی سایه‌بان زین اسبی نسبت به سایر حالات دارای عملکرد بهتری بوده‌اند. دمای زمین و هوای اطراف سایه‌بان زین اسبی نیز از سایر موارد کمتر بوده‌است.

بحث و نتیجه‌گیری

در اقلیم گرم و خشک به دلیل گرمای زیاد، وجود آسمان صاف، تابش شدید خورشید، کمبود پوشش گیاهی و همچنین نداشتن سایه، شرایط آسایش حرارتی در فضای بیرونی بصورت محدود برقرار می‌شود. فضاهای بیرونی در این اقلیم در ساعات محدودی از روز و در بعضی فصول قابل استفاده هستند، اما با کنترل دما و ایجاد سایه در فضاهای بیرونی که یکی از عوامل موثر در خنک سازی محیط و کاهش دمای هوا در دوره‌های گرم است، تا حدی می‌توان شرایط آسایش حرارتی را فراهم نمود.

سایه‌بان‌های غشایی به دلیل خواص ویژه خود، مناسب برای فضاهای بیرونی بخصوص در اقلیم گرم و خشک هستند و شرایط آسایش حرارتی را نیز تا حد

Table 6. General comparison of the results of canopies

Canopy model	Simple canopy	Conical canopy	Saddle canopy	Umbrella canopy
Image of models simulated in Ansys				
The temperature of the ground around the canopy (C)	48.22	48.33	47.18	47.28
The air temperature around the canopy (C)	40.07	40.09	40.05	40.09
The percentage of the shading effect in the environment	41.90%	41.77%	43.15%	43.03%

امکان برای استفاده‌کنندگان فراهم می‌کنند. نتایج شبیه‌سازی در انویمت نشان داد که در شهر سمنان در اردیبهشت ماه تقریباً شرایط نزدیک آسایش است و این نشان‌دهنده لزوم استفاده از سایه‌بان در فضای باز شهر سمنان از اواسط اردیبهشت ماه به بعد است. همچنین در تابستان قرار دادن سایه‌بان با ابعاد ۴*۴ در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان دمای هوا را ۴,۷ درجه سلسیوس کاهش داده و شرایط آسایش حرارتی را بهبود می‌دهد. مقدار شاخص دمای معادل فیزیولوژیک در محیط بدون سایه‌بان ۵۲,۶ درجه سلسیوس و پس از قرار دادن سایه‌بان ۴۸ درجه است، کاهش دمای بدست آمده مطلوب بوده اما مقدار PET با شرایط آسایش فاصله دارد؛ لذا با توجه به پژوهش‌های پیشین و با توجه به اینکه در اقلیم گرم و خشک سمنان دو عامل دما زیاد و رطوبت کم است، استفاده ترکیبی از سایه‌بان برای کاهش دما و پوشش گیاهی برای افزایش رطوبت تأثیر چشمگیری بر آسایش حرارتی در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان خواهد داشت.

شبیه‌سازی در نرم‌افزار انسیس نیز با هدف بررسی تأثیر سایه‌بان غشایی و تعیین فرم مناسب برای سایه‌بان غشایی سبک صورت گرفت. نتایج نشان داد که سایه‌بان غشایی سبب خنکی فضای زیرین خود شده و از گرمای بیش از حد زمین جلوگیری می‌کند؛ همچنین مشخص شد از میان چهار مدل سایه‌بان غشایی سبک ساده، مخروطی، چتری و زین‌اسبی، سایه‌بان زین اسبی با ۴۳,۱۵ درصد تأثیرگذاری در محیط، دارای عملکرد مناسبی بوده و سبب ایجاد فضای خنک‌تری در زیر سایه‌بان می‌شود.

پی‌نوشت

1. ANSYS workbench 2019 R1
2. ENVI-met
3. MRT (Mean Radiant Temperature)
4. PET (Physiological equivalent temperature)

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Ahmadpourkolahroudi, Narges; Pourjafar, Mohammadreza; Mahdavinejad, Mohammad Javad; Yousefian, Samira. (2017). "The role and effect of design elements on the quality of thermal comfort of urban open spaces, a case study: the design of the Tamkachi footpath in Kashan". University of Arts, Volume 9, Number 18. [in persian]
2. B.N. Bridgens, P.D. Gosling, M.J.S Birchall. (2005). Tensile fabric structures: concepts, practice and developments. The structural engineers; pp 21-28.
3. Beer, Ann. R; Higgins, Catherine. (2002). Environmental planning for land development. Hossein Bahraini, Keyvan Karimi. Tehran University Publications. Tehran. [in persian]
4. Cao X, Onishi A, Chen J, Imura H. (2010). Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. Landscape and Urban Planning; 96(4), pp. 224-231.
5. Cheng V, Ng E, Chan C, Givoni B. (2011). Outdoor thermal comfort study in sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. Int J Biometeorol; 56(1).
6. Forester B, Mollaert M. (2004). European Design Guide for Tensile Surface structures. Brussels: Tensinet publisher.
7. Givoni B, Noguchi M, Saaroni H, Pochter O,

Feller N, et al. (2003). Outdoor comfort research issues. Energy and Building; 35(1), 77-86.
8. Golabchi, Mahmoud; Mujahidi, Mohammadreza; Leader, inspiration. (2011). Stretch fabric structures. Tehran University Publications. Tehran. [in persian]
9. Golabchi, Mahmoud; Taghizadeh, Ketayoun; Gulabchi, Mohammadreza. (2015). Building systems. Pars University Press, Tehran. [in persian]
10. Halabian, Amir Hossein. (2008). "Analysis of climatic comfort of Isfahan". Geographical thought, year 2, number 3. [in persian]
11. He J, Hoyano A. (2009). Measurement and simulation of the thermal environment in the built space under a membrane structure. Building and environment; 44(6).
12. He J, Hoyano A. (2010). Measurement and evaluation of the summer microclimate in the semi-enclosed space under a membrane structure. Building and environment; 45(1).
13. Heydari, Shahin (2012). "The interaction of air flow, temperature and comfort in urban open spaces, a case study: Iran's hot and dry climate". Fine Arts, No. 47, pp. 37-42. [in persian]
14. Heydari, Shahin; Monaam, Alireza (2013). "Evaluation of thermal comfort indicators in open space". Geography and Regional Development, No. 20, pp. 197-216. [in persian]
15. Jafari, Maryam. Taban, Mohsen. (2017). "Evaluation of thermal comfort in open urban space (a case study of Kermanshah Nobahar Park"). The first international conference on civil engineering, architecture and sustainable green city. Hamadan. [in persian]
16. Karamirad, Sina; Aliabadi, Mohammad; Habibi, Amin; Vakilnejad, Roza. (2017). "Measuring the effect of vegetation on the external thermal comfort conditions of pedestrians (example: Goldasht residential complex, Shiraz)". Scientific Association of Architecture and Urban Planning of Iran, No. 14, 185-196. [in persian]
17. Kasmaee, Morteza. (2000). Zoning and climatic design guide, hot and dry climate (Semnan province). Building and housing research center. Tehran. [in persian]
18. Khaki Qasr, Azade. (2016). "Patterns of temporary additional covering for open spaces that need covering in the historical context of Yazd". Architecture of hot and dry climate, year 4, number 4. [in persian]
19. Kostic D, Milosevic V, Bogdanovic V, Vucur A. (2018). Influence of Single and Double Membrane Roofs on Thermal Behaviour of Enclosed Space. Technical Gazette; 25.
20. Lenzholzer S2012) .). Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares .Resources, Conservation and Recycling; 64, pp. 39-48.
21. Lin, Tzu-ping. Matzarakis, Andreas & Hwang, Ruey-lung. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Building and Environment; 45(1). pp 213-221.
22. Mahmoudi, Seyyed Amir Saeed; Ghazizadeh, Seyedeh Neda; Monaam, Alireza (2010). "The effect of design on the thermal comfort of the open space of residential complexes (Study example: phase three of Ekbatan residential complex)". Fine Arts, No. 42, pp. 59-70. [in persian]
23. Mohammadi, Zahra; Asadollahi, Hamed. (2015). "Investigation of membrane structures and new technology in these structures". International Conference on Architecture, Urban Planning, Civil Engineering, Art and Environment; Future horizons, looking back. Tehran. [in persian]
24. Monam, Alireza. (2011). Phd thesis: "Environmental comfort in urban open spaces, evaluation of thermal comfort in selected parks in Tehran". Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Science and Technology. [in persian]
25. Moore, Fuller. (2013). Understanding the behavior of structures. Gulabchi, Mahmoud. Tehran University Press, Tehran, p. 50. [in persian]
26. Motaghipisheh, Samaneh. (2013). Master's thesis: "Shade and comfort in an Iranian garden (investigating the role of shade in creating climatic comfort in Shiraz gardens)". Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University. [in persian]
27. Nardecchia, Fabio; Di Bernardino, Annalisa; Pagliaro, Francesca; Monti, Paolo; Leuzzi, Giovanni; Gugliermetti, Luca. (2018). CFD Analysis of Urban Canopy Flows Employing the V2F Model: Impact of Different Aspect Ratios and Relative Heights. Advances in Meteorology.
28. Perini K, Magliocco A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. Urban Forestry & Urban Greening; 13(3).
29. Qiyabaklo, Zahra. (2015). Basics of building physics 2 (adjustment of environmental conditions). Academic Jihad Publications of Amirkabir Industrial Unit. Tehran. [in persian]
30. Ranjbaran, Hadis. (2014). Master's Thesis: "Investigation of the role of humidity and shade in achieving thermal comfort, a case study: Redesigning Dialogue Park". Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University. [in persian]
31. Román-Roldán, Nicolás-Iván; López-Ortiz, Anabel; Ituna-Yudonago, Jean-Fulbert; García-Valladares, Octavio; Pilatowsky-Figueroa, Isaac. (2018). Computational fluid dynamics analysis of heat transfer in a greenhouse solar dryer "chapel-type" coupled to an air solar heating system. Energy Science and engineering.
32. Salvadori, Mario. (2014). Structure in architecture. Mahmoud Gulabchi. Tehran: Tehran University Press. [in persian]
33. Sultana L, Bari N. (2019). A Study on the Impact of Tensile Fabric Structure in Semi-Outdoor Spaces of Tropical Cities. International Journal of New Innovations in Engineering and Technol-

ogy; 10(4).
34. Taban, Mohsen; Pourjafar, Mohammadreza; Bemanian, Mohammadreza; Heidari; Shahin. (2012). “The effect of climate on the shape of architectural decorations based on the analysis of the amount of shading of the bricks of the historic texture of Dezful”. Naqsh Jahan, Volume 2, Number 2. [in persian]
35. Taban, Zohre. Majidi, Mohsen. (2018). “Evaluating the effect of thermal comfort on people’s behavior in the urban environment (case example of Bushehr city)”. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran. Tehran: University of Tehran. [in persian]
36. Tahbaz, Mansoure. (2007). “Outdoor Shade Design”. Fine Arts Journal, No. 31, p. 28. [in persian]
37. Tahbaz, Mansoure; Nozari Ferdowsia, Ahmad; Amin Eslami, Mohammad. (2014). “Climatic design solutions for outdoor walkways (case study: sidewalks of Kashan University)”. City identity, year 10, number 26. [in persian]
38. Targhi, M. Z & Van Dessel, S. (2015). Potential Contribution of Urban Developments to Outdoor Thermal Comfort Conditions: The Influence of Urban Geometry and Form in Worcester, Massachusetts, USA. Procedia Engineering; 118. pp 1153-1161.
39. Vakilnezhad, Roza. (2020). “Comparative comparison of thermal comfort simulation tools in urban environment”. Journal of the Scientific Association of Architecture and Urban Planning of Iran. [in persian]
40. Wilson R, Devulder T, Chilton J. (2007). The thermal behaviour of buildings incorporating single skin tensile membrane structures. International Journal of Low-Carbon Technologies; 2(20).
41. ANSYS., (2020), Retrieved from WWW.ANSYS.Com , 10.03.2020; 11:25 AM.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی