



University of  
Sistan and Baluchestan



Association of Geography  
and Planning  
of Border Areas of Iran

## The Role of Canopy Height of Urban Green Spaces on Human Bioclimatic Comfort, (Case Study: NAZHVAN Park in Isfahan)

Romina Tafvizi<sup>1</sup>, Amin Habibi<sup>2✉</sup>, Mehdi Sheibani<sup>3</sup>, Roza Vakilinejad<sup>4</sup>

1. Master student of Landscape Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

E-mail: rominatafvizi@gmail.com

2. Assistant Professor, PhD in Landscape Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

✉ E-mail: a\_habibi@shirazu.ac.ir

3. Professor, Master of Landscape Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

E-mail: m-sheybani@sbu.ac.ir

4. Assistant Professor, PhD in Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran

E-mail: arch.rv@shirazu.ac.ir



**How to Cite:** Tafvizi, R; Habibi, A; Sheibani, M; & Vakilinejad, R. (2022). The Role of Canopy Height of Urban Green Spaces on Human Bioclimatic Comfort, (Case Study: NAZHVAN Park in Isfahan). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 12 (42), 171-178.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.22111/GAII.2022.6986>

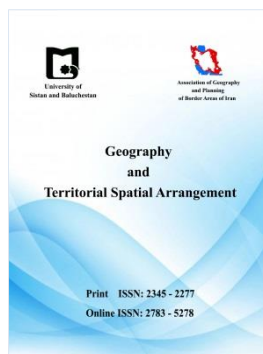
### Article type:

Research Article

**Received:** 02/07/2021

**Revised:** 21/10/2021

**Accepted:** 28/11/2021



### ABSTRACT

The thermal characteristics of an area are not affected lonely by climatic conditions and its seasonal changes; other factors such as urban geometry, vegetation and aquatic elements can be effective in improving thermal comfort. Improving thermal comfort is one of the important goals in designing urban open spaces. The heat island is an effective factor in the thermal comfort of the urban sub-climate and the vegetation is also effective in controlling the heat island. One of the effective solutions in controlling the heat island of open spaces is to be aware of the different characteristics of different vegetation that control the impact of this phenomenon. The aim of this study was to investigate the impact and importance of vegetation and their height in the topography of the site, as one of the most widely used and effective tools in designing the quality of thermal comfort in designing part of the urban open space of Nazhvan Park in the west of the city. Isfahan and provide an optimal model of vegetation height in topography. Data collection method, field, analytical and quantitative, with comparative analysis method of proposed design options using simulation in ENVI-met software (4.4.4) in nine different vegetation patterns With a fixed plant type in ten different points of the site on June 15, 2017, and the criteria for measuring thermal comfort at the site are: air temperature, relative humidity, air flow and average radiant temperature and the index used in This study is PMV, which is one of the most comprehensive methods for estimating thermal comfort. The results indicate that a large number of trees, on the one hand, and higher trees on the other, as well as changes in topographic height, are very effective in changing and improving thermal comfort.

### Keywords:

Thermal comfort, Open space, Vegetation, ENVI-met.



© the Author(s).

**Publisher:** University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction

With the increase of industrial estates on the outskirts of cities in recent years, the density of residential areas in cities has increased (Hamami and Zairi Amirani, 2011, 55) and is expected to increase to 6.4 billion by 2050 (Fong, Aghamohammadi, Ramakreshnan, Sulaiman, & Mohammadi, 2019). Iran is no exception to this trend and has led to rapid decline in habitat, biodiversity loss and population density in urban areas across the country (Hamami and Zairi Amirani, 1390, 55). This population density has caused environmental problems such as the phenomenon of heat island and reduced biological comfort. Measuring bio-comfort in urban open spaces is a major challenge that depends on environmental and personal factors and urban factors (Aflaki et al, 2017; Roth, 2007; Wang & Akbari, 2016; Levermore & Cheung, 2012; Oke, 1981; Scucs, 2013). Thus, the hypothesis of this paper is bio-comfort based on achieving the optimal pattern of vegetation in urban open space.

The purpose of this study is to investigate bio-comfort and environmental indicators according to various scenarios. In different scenarios, the change in canopy height of vegetation in different topographies has been studied and an attempt has been made to evaluate various measures to increase biological comfort. For this purpose, a part of Nazhvan Park in Isfahan was selected and different scenarios were carefully analyzed using the ENVI-met simulation tool. Then, the effective indicators in the proposed scenarios were compared with each other and the effect of the scenarios on microclimatic conditions was evaluated. Therefore, simulations can provide us with a good solution to improve bio-comfort.

Study Area

Bio-comfort was introduced in the twentieth century, and its general definition is that it is usually defined as the condition that the mind, human bio-comfort in the open air is a new issue that is more than before due to the presence of citizens in the open air.

Trees are much more effective than other plant elements in regulating climate. (El-Bardisy, Fahmy, & El-Gohary, 2016; Lee et al, 2016) Tree shade can minimize average radiant temperatures and surface temperature and temperature Reduce and help improve bio-comfort. (Lee, Mayer, & Schindler, 2014; Lee, Holst, & Mayer, 2013). Trees affect climatic conditions by controlling air currents, reducing wind speed and changing its direction (Perini et al, 2018) as well as air temperature and surface temperature through the process of evapotranspiration, shading and reduce direct sunlight (Morakiny et al, 2017).

In the past, there was a wide range of vegetation in Isfahan, especially Nazhvan Park, the remains of these habitats can still be seen in parks and green spaces (Hamami and Zairi Amirani, 1390, 55).

The scenario of this research is the change of height of current plants (sycamore) in topography, which has a major effect on creating shade, reducing temperature and increasing biological comfort, and consists of three parts:

- 1- Plant height up to 2 meters and their composition (SC2.1, SC2.2, SC2.3)
- 2- Plant height up to 10 meters and their composition (SC2.4, SC2.5, SC2.6)
- 3- Plant height up to 20 meters and their composition (SC2.7, SC2.8, SC2.9)

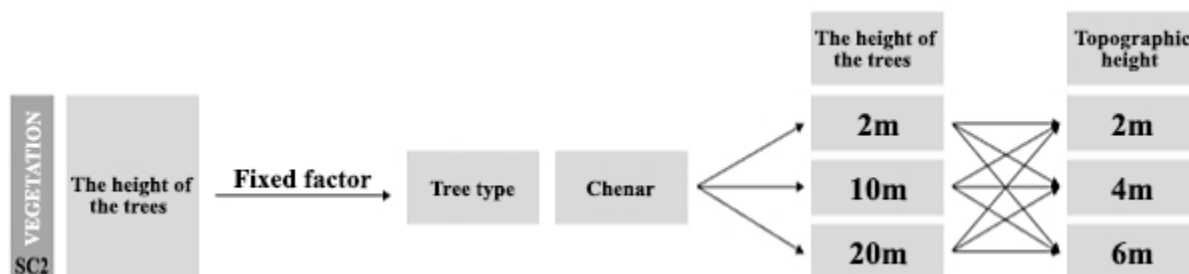


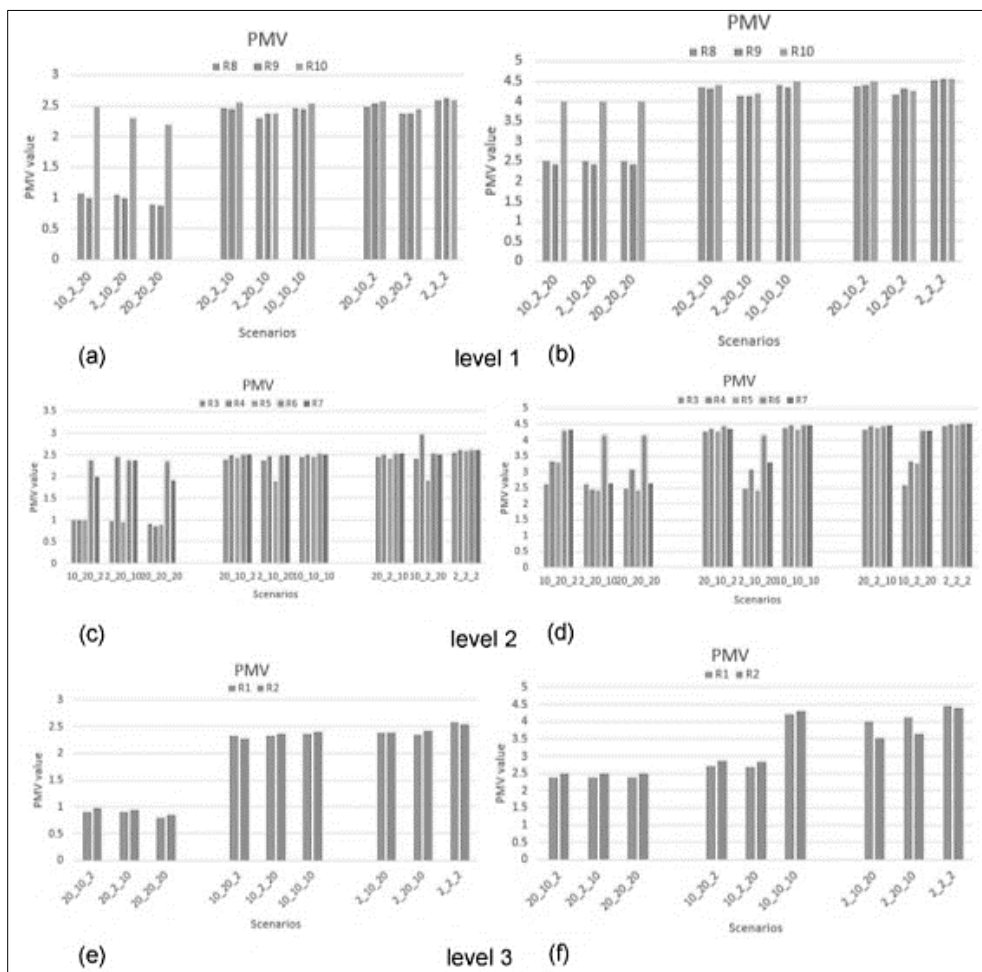
Figure 1: Scenario of tree canopy height and topographic change (Source: Authors, 1400)

**Material and Methods**

This is a case study based on a research project that, in the first step, conducts experimental studies and on-site (field) measurements using two surface thermometer instruments, a thermometer-hygrometer and also the use of meteorological station information. ENVI-met software was used for validation. In the second step, scenarios with 10, 2 and 20 m plants were simulated using the ENVI-met model to investigate the effect of vegetation height in different topographies to achieve bio-comfort. The analyzes were performed in 9 different patterns of canopy height according to the vegetation available at the site in the morning and afternoon at 10 different points of the site. The focus of this study is on the role of tree canopy height in different topographies on factors affecting bio-comfort. Envimet software can be considered as one of the most common software when dealing with the impact of urban design and urban planning on environmental and micro-climate variables (Johansson et al, 2014. Chen, 2012. Yang et al, 2012).

**Result and Discussion**

Regarding the of Biomet software, the data were analyzed and the relationship between each parameter and bio-comfort in ten virtual receivers at the site in 9 patterns at 9 am and 2 pm. Each of these patterns represents their effect on each of the virtual receivers. By examining these 9 patterns, the optimal pattern will be obtained. Due to the influence of other factors, such as floor materials, sky visibility, etc., each of the receivers should be evaluated with a similar sample in order to reach a general conclusion about the height of tree canopy in topography.



**Figure 2: Comparison of PMV**

Figure right: Investigation of the role of PMV in tree canopy height in topography at 9 am. Left Figure: Investigation of the role of PMV in tree canopy height in topography at 2 p.m.

(Source: Authors, 1400)

Figure 1 compares the PMV of plants at 10 receptors. Receptors 1 and 2 are in the highest topography. At 14 hours, these receptors in the 20-20-20 pattern, 0.8 and 0.83, respectively, as the lowest PMV, and in the 2-2-2 pattern, 2.58 and 2.53 as the highest, respectively. Show PMV. At 9 o'clock in the morning, receptors 1 and 2, in patterns 2-10-20, 10-2-20 and 20-20-20, the numbers 2.45 and 2.5 as the lowest PMV and in pattern 2-2-2 show 4.49 and 4.8 as the highest PMV. Receptors 6, 5, 4, 3 and 7 are located in the middle layer of the topography. At 2 p.m., receptors 6, 5, 4, 3, and 7 in the 20-20-20 pattern numbered 0.85, 0.76, 0.79, 2.4, and 1.87 as the lowest PMVs, and in pattern 2-2-2 Receptors 6,5,3 and 7 show 2.5, 2.55, 2.59 and 2.59 and receptor 4 in 10-2-20 pattern shows 2.95 as the highest PMV. At 9 o'clock in the morning, receptors 6,5,3 in patterns 20-20-20 and 20-10-2, number 2.5, 2.4, 1/4 and receptor 4, in pattern 10-20-2, number 93 / 4 and receptor 7, in patterns 10-20-2 and 20-20-20 show 2.65. Receptors 9, 8 and 10 are in the lowest topography. At 2 p.m., receptors 9, 8, and 10 in the 20-20-20 pattern, 0.8, 0.76, and 2.47 as the lowest PMV, and in the 2-2-2 pattern, 2.66, 7 Show 2.2 and 2.65 as the highest PMV. At 9 o'clock in the morning, receptors 9, 8 and 10, in patterns 20-2-10, 20-10-2 and 20-20-20, the numbers 2.5, 2.42 and 4 as the lowest PMV and in the pattern 2-2-2 shows 4.53, 4.57 and 4.58 as the highest PMV. The results of these graphs show that the higher the canopy height and number of trees, the greater the bio-comfort due to the increased shade of the trees, and the lower the canopy height, the lower the canopy height. Bio-comfort is more stable, and although topography has an effect on temperature, denser trees with higher altitudes have a greater effect.

**Conclusion**

This study, considering the role of tree canopy height in Nazhvan Park in Isfahan, has tried to study the role and function of tree canopies in the formation of bio-comfort. Types of sycamore tree crowns (the dominant tree in the region) were studied by considering climatic factors and their effect on PMV and biological comfort was obtained. In the table below, the differences between the highest and lowest PMV scenarios at 9 am and 2 pm were compared.

**Table 1: Comparison of the difference between the minimum and maximum PMV scenarios at 9 am and 2 pm**

PMV		SCENARIOS
14	9	
0.29	0.21	SC2.1(2-2-2)
1.93	1.83	SC2.2(10-20-2)
1.93	1.71	SC2.3(20-10-2)
1.56	1.18	SC2.4(10-10-10)
1.95	1.74	SC2.5(2-20-10)
1.93	1.74	SC2.6(20-2-10)
2	1.76	SC2.7(20-20-20)
1.93	1.68	SC2.8(2-10-20)
1.93	1.67	SC2.9(10-2-20)

Table 1 shows that in SC2.1 scenario with 2 m trees, in SC2.4 scenario with 10 m trees and in SC2.7 scenario with 20 m trees, the PMV difference is increasing, respectively, which shows the effect. The height of the canopy is on PMV. In other scenarios, the PMV is close, but in situations where the 20-meter trees are at a wider level, the PMV is increased. Measured data from climatic factors show that the largest difference in temperature at 9 am and 14 is in the SC2.7 scenario, which is 1.02 and 1.56 ° C, respectively, the largest difference in relative humidity at 9 am. And 14 is related to SC2.7 scenario which is 8.49 and 3.99 percent, respectively, and the largest difference in average radiant temperature at 9 am and 14 is related to SC2.7 scenario which is 30.4 and 30.19 degrees Celsius, respectively, and the difference in speed is. The wind in the scenarios is not high due to the low altitude, but the biggest difference in wind speed at 9 am and 2 pm is related to the SC2.7 scenario, which is 2.69 and 2.56 m / s, respectively, and this indicates that whatever the altitude The longer the canopy of the trees, the greater the difference between climatic factors and the environment and in the sun. These results confirm the role of tree canopy height on bio-comfort and the presence of vegetation with higher canopy height causes proper shading, especially in the critical summer hours and increased evapotranspiration in areas with land uses. There are different types and topographies that can explain the achievements of this research. The amount of tree shading has the greatest effect on the average radiant temperature and then on the air temperature, relative humidity and wind speed. Thus, paying attention to the height of the trees planted and considering the available topography, plays an important role in creating

shade. In the hot and dry environment of Isfahan, increasing the number of native trees is one of the factors that reduce the cost of maintaining vegetation and increase the biological comfort of the environment.

The results of similar studies also show that trees reduce air temperature more than grass due to more shading (Lin et al, 2017; Giridharan et al, 2008; Lee et al, 2016; Zheng et al, 2016). Tree species also play an important role in climate change due to differences in tree canopy, tree height, difference in leaf area of trees, albedo of tree foliage, etc. (Eniolu et al, 2018). The results of this study, in comparison with the research (Karimi et al, 2020) and (Pingying et al, 2020) provide similar outputs on the effect of tree canopy height. But since no detailed research has been done on tree canopies and topography, this research can complement the research of Karimi et al. And Ping Ying et al. Comparison of previous articles and the results of the present study, considering the change in height of a type of tree (sycamore), shows that the placement of trees with lower height in lower topography and trees with higher height in higher topography causes uniform biological comfort in The environment becomes.

By reviewing the points obtained from the software, several design steps are taken to improve the biological comfort in the environment, including:

- 1- Using green space appropriate to the area and communicating with trees.
- 2- Maintaining the remaining vegetation and increasing it and using plants with higher altitudes to reduce the air temperature and increase the relative humidity.
- 3- Creating blinds in space and preventing annoying winds by suitable vegetation.

**Key words:** bio-comfort, Urban Heat Island, urban open space, Pavements, vegetation, ENVI-met.

#### References (Persian)

Eshghi, A, Qanbarzadeh, H. (2008). Fundamentals of Microclimatology and local climate. Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran.

<https://www.gisoom.com/book/1497284/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%D9%85%D8%A8%D8%A7%D9%86%DB%8C-%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%DA%A9%D9%84%DB%8C%D9%85%D8%A7%D8%AA%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C-%D9%88-%D8%A2%D8%A8-%D9%88-%D9%87%D9%88%D8%A7%DB%8C-%D9%85%D8%AD%D9%84%DB%8C/>

Fani, Z. (2017). Providing thermal comfort in urban spaces of hot and humid climate with the aim of strengthening the presence of citizens: Urban design framework of the coastal edge of Karun River, Master's degree thesis. University of ShahidBeheshti.

Hemami, M.R, Zaeri Amirani, A. (2011). Influence If Urban Park Size And Shape On Bride Species Richness: Case Study: Park Of Isfahan. Journal of Environmental Studies, 37(59). 55-62.

<https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=259012>

Kasmai, M. (2000). Climate architecture. Esfahan, Iran.

<https://www.gisoom.com/book/1978376/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%D8%A7%D9%82%D9%84%DB%8C%D9%85-%D9%88-%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C/>

Kaviani, M. (2009). Microclimatology, Tehran, Iran.

<https://www.gisoom.com/book/1868074/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%DA%A9%D9%84%DB%8C%D9%85%D8%A7%D8%AA%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C/>

Kheirabadi, F, Nourmohammadzad, H, Alizadeh, H. (2017). The Role of Urban Spaces Physical Orientation on the Extent of Climate Comfort of Citizens: Case study of Bandar Abbas. Geography and Environmental Sustainability, 7(3), 15-31.

[https://ges.razi.ac.ir/article\\_823.html?lang=en](https://ges.razi.ac.ir/article_823.html?lang=en)

R, N, S, N. (2015). Comparison of effective factors in the success of public spaces (parks & streets) in the minds and behavior of citizens in Ankara and Tehran, emphasizing the role of public space planning in these cities. *Motaleate Shahri*. 4(14), 5-18.

[https://urbstudies.uok.ac.ir/article\\_12998.html?lang=en](https://urbstudies.uok.ac.ir/article_12998.html?lang=en)

Tahbaz, M.(2013). *Climatic Knowledge Climatic Design*. ShahidBeheshti University, Tehran, Iran.

<https://www.gisoom.com/book/11025690/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%D8%AF%D8%A7%D9%86%D8%B4-%D8%A7%D9%82%D9%84%DB%8C%D9%85%DB%8C-%D8%B7%D8%B1%D8%A7%D8%AD%DB%8C-%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C/>

Tavosi, T. (2018). The Cooling Effect Of Green Spaces As A Contribution To Reduce The Urban Heat A Case Study Golmohamady Park In Esfahan. *Geographical Planning Of Space Quarterly Journal*. 8(9). 61-74.

<https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=691942>

### References (English)

Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Omrany, H., Wang, Z. H., Akbari, H. (2017). Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong. *Cities*, volume 62, 131–145.

<https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.003>

Akrami, F., Ayatollahi, S. M. H., Afrasiabi, H. (2021). A Review of the Foundations of Thermal Comfort Methodology in the Built Environment. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, 31(4), 1-17.

<http://ijaup.iust.ac.ir/article-1-622-en.html>

Aljawabra, F. (2014). Thermal comfort in outdoor urban spaces: The hot arid climate. Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath, Bath, United Kingdom.

[https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/187950815/Master\\_3\\_08\\_01\\_15\\_c.pdf](https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/187950815/Master_3_08_01_15_c.pdf)

Chen, L., Ng, E. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade, *Cities*, 29(2), 118-125.

<https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.006>

El-Bardisy, W. M., Fahmy, M., El-Gohary, G. F. (2016). Climatic Sensitive Landscape Design: Towards a Better Microclimate through Plantation in Public Schools, Cairo, Egypt. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Volume 216, 206–216.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.029>

Fong, C. S., Aghamohammadi, N., Ramakreshnan, L., Sulaiman, N. M., Mohammadi, P. (2019). Holistic recommendations for future outdoor thermal comfort assessment in tropical Southeast Asia: A critical appraisal. *Sustainable Cities and Society*. Volume 46.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101428>

Giridharan, R., Lau, S.S.Y., Ganesan, S., Givoni, B. (2008). Lowering the outdoor temperature in high-rise high-density residential developments of coastal Hong Kong: The vegetation influence. *Building and Environment*. 43(10) 1583–1595.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.003>

Johanson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R., Kruger, E. (2014). Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies - The need for standardization, *Urban climate*. Volume10, part 2, 346-366.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.12.002>

- Karimi, A., Sanaieian, H., Farhadi, H., Norouzian-Maleki, S. (2020). Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park. *Energy Reports*. Volume 6, 1670-1684.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720302638>
- Lee, H., Holst, J., Mayer, H. (2013). Modification of Human-Biometeorologically Significant Radiant Flux Densities by Shading as Local Method to Mitigate Heat Stress in summer within Urban Street Canyons. *Advances in Meteorology*, Volume 2013, *Advances in Urban Biology*.  
<https://doi.org/10.1155/2013/312572>
- Lee, H., Mayer, H., Chen, L. (2016). Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Urban Planning*, Volume 148, 37–50.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.004>
- Lee, H., Mayer, H., Schindler, D. (2014). Importance of 3-D radiant flux densities for outdoor human thermal comfort on clear-sky summer days in Freiburg, Southwest Germany. *Meteorologische Zeitschrift*, 23(3), 315–330.  
[https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/23/83123/Importance\\_of\\_3\\_D\\_radiant\\_flux\\_densities\\_for\\_outdoor\\_human\\_thermal\\_comfort\\_on\\_clear\\_sky\\_summer\\_days\\_in\\_Freiburg\\_Southwest\\_Germany](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/23/83123/Importance_of_3_D_radiant_flux_densities_for_outdoor_human_thermal_comfort_on_clear_sky_summer_days_in_Freiburg_Southwest_Germany)
- shape on the maximum urban heat island effect. *Building Services Engineering Research and Technology*, 33(4), 371–385.  
<https://doi.org/10.1177/0143624411417899>
- Lin, P., Lau, S.S.Y., Qin, H., Gou, Z. (2017). Effects of urban planning indicators on urban heat island: a case study of pocket parks in high-rise high-density environment. *Landscape and Urban Planning*. Volume 168, 48–60.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.024>
- Lin, P., Song, D., Qin, H. (2021). Impact of parking and greening design strategies on summertime outdoor thermal condition in old mid-rise residential estates. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 63.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127200>
- Milosevic, D. D., Bajanski, I. V., Savic, S. M. (2017). Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 23, 113–124.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.011>
- Morakinyo, T. E., Kong, L., Lau, K. K. L., Yuan, C., Ng, E. (2017). A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort. *Building and Environment*, Volume 115, 1–17.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.005>
- Morakinyo, T. E., Lau, K.K., Ren, C., Ng, E. (2018). Performance of Hong Kong's common trees species for outdoor temperature regulation, thermal comfort and energy saving. *Building and Environment*. Volume 137, 157–170.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.012>
- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scalemodel and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237–254.  
<https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>
- Perini, K., Chokhachian, A., Auer, T. (2018). Chapter 3.3 - Green streets to increase outdoor comfort. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. 119–129.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00011-2>

Roth, M. (2007). Review of urban climate research in (sub) tropical regions. *International Journal of Climatology*, 27(14), 1859–1873.

<https://doi.org/10.1002/joc.1591>

Szűcs, A. (2013). Wind comfort in a public urban space — Case study within Dublin Docklands. *Frontiers of Architectural Research*, 2(1), 50-66.

<https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.12.002>

Targhi, M. Z., Dessel, S.V. (2015). Potential Contribution of Urban Developments to Outdoor Thermal Comfort Conditions: The Influence of Urban Geometry and Form in Worcester, Massachusetts, USA. *Procedia Engineering*, volume 118, 1153-1161.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.457>

Troy, A., Grove, J. M., O'Neil-Dunne, J. (2012). The relationship between tree canopy and crime rates across an urban – rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*, 106(3), 262-270.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.010>

Wang, Y., Akbari, H. (2016). Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. *Sustainable Cities and Society*, volume 26, 438–446.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.015>

Yang, X., Zhao, L., Bruse, M., Meng, Q. (2012). An integrated simulation method for building energy performance assessment in urban environments, *Energy and Buildings*, Volume 54, 243-251.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.042>

Zhao, Q., Sailor, D. J., Wentz, E. A. (2018). Impact of tree locations and arrangements on outdoor microclimates and human thermal comfort in an urban residential environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, volume 32, 81–91.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.022>

Zheng, S., Zhao, L., Li, Q. (2016). Numerical simulation of the impact of different vegetation species on the outdoor thermal environment. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 18, 138–150.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.05.008>

## نقش ارتفاع تاج پوشش گیاهی فضاهای سبز شهری بر آسایش زیست‌اقليمی انسان (نمونه موردی: پارک ناژوان اصفهان)

رومینا تفویضی<sup>۱</sup>، امین حبیبی<sup>۲\*</sup>، مهدی شببانی<sup>۳</sup>، رزا وکیلی نژاد<sup>۴</sup>

### مقاله پژوهشی

#### چکیده

پوشش گیاهی، علاوه بر ویژگی‌های دمایی یک منطقه در بهبود آسایش زیستی مؤثر است و یکی از ابزارهای پرکاربرد و مؤثر در طراحی می‌باشد. تغییرات اقلیمی از جمله مخاطراتی هستند که اهمیت پوشش گیاهی را افزایش می‌دهد. هدف پژوهش حاضر، نقش ارتفاع تاج پوشش‌های گیاهی و میزان تأثیرگذاری آنها در قسمتی از فضای باز شهری پارک ناژوان، در غرب شهر اصفهان است. روش جمع‌آوری اطلاعات، به صورت میدانی، تحلیلی و سنجشی، با روش تحلیل مقایسه‌گزینه‌های پیشنهادی در طراحی با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار ENVI-met(4.4.4) در ۹ الگوی متفاوت پوشش گیاهی با نوع گیاه ثابت در ده نقطه مختلف از سایت در تاریخ ۲۴ خرداد ۱۳۹۸، می‌باشد و معیارهای مورد سنجش آسایش زیستی در سایت، عبارتند از: دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و دمای متوسط تابشی و شاخص مورد استفاده در این پژوهش، PMV است که یکی از جامع‌ترین روش‌های تخمین آسایش زیستی است. نتایج، حاکی از آن است که میزان اختلاف PMV در سناریوهای SC2.1، SC2.4 و SC2.7 که تنها درختان ۲، ۱۰ و ۲۰ متری هستند، به ترتیب ۰.۲۱، ۱.۱۸ و ۱.۷۶ است، به طوری که با افزایش ارتفاع تاج درختان و ایجاد سایه بلندتر، میزان آسایش زیست اقلیمی انسان افزایش می‌یابد، علاوه بر آن افزایش ارتفاع توپوگرافی هم بر میزان آسایش زیستی مؤثر است و باعث افزایش آسایش زیستی می‌شود. بنابراین، رابطه معناداری میان ارتفاع تاج پوشش گیاهی و آسایش زیستی وجود دارد. این یافته‌ها، می‌تواند کاربردهای استفاده از پوشش گیاهی مناسب را برای پارک‌های شهری داشته باشد.

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای  
 شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۱  
 تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۱  
 تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹  
 تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷  
 صفحات: ۱۷۱-۲۰۴



واژه‌های کلیدی:  
 آسایش زیستی، فضای باز شهری،  
 مصالح کف، پوشش گیاهی، ENVI-  
 met.

#### مقدمه

با افزایش قطب‌های صنعتی در حاشیه شهرها در سال‌های اخیر، تراکم مناطق مسکونی به صورت چشمگیری در شهرها افزایش یافته است (همامی و زائری امیرانی، ۱۳۹۰: ۵۵)، که باعث از بین رفتن کیفیت زندگی افرادی می‌شود که در آن زندگی می‌کنند. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که جمعیت جهان در مناطق شهری، دو برابر جمعیت افراد در مناطق روستایی است. انتظار می‌رود، جمعیتی که در شهرها زندگی می‌کنند تا سال ۲۰۵۰ میلادی، به ۶.۴ میلیارد نفر افزایش یابد (Fong et al, 2019: 1). ایران نیز از این روند مستثنی نبوده، به طوری که رشد شهرنشینی و توسعه صنعتی و کشاورزی منجر به کاهش سریع زیستگاه‌ها، از دست رفتن تنوع زیستی و تراکم

۱- دانشجوی ارشد معماری منظر، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲- استادیار، دکتری معماری منظر، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول)

۳- استاد، کارشناسی ارشد معماری منظر، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- استادیار، دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

جمعیت در مناطق شهری در سطح کشور شده است (همامی و زائری امیرانی، ۱۳۹۰: ۵۵). این تراکم جمعیتی، باعث بروز مشکلات محیطی همچون کیفیت بد آب و هوا و پدیده جزیره گرمایی شده است. پدیده جزیره گرمایی، پدیده‌ای مرتبط با شهرنشینی سریع است. هوای فراز شهرها از هوای مناطق پیرامونی آنها گرمتر است. برآیند کلی جرح و تعدیل‌های غیرعمدی ناشی از ساختمان‌سازی، افزایش گرمای محسوس شهرها است. اثر جزیره گرمایی شهر، روشنترین گواه برای بیان جرح و تعدیل‌های ناخواسته آب و هوایی است (کاوایی، ۱۳۹۱: ۲۳۵) که باعث کاهش کیفیت هوا و کاهش آسایش زیستی انسان می‌شود (Zhao et al, 2018: 83). اندازه‌گیری آسایش زیستی در فضاهای باز شهری چالشی بزرگ است که به عوامل محیطی و شخصی (فیزیولوژیکی و روانشناسی) و عوامل شهری از جمله توسعه شهری، الگوی کاربری زمین و پوشش گیاهی شهری بستگی دارد (Aflaki et al, 2017: 133; Roth, 2007: 1862; Wang&Akbari, 2016: 445; Levermore&Cheung, 2012: 372; Oke, 1981: 237; Szucs, 2013: 64). تعیین محدوده آسایش زیستی در مصرف انرژی تأثیر زیادی دارد، به همین دلیل در مناطق مختلف اقلیمی کشور، محدوده آسایش زیستی برای تأمین آسایش ساکنین آن منطقه خاص متفاوت است. بنابراین، خرداقلیم محیط و آگاهی از میزان به‌کارگیری پوشش‌های گیاهی در ارتفاع‌های گوناگون، مسأله‌ای مهم در تعیین کیفیت فضاهای باز است. آسایش زیستی در فضاهای خارجی متأثر از شرایط اقلیمی، پوشش سطح زمین و پوشش گیاهی ایجاد شده توسط عوامل طبیعی و دست‌ساز است. به‌این ترتیب، فرضیه این مقاله، کاهش جزیره گرمایی و در نتیجه، کاهش آسایش زیستی براساس دستیابی به الگوی بهینه پوشش گیاهی در فضای باز شهری است که به منظور اثبات این فرضیه، پاسخ به سوال تأثیر ارتفاع تاج پوشش‌های گیاهی در توپوگرافی‌های گوناگون در میزان آسایش زیستی افراد در فضای باز شهری چیست؟ ضروری است. هدف از این پژوهش، بررسی آسایش زیستی و شاخص‌های مربوط به محیط، باتوجه به سناریوهای گوناگون است. در سناریوهای مختلف، به بررسی تغییر ارتفاع تاج پوشش‌های گیاهی در توپوگرافی‌های گوناگون پرداخته شده است و سعی بر آن است که انواع اقدامات، برای افزایش آسایش زیستی ارزیابی شود. به همین منظور، قسمتی از پارک ناژوان شهر اصفهان انتخاب شد و سناریوهای متفاوت با استفاده از ابزار شبیه‌سازی ENVI-met، وضعیت محیطی را به طور دقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. سپس، شاخص‌های مؤثر در سناریوهای پیشنهادی با یکدیگر مقایسه و تأثیر سناریوها بر شرایط خرداقلیم ارزیابی شدند. بنابراین، شبیه‌سازی‌ها می‌توانند راه‌حل مناسبی برای بهبود آسایش زیستی را در اختیار ما قرار دهند.

### فضای باز شهری و عوامل مؤثر بر موفقیت آن

فضاهای باز شهری، نقشی اساسی در هویت شهر دارند، مهمترین نقش آنها، امکان ایجاد برقراری ارتباط بین مردم است، به طوری که در زندگی امروزی دربرگیرنده بخش عظیمی از فعالیت‌های روزمره فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی هستند و میزبان فعالیت‌های تفریحی و فرهنگی مانند نمایشگاه‌ها و فعالیت‌های ورزشی می‌شوند. فضاهای باز موفق شهری، مردم را به گذران اوقات فراغت و ایجاد زندگی در محیط شهری دعوت می‌کنند، به طوری که هنگامی که آب و هوا اجازه می‌دهد، فعالیت‌ها به حدی گسترش می‌یابند که ساعات شبانه روز را نیز دربرمی‌گیرد، بنابراین مردم برای ساعات طولانی‌تری در فضاهای باز شهری حضور دارند

(Aljawabra, 2014: 9 ; Targhi and Van Dessel, 2015: 1153). فضاهای عمومی شهر، فضاهایی مناسب برای همه اقشار جامعه و از عناصر اصلی ساخت شهر هستند به طوری که برای همه اقشار جامعه مناسب هستند (رشیدپور و سعیدی رضوانی، ۱۳۹۴: ۶؛ خیرآبادی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۶). معنای مدرن فضای باز در سال ۱۹۰۶ در لندن انگلستان به وجود آمد. به این معنا که یک فضای کاملاً باز از شهر که در میان محدوده شهر، مشترک است و از نظر راحتی مانند فضای سایت یک ساختمان نیست. در واقع، منظور یک سیستم سبز شامل کوه‌ها، دریاچه‌ها، انواع زمین‌های سبز، زمین‌های کشاورزی و دیگر فضاهای طبیعی است. پلازا، کمربند سبز و حاشیه آب بین سازه‌های شهری را شامل می‌شود، مانند فضای باز و میدان شهرها، جاده‌ها، محوطه‌های باز شهری و دیگر فضای طبیعی و غیر طبیعی. بنابراین موضوعی که کاملاً بر ما مشخص است، این است که حاشیه آب‌ها یکی از انواع فضاهای باز شهری است.

جدول ۱: عوامل مؤثر بر موفقیت فضاهای عمومی

مؤلفه‌ها	معیار	راهبرد	سیاست‌ها
آسایش	امنیت افراد، عناصر اطراف رودخانه و رودخانه	- کاهش آلودگی صوتی، کمک به قابل رویت بودن حرکت آب. - تقویت و حفاظت از پوشش گیاهی.	- تقویت و حفاظت از پوشش گیاهی.
عملکردی	فعالیت و کاربری	تنوع فعالیت و کاربری فضاهای چند عملکردی	جداسازی حریم‌ها با اختلاف ارتفاع و کف‌سازی‌ها
			وجود امکانات مناسب، جهت انجام یک فعالیت به روش‌های گوناگون.
زیبا شناختی - تجربی -	معنا و هویت - مندی	حس مکان	- استفاده از عناصر و فضاها و تقویت نقاطی از فضا برای تقویت حس ماندگاری، معنادار بودن و خاطره انگیزی افراد. - نمایش هویت ارتباطی منحصر به فرد جامعه و رودخانه.
زیست محیطی	آسایش زیستی	امکان نفوذ به درون رودخانه	وجود مکان‌هایی مناسب، جهت دسترسی آسان به آب.
		محافظت در برابر شرایط بد جوی	ممانعت از نابودی پوشش گیاهی، بازسازی زیستگاه‌ها.
اجتماعی - فرهنگی	اجتماع پذیری و الگوهای رفتاری	امکان برقراری تعاملات اجتماعی	وجود فضاهایی با کیفیت مناسب جهت تجمع پذیری افراد.
		ایجاد بهانه برای ماندن افراد در فضا	- وجود امکانات مناسب برای گروه‌هایی با سنین مختلف، جهت گذراندن اوقات فراغت - امکان کشف محیط و درگیر کردن افراد با آن
		امکان انطباق فضا با شرایط متفاوت	وجود ایمنی و روشنایی مناسب برای انجام فعالیت‌ها در روز و شب
		دسترس پذیری و اجتناب از تفکیک‌های کالبدی	جلوگیری از جداسازی فضاها از هم، پرهیز از اختلاف سطح زیاد و ناگهانی و مغایر با طبیعت.
		همه شمولی و حفظ حقوق همه استفاده‌کنندگان	- وجود محل‌هایی برای گردهمایی و انزوایی. - پاسخگویی به نیاز افراد.
		ویژگی‌های فرهنگی و اجتماعی جامعه	- استفاده از عناصر برای نمایش علایق، عادات و فرهنگ مردم. - ایجاد رابطه بین اهداف بوم شناختی و اهداف توسعه اقتصادی.

## آسایش زیستی در فضای باز شهری

آسایش زیستی در قرن بیستم به معنای محیطی راحت مطرح شد. این پدیده، باعث کنترل محیط داخلی می‌شود. دانشمندان بسیاری به تعریف آسایش زیستی پرداخته‌اند، از این میان می‌توان به اولگی، گیوونی و بنزیگر که آسایش زیستی در فضای باز را مطرح کردند، اشاره کرد (Akrami et al, 2021: 2). یک تعریف کلی برای آسایش زیستی مطرح می‌شود و آن این است که آسایش زیستی معمولاً به عنوان آن شرط تعریف می‌شود که ذهن، رضایت از گرمای محیط را داشته باشد. به طور کلی نارضایتی ممکن است در اثر بیش از حد گرم یا سرد شدن بدن ایجاد شود یا با گرم شدن یا سرد شدن ناخواسته قسمت خاصی از بدن (ناراحتی موضعی) به وجود بیاید (کسمایی، ۱۳۹۲: ۱۴). سال‌هاست که موضوع آسایش زیستی انسان، مورد تحقیق قرار گرفته است، اما آسایش زیستی انسان در فضای باز مبحثی جدید است که با توجه به اینکه حضور شهروندان در فضای باز بیش از گذشته است، می‌تواند یکی از مهم‌ترین اهداف برای دستیابی به طرح‌های موفق در فضای باز در نظر گرفته شود، زیرا نقش مهمی را در زندگی روزمره انسان ایفا می‌کند اما به طور میانگین، مردم در کشورهای صنعتی، بیش از ۹۰ درصد از زمان خود را در فضاهای داخلی می‌گذرانند، مشکل اصلی طراحی شهری معاصر، با توجه به افزایش سریع شهرنشینی، عدم پاسخگویی به آسایش زیستی انسان است، زیرا که آسایش زیستی یکی از تأثیرگذارترین عوامل در مناسب سازی فضاهای باز است. در نواحی گرم و خشک، به دلیل کاهش شرایط مناسب زندگی پایدار در فضای باز، در خواست‌های زیادی برای تأمین آسایش زیستی ساکنان وجود دارد.

به دلیل عدم استفاده از وسایل مکانیکی برای تأمین آسایش، بزرگ بودن تغییرات مکانی و زمانی متغیرها و عدم کنترل آب و هوا پیچیده‌تر و سخت‌تر از آسایش زیستی در محیط‌های داخلی است (Johanson et al, 2014: 347). در فضاهای باز، تغییرات سطوح بسیار شدید است. سطح شهرها به جای خاک و پوشش گیاهی با موزاییک، آسفالت، سیمان، سنگ و ... پوشش داده شده است. ساختمان‌ها، گذرگاه‌ها، پل‌ها و سایر سازه‌های گوناگون شهری، تغییرات فراوانی در افزایش ناهمواری سطح زمین ایجاد می‌نمایند و تغییرات تراز تابشی در سطوح گوناگون زمین را موجب می‌شوند (عشقی و قنبرزاده، ۱۳۸۷: ۱۲).

شرایط آسایش زیستی در فضای باز، نقش تعیین کننده‌ای بر رفاه مردم و موفقیت فضاهای عمومی پیاده دارد، زیرا این موضوع به نقش اجتماع در امکان ایجاد اطمینان، میزان و شدت فعالیت‌های انجام شده در فضاهای عمومی که خود وابسته به سطح رضایت یا عدم رضایت ناشی از شرایط عمومی اقلیمی می‌باشد، بستگی دارد و ارتقاء کیفیت فضاهای عمومی، از منظر اقلیم شناسی (bioclimatic) می‌تواند موجب تطبیق محیط با دمای هوا شود.

برای طراحی اقلیمی و تطبیق آن با محیط پیرامون، عوامل محیطی را باید شناخت و طراحی مناسب با آن عوامل را انجام داد. این عوامل شامل محیط طبیعی، مثل وضعیت جغرافیایی و توپوگرافی، پوشش‌های گیاهی و جانوری، محیط انسان ساخت و نیز عوامل اقلیمی می‌باشد (طاهباز، ۱۳۹۳: ۱۵).



شکل ۱: عوامل مؤثر بر آسایش زیستی انسان در فضاهای باز  
(منبع: فانی، ۱۳۹۷)

### تأثیر پوشش گیاهی بر آسایش زیستی

پوشش گیاهی در پارک‌های شهری، نقش مهمی را در تعیین استاندارد زندگی در شهر عهده‌دار شده‌اند. به طوری که، یگانه مناطقی هستند که امکان آرامش شهرنشینان در اوقات فراغت را بدون خارج شدن از شهر فراهم می‌کنند (همامی و زائری امیرانی، ۱۳۹۰: ۵۵). فضای سبز شهری بخشی از سیمای شهر محسوب می‌شود و برای بهبود شرایط زیستی، زیستگاهی و رفاهی شهروندان ایجاد شده است و به عنوان بخش جاندار محیط شهری مکمل بخش بی جان شهر، یعنی ساختار کالبدی شهر است. فضای سبز و پوشش گیاهی در شهرها، کارکردهای گوناگونی از جمله بهبود وضعیت زیست محیطی، شرایط مناسب گذران اوقات فراغت شهروندان و ... را فراهم می‌سازد (طاوسی، ۱۳۹۷: ۶۲). گیاهان، تأثیرات ویژه‌ای بر فضاهای شهری و کیفیت هوا می‌گذارند. پوشش گیاهی، باعث کاهش دمای هوا و آلودگی هوا می‌شود چرا که افزایش آلودگی سبب تله حرارتی می‌گردد. علاوه بر این، پوشش گیاهی، باعث خنک شدن هوا می‌شود و در نتیجه با ایجاد یکپارچگی نسبی دما، قادر به ایجاد شرایط آسایش مطلوب‌تری است. بنابراین، پوشش گیاهی، به عنوان یک روش غیر فعال تعدیل حرارت، نیاز به خنک کننده‌ها را کاهش داده و باعث مصرف انرژی کمتر و هزینه کمتر می‌شود. به این ترتیب بازده اقتصادی نیز از مزایای ساختار سبز شهری است (Troy et al, 2012: 269).

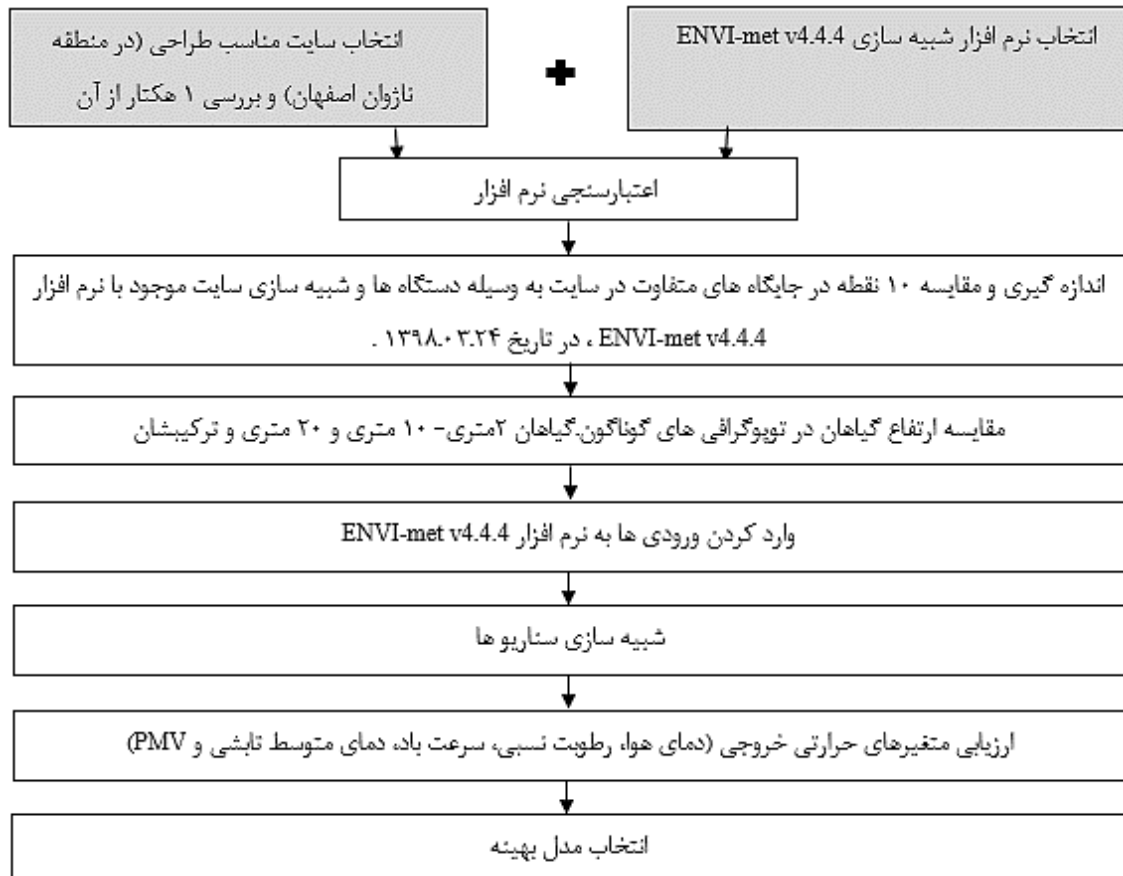
درختان، بسیار مؤثرتر از دیگر عناصر گیاهی در تعدیل آب و هوا هستند (El-Bardisy et al, 2016: 213; Lee et al, 2016: 47)

سایه درختان می‌تواند دمای متوسط تابشی که یکی از پارامترهای مهم در آسایش زیستی هست را به حداقل برساند و دما و دمای سطح را کاهش دهد و به بهبود آسایش زیستی کمک کند. (Lee et al, 2014: 326; Lee et al, 2013: 12)

درختان با کنترل جریان‌های هوا، کاهش سرعت باد و تغییر جهت آن، شرایط اقلیمی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Perini et al, 2018: 126). آنها همچنین دمای هوا و دمای سطح را از طریق فرآیند تبخیر و تعرق، سایه‌اندازی و جلوگیری از نورمستقیم خورشید کاهش می‌دهند (Morakiny et al, 2017: 16). آرایش کاشت درختان هم از عوامل مهم در بهبود شرایط آسایش زیستی می‌باشد (Milosevic et al, 2017: 113). در گذشته، محدوده وسیعی از انواع پوشش گیاهی شامل جنگل‌ها، باغ‌ها، کشتزارها در شهر اصفهان وجود داشته است، که بقایایی از این زیستگاه‌ها هنوز در پارک‌ها و فضاهای سبز اصفهان به چشم می‌خورد (همامی و زائری امیرانی، ۱۳۹۰، ۵۵). پارک نازوان یکی از این پارک‌ها است که به دلیل مجاورت با رودخانه زاینده‌رود، پوشش گیاهی متنوعی دارد.

### روش شناسی پژوهش

این یک مطالعه موردی مبتنی بر پروژه تحقیقاتی است که در گام نخست، به بررسی‌های تجربی و اندازه‌گیری‌هایی در محل (میدانی) با استفاده از دو ابزار دماسنج سطحی، دماسنج-رطوبت سنج و همچنین، استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسی برای اعتبارسنجی نرم‌افزار ENVI-met انجام شد. در گام دوم، سناریوهایی با گیاهان ۲، ۱۰ و ۲۰ متری با استفاده از مدل ENVI-met، برای بررسی تأثیر ارتفاع پوشش گیاهی در توپوگرافی‌های مختلف برای دستیابی به آسایش زیستی شبیه‌سازی شد. آنالیزها، در ۹ الگو متفاوت از ارتفاع تاج پوشش گیاهی باتوجه به پوشش گیاهی موجود در سایت در دو زمان صبح و بعدازظهر در ۱۰ نقطه مختلف از سایت انجام شد. تمرکز این تحقیق، بر نقش ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی‌های گوناگون بر عوامل مؤثر بر آسایش زیستی یعنی دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و دمای متوسط تابشی است. جدول ۲، روند شکل‌گیری این پژوهش را نشان می‌دهد. نرم‌افزار انویمت، می‌تواند به عنوان یکی از متداول‌ترین نرم‌افزارها در هنگام پرداختن به تأثیر طراحی شهری و برنامه ریزی شهری بر روی متغیرهای محیط و خرداقلیم در نظر گرفته شود (Chen, 2012: 123; Yang et al, 2012: 244). مدل ENVI-met، به شبیه‌سازی عملکرد اقلیمی در مقیاس خرد در محیط‌های شهری مبتنی بر فعل و انفعالات جو که بر اساس قوانین دینامیک سیالات و ترمودینامیک هستند، شامل دمای هوا، رطوبت، سرعت و جهت باد، شار تابشی، توزیع آلاینده‌ها، دمای خاک و ... می‌پردازد و همچنین توانایی شبیه‌سازی در بازه زمانی متفاوت را دارد (Lin et al, 2021: 5).



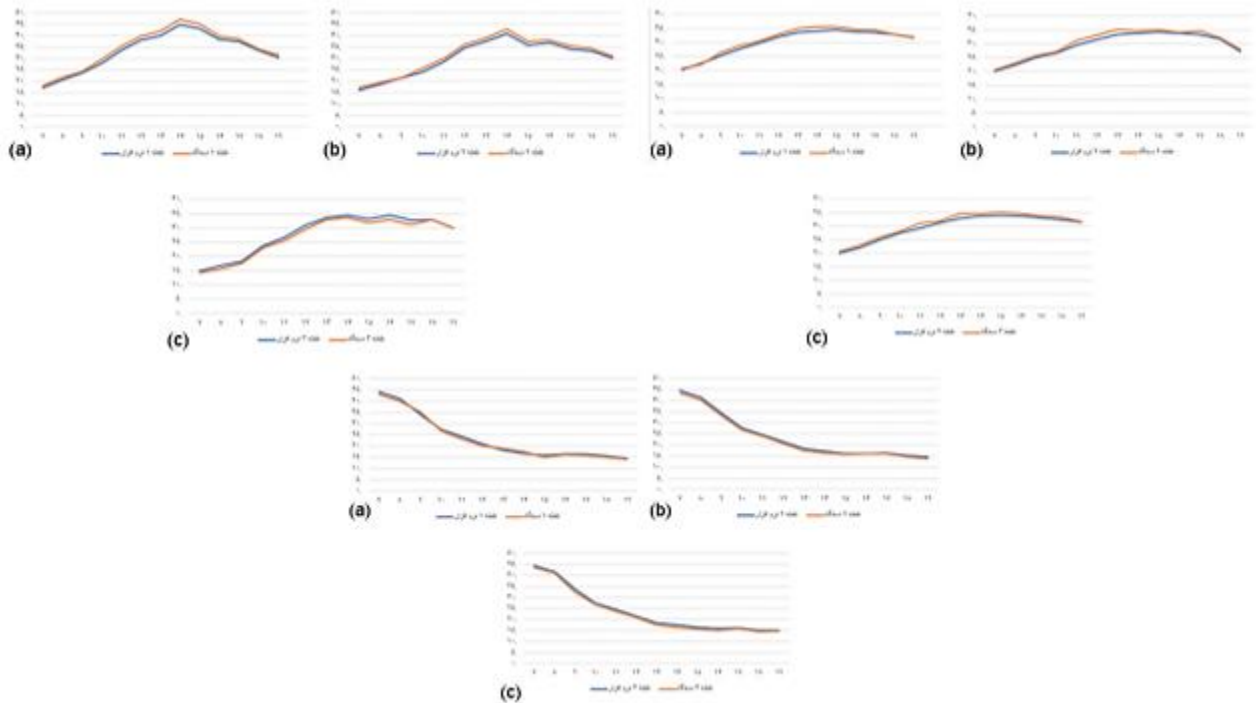
شکل ۲: روش پژوهش در یک نگاه کلی  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

### دستگاه‌های اندازه‌گیری در محل و اعتبارسنجی نرم افزار

با دستگاه‌هایی در سایت نازوان، در تاریخ ۱۳۹۸.۰۳.۲۴ اندازه‌گیری‌هایی انجام شد و سپس برای اعتبارسنجی، به مقایسه اعداد دستگاه‌ها با نرم‌افزار انویمت پرداخته شد.



شکل ۳: به ترتیب از راست به چپ، دماسنج سطحی Testo 905-T2، دماسنج و رطوبت سنج Datalogger.  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)



شکل ۴: به ترتیب از راست به چپ، مقایسه دمای هوای دستگاه Datalogger و نرم افزار، مقایسه دمای سطح دستگاه - Testo 905 و T2 و نرم افزار و شکل پایین، مقایسه رطوبت نسبی دستگاه Datalogger و نرم افزار، در تاریخ ۱۳۹۸.۰۳.۲۴ (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

جدول ۲: مقایسه عددی نرم افزار ENVI-met و دستگاه‌ها در ۳ نقطه

ساعت			7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
نقطه یک	دمای	نرم افزار	17/2	20/7	23/8	28/0	33/6	38/0	40/0	44/8	43/1	38/4	37/6	33/6	30/4
		دستگاه	18/0	21/7	24/2	29/6	35/2	39/7	42/0	47/1	45/1	39/7	38/7	34/0	31/7
	رطوبت	نرم افزار	44/1	41/0	34/1	27/4	24/2	20/9	18/2	16/8	15/8	16/5	16/4	15/6	14/4
		دستگاه	43/0	39/9	35/1	26/7	23/2	20/0	19/0	17/6	15/1	16/0	15/9	15/0	14/2
	دمای هوا	نرم افزار	20/3	22/5	25/3	27/8	29/7	31/9	33/6	34/1	34/4	33/8	33/5	32/9	31/8
		دستگاه	20/8	22/2	26/5	28/8	30/5	33/0	35/0	35/6	35/5	34/6	34/5	33/0	32/1
نقطه دو	دمای	نرم افزار	16/1	18/7	21/6	24/1	28/4	34/6	37/4	40/8	35/8	36/9	34/0	33/4	30/3
		دستگاه	17/3	19/4	21/4	25/7	30/0	36/2	38/9	42/9	37/6	38/0	35/5	34/3	31/0
	رطوبت	نرم افزار	44/5	41/3	34/3	27/6	24/5	21/4	18/3	17/3	16/1	16/2	16/3	15/3	14/6
		دستگاه	43/3	40/2	33/2	26/9	24/0	20/6	17/4	16/4	15/8	16/0	16/0	14/8	14/0
	دمای هوا	نرم افزار	20/1	22/3	25/1	26/6	29/5	31/6	33/4	33/8	34/3	33/7	33/3	31/7	27/3
		دستگاه	20/6	23/0	25/8	27/1	31/0	33/2	35/1	34/8	35/1	34/0	34/7	32/3	28/0
نقطه سه	دمای	نرم افزار	14/9	16/7	18/4	23/6	26/6	30/9	33/5	34/4	33/2	34/4	32/7	33/0	30/1
		دستگاه	14/2	15/7	17/7	23/0	25/4	29/5	33/0	33/5	31/7	32/9	31/2	33/0	30/0
	رطوبت	نرم افزار	44/6	41/6	33/7	27/5	24/7	21/6	18/5	17/4	16/4	15/8	16/1	15/0	14/9
		دستگاه	43/6	41/0	32/4	26/7	23/8	21/0	17/6	16/4	15/6	15/1	15/8	14/5	14/8
	دمای هوا	نرم افزار	20/0	22/2	25/1	27/5	29/4	31/3	33/0	33/7	34/1	33/7	33/1	32/5	31/5
		دستگاه	20/8	23/0	26/0	28/1	31/0	32/1	34/6	34/6	35/1	34/7	33/7	33/3	31/8

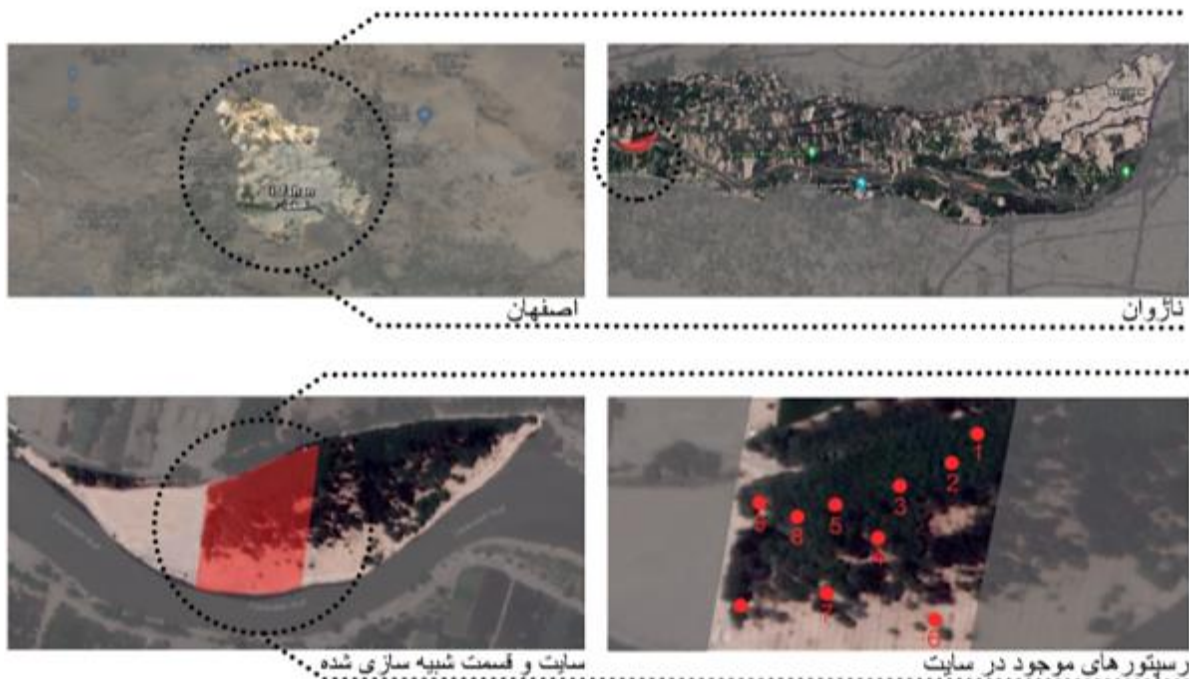
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

با توجه به سه شکل بالا و جدول ارائه شده و مقایسه اعداد آنها، درمی‌یابیم که در دستگاه Testo 905-T2 و نرم افزار، در نقطه ۱ و ۲، ۴.۸٪ اختلاف و در نقطه ۳، ۴.۵٪ اختلاف، در دستگاه Datalogger و نرم افزار، در نقطه ۱، ۴.۲٪، در نقطه ۲، ۴.۸٪ و در نقطه ۳، ۴.۶٪ اختلاف و در دستگاه AVM-305 Anemometer و نرم افزار، مشاهده می‌شود که در نقطه ۱، ۴.۵٪، در نقطه ۲، ۴.۹٪ و در نقطه ۳، ۴.۸٪ اختلاف وجود دارند که همگی آنها، از ۵٪ خطا کمتر هستند، بنابراین، نرم افزار از اعتبار بالایی برخوردار است. مقایسه سناریوها باتوجه به اینکه در ساعت ۱۴، بیشترین دمای هوا و دمای سطح وجود دارد و رطوبت به کمترین مقدار خود رسیده است و در ساعت ۹، بررسی می‌شوند.

### مطالعه نمونه موردی و آزمون تحقیق

منطقه نازوان، در قسمت غربی اصفهان واقع شده و تا حدودی از جریان توسعه و گسترش شهر، ایمن مانده است. در شکل ۴، موقعیت اصفهان، منطقه نازوان و محدوده‌ای از سایت موردنظر که یک هکتار است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. گیرنده‌های مجازی داده‌های محیطی، در ده نقطه از این محدوده در توپوگرافی‌های گوناگون برای دریافت تأثیر ارتفاع تاج پوشش گیاهی در آسایش زیستی قرار گرفته‌اند.

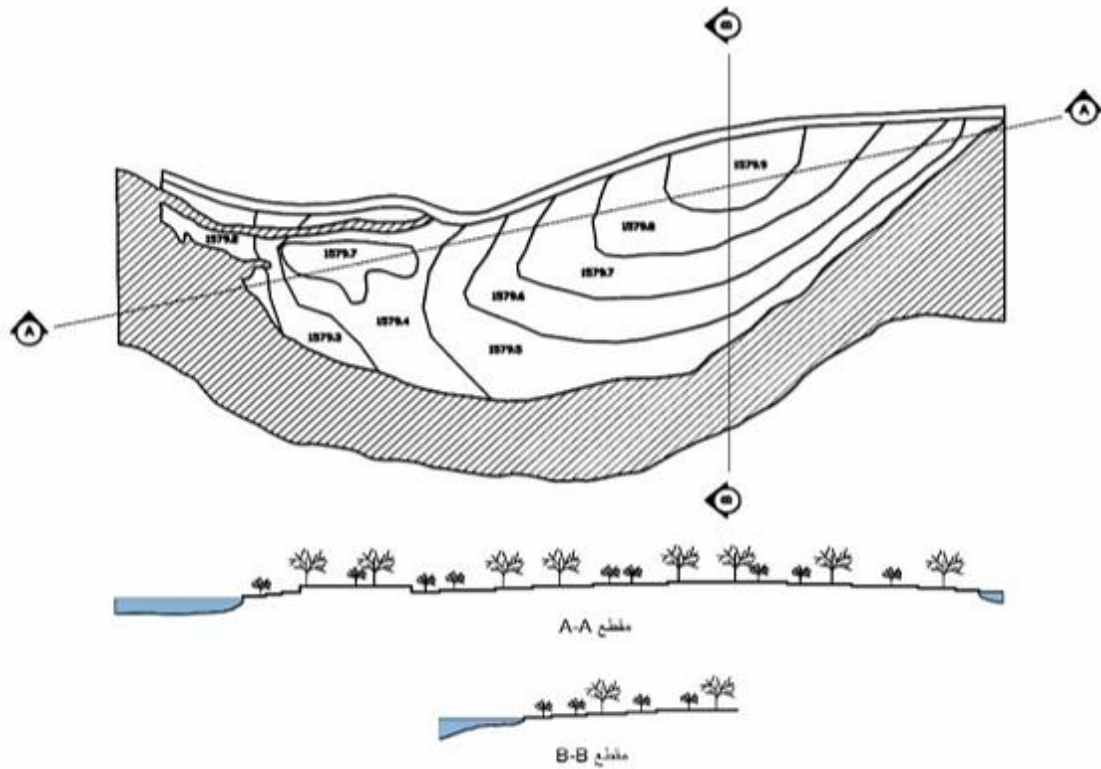
۱۰ رسیپتور، در نقاط مختلف سایت با توجه به قرارگیری درختان و در توپوگرافی‌های مختلف قرار دارد. نقطه ۱۰ در ارتفاع ۳ متر و در نیمسایه، نقطه ۹ در ارتفاع ۳ متری و در سایه، نقطه ۸ در ارتفاع ۴ متری و در سایه، نقطه ۷ در ارتفاع ۴ متری و در نیمسایه، نقطه ۶ در ارتفاع ۵ متری و در آفتاب، نقطه ۵ در ارتفاع ۵ متری و در سایه، نقطه ۴ در ارتفاع ۶ متری در نیمسایه، نقطه ۳ در ارتفاع ۶ متری در سایه، نقطه ۲ در ارتفاع ۷ متری در سایه، نقطه ۱ در ارتفاع ۸ متری در سایه.



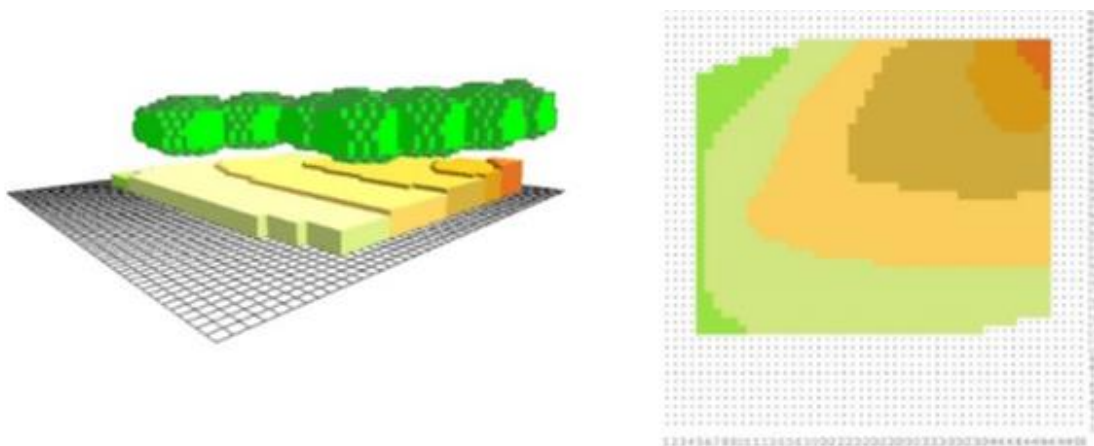
شکل ۵: موقعیت سایت انتخابی

(منبع: نگارنگان، ۱۴۰۰)

در شکل ۶، توپوگرافی کل سایت و مقاطع طولی و عرضی از آن و در شکل ۷، توپوگرافی قسمتی که شبیه‌سازی شده نشان داده شده است.



شکل ۶: سایت انتخابی و مقاطع آن  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)



شکل ۷: قسمتی از سایت و توپوگرافی آن در نرم افزار انویمت  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

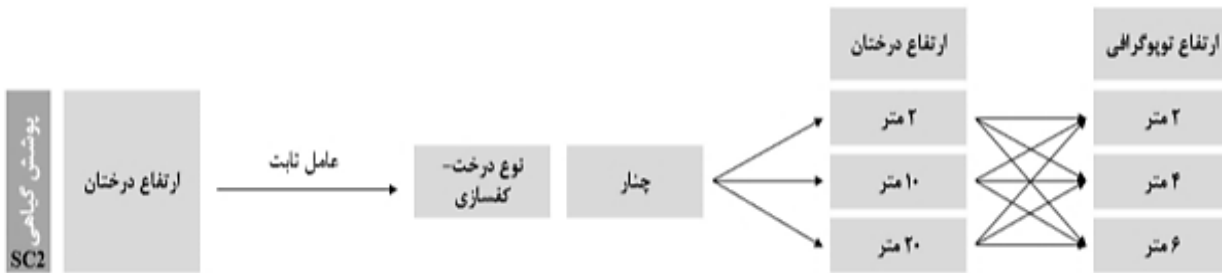


شکل ۸: دید و منظر به سایت و شناسایی گیاهان  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

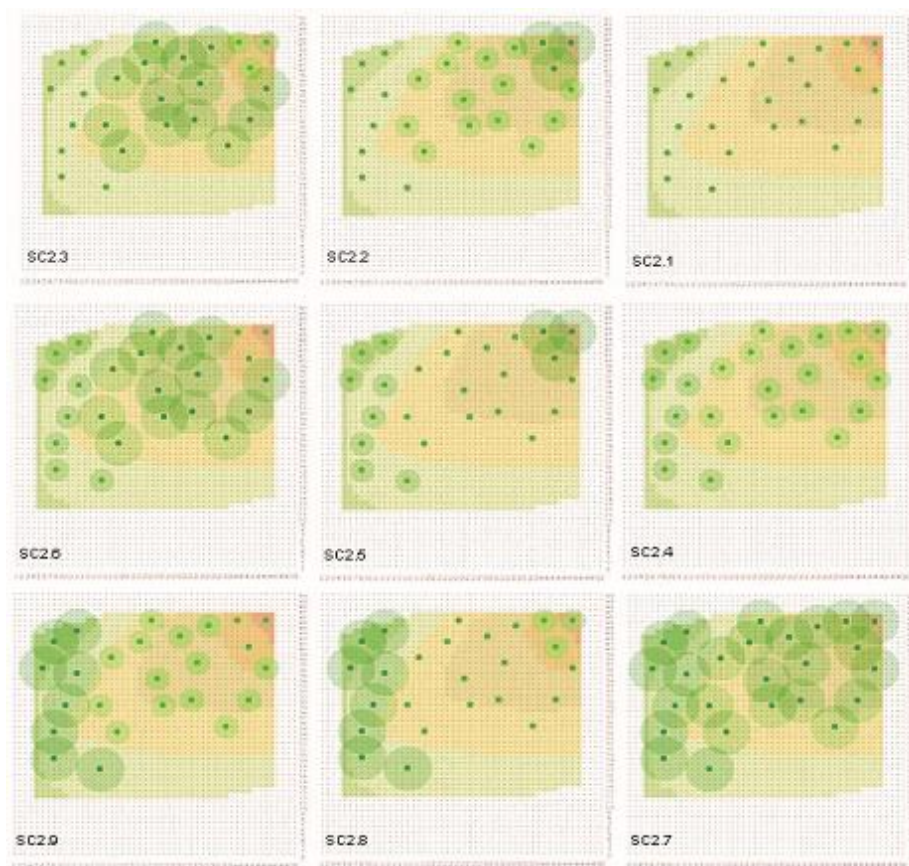
در شکل ۸، دید و منظر به سایت بررسی شده است و نشان‌دهنده این است که پوشش گیاهی غالب در این سایت، درخت چنار است.

تغییر توپوگرافی و ارتفاع تاج درختان و پوشش گیاهی نقشی اساسی در آب و هوای منطقه دارد، به‌همین دلیل این سناریو با هدف تغییر ارتفاع گیاهان در توپوگرافی که تأثیری اساسی در ایجاد سایه، کاهش درجه حرارت و افزایش آسایش زیستی دارد، انتخاب شد. این سناریو شامل سه بخش است: (درختان فعلی سایت: چنار است).

- ۱- ارتفاع گیاهان تا ۲ متر و ترکیب آنها (SC2.1, SC2.2, SC2.3)
- ۲- ارتفاع گیاهان تا ۱۰ متر و ترکیب آنها (SC2.4, SC2.5, SC2.6)
- ۳- ارتفاع گیاهان تا ۲۰ متر و ترکیب آنها (SC2.7, SC2.8, SC2.9)



شکل ۹: سناریو ارتفاع تاج درختان و تغییر توپوگرافی  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)



شکل ۱۰: تغییر ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی  
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

### - ورودی‌های نرم افزار انویمت

داده‌های آب و هوایی، در تاریخ ۱۳۹۸.۰۳.۲۴، از ایستگاه هواشناسی اصفهان که در ارتفاع ۱۵۶۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد و مشخصات آن در جدول ۳ است، به صورت دستی وارد نرم‌افزار ENVI-met شده است.

جدول ۳: اطلاعات ورودی به نرم افزار انویمت در تاریخ ۱۳۹۸.۰۳.۲۴

روز تحلیل	زمان شروع	زمان پایان	مدت زمان تحلیل (ساعت)	سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری (m/s)	جهت باد (درجه)	میزان زبری سطح سایت	کمترین دما	بیشترین دما	کمترین میزان رطوبت نسبی	بیشترین میزان رطوبت نسبی
۲۰۱۹،۰۶،۱۴	۶.۰۰	۱۹.۰۰	۱۳	۲.۹	۳۰۱	۰.۰۱	۱۹.۷	۳۴.۴	۱۱.۴	۴۲.۰۶

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

جدول ۴: محل قرارگیری ایستگاه هواشناسی دولت آباد

عرض جغرافیایی	$32^{\circ}: 48': 3'' = 32.801014$
طول جغرافیایی	$51^{\circ}: 41': 43'' = 51.695459$

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

برای محاسبه شاخص PMV، که در تعیین آسایش محیطی بسیار پرکاربرد است از نرم افزار Biomet، استفاده شده است که داده‌های ورودی در این نرم افزار، در جدول زیر آمده است.

جدول ۵: تنظیمات محاسبه PMV و اطلاعات ورودی به نرم افزار

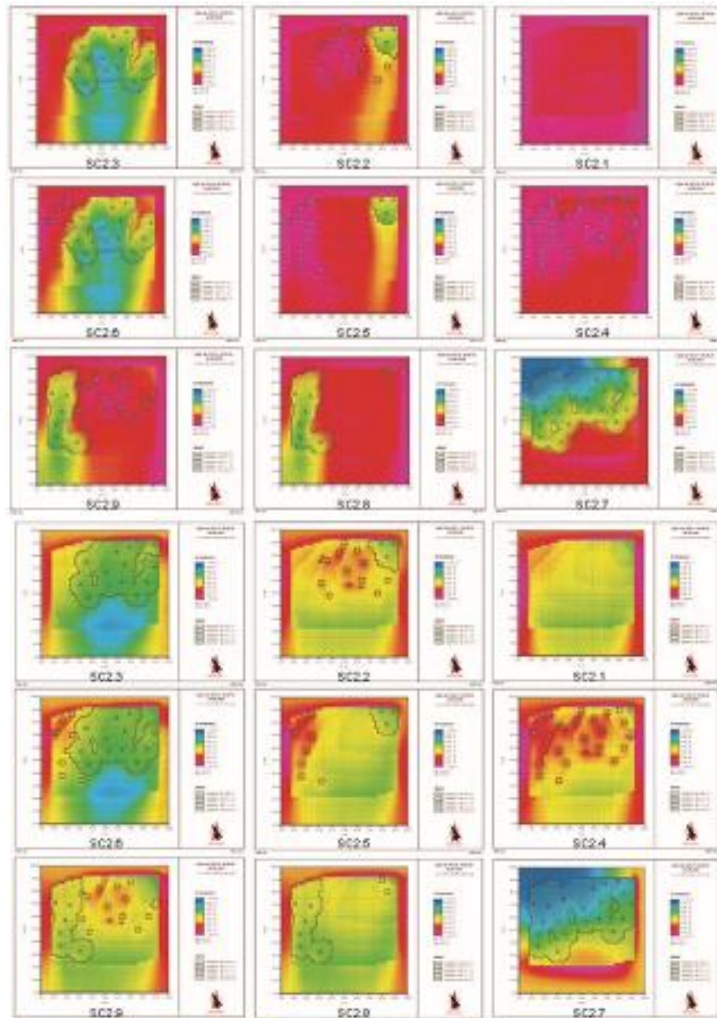
تنظیمات محاسبه PMV						
وزن	قد	سن	جنسیت	میزان پوشش (CLO)	متابولیک (MET)	سرعت (آرام آرام راه رفتن)
۷۵ کیلوگرم	۱/۷۵	۳۵	مرد	۰/۵	۲/۳	۱/۲۱ متر بر ثانیه

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

## تحلیل آزمون

با شبیه‌سازی الگوها در نرم افزار ENVI-met، مدل‌های اقلیمی به کمک نرم افزار Leonardo، استخراج شدند عوامل اقلیمی مؤثر بر آسایش زیستی محیطی از جمله دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و دمای متوسط تابشی مورد بررسی قرار گرفتند که در ادامه، به تأثیرات هر کدام از این عوامل بر محیط پرداخته می‌شود. در این تحقیق، متغیرها در صبح (ساعت ۹) و بعداز ظهر (ساعت ۱۴) در تابستان در تاریخ ۱۳۹۸.۰۳.۲۴ با ثابت نگه داشتن نوع درخت (چنار) و کفسازی (خاک)، اندازه‌گیری شده است.

## - دمای هوا



شکل ۱۱: مقایسه دمای هوا

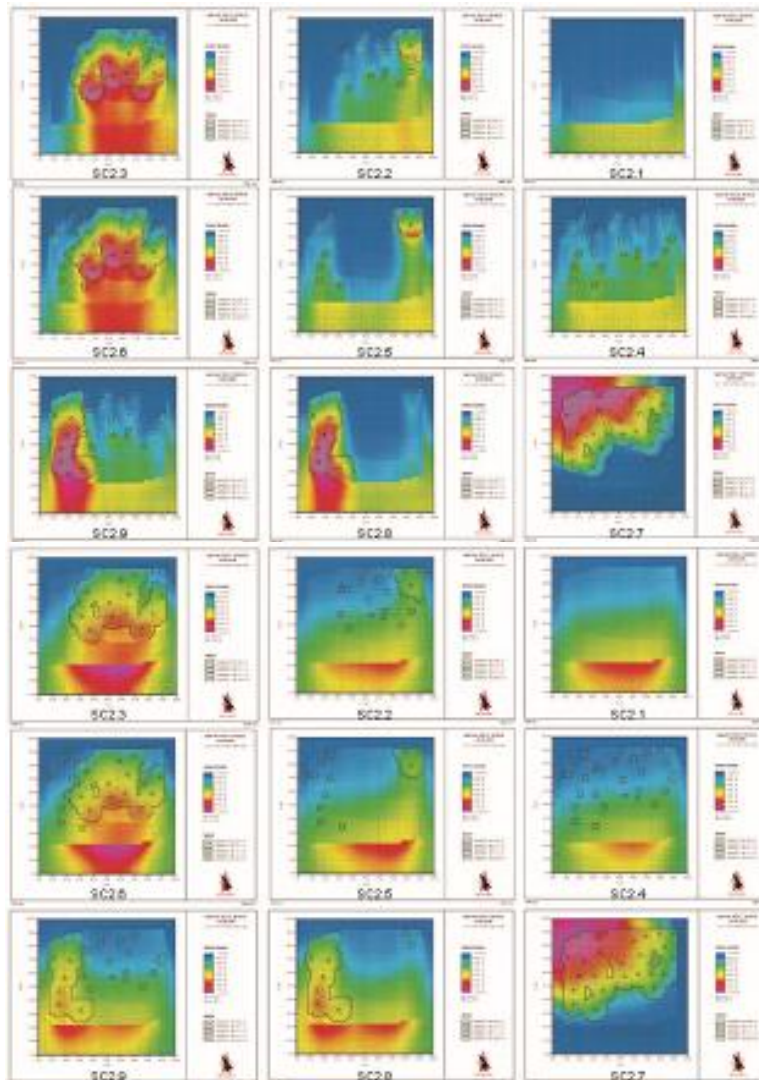
شکل سمت راست: بررسی نقش دمای هوا در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۹ صبح. شکل سمت چپ: بررسی نقش دمای هوا در ارتفاع

تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۱۴

(منبع: نگارنگان، ۱۴۰۰)

دمای متوسط تابشی بر تغییرات دمای هوا مؤثر هستند. شکل بالا نشان می‌دهد که درختان با ارتفاع ۲۰ متر به دلیل ایجاد سایه‌ای بلندتر، دمای هوا را در نقاط بیشتری از زمین، به میزان بیشتری کاهش می‌دهند و هرچه میزان درختان، بیشتر باشد، دمای هوا کاهش می‌یابد. درختان با ارتفاع بیشتر، وقتی در ارتفاعات پایین‌تر و درختان با ارتفاع کمتر در ارتفاع بالاتر قرار می‌گیرند، دمای هوای ثابت‌تری وجود دارد.

- رطوبت نسبی

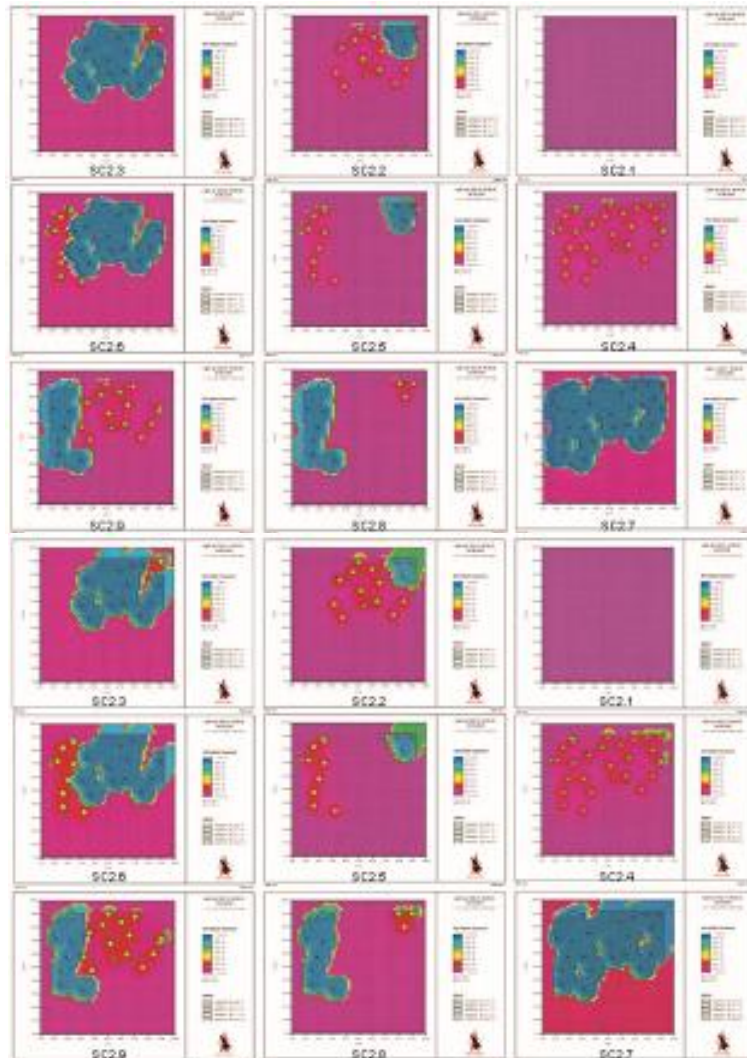


شکل ۱۲: مقایسه رطوبت نسبی

شکل سمت راست: بررسی نقش رطوبت نسبی در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۹ صبح. شکل سمت چپ: بررسی نقش رطوبت نسبی در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۱۴ (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

رطوبت نسبی، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آسایش زیستی در منطقه گرم و خشک در فصل تابستان است. میزان درختان، نوع و مساحت برگ درختان بر رطوبت نسبی مؤثر هستند، اما نباید از تأثیر ارتفاع تاج درخت و میزان سایه‌اندازی آنها غافل شد. شکل بالا نشان می‌دهد که درختان با ارتفاع ۲۰ متر به دلیل ایجاد سایه‌ی بلندتر، رطوبت بیشتری دارند و هرچه میزان درختان، بیشتر باشد، میزان رطوبت افزایش می‌یابد. درختان با ارتفاع بیشتر، وقتی در ارتفاعات پایین‌تر و درختان با ارتفاع کمتر در ارتفاع بالاتر قرار می‌گیرند، رطوبت هوای ثابت‌تری وجود دارد.

## - دمای متوسط تابشی

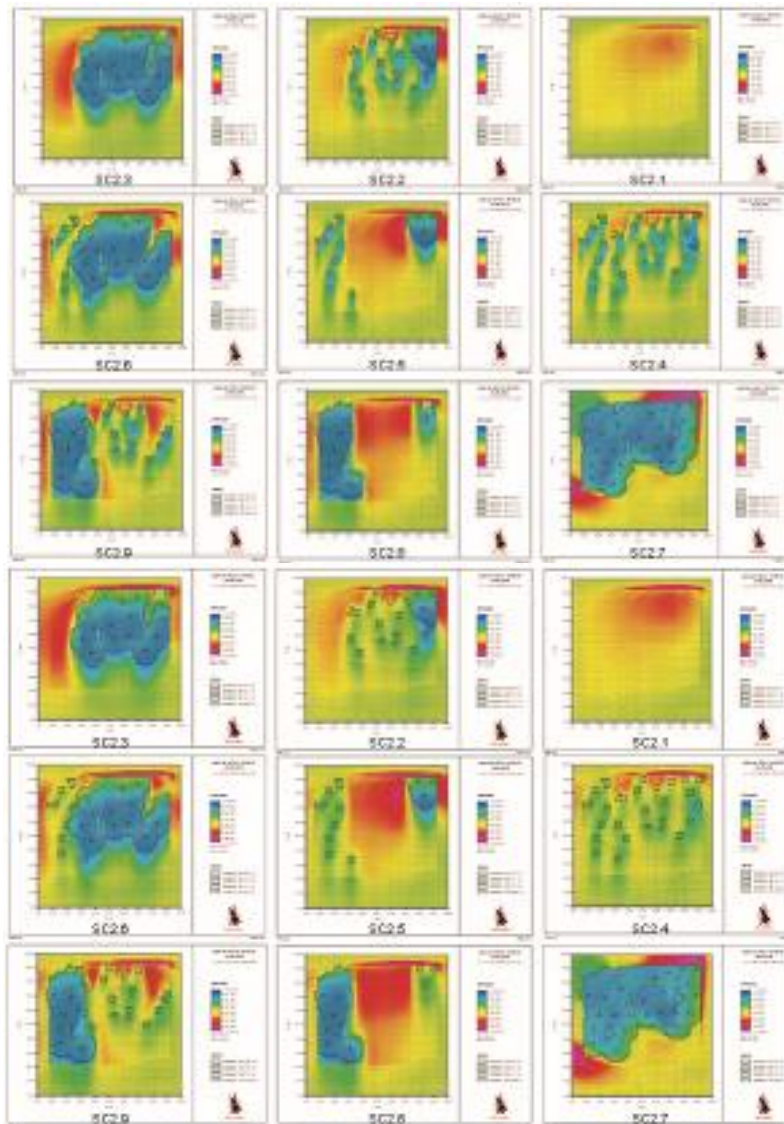


شکل ۱۳: مقایسه دمای متوسط تابشی

شکل سمت راست: بررسی نقش دمای متوسط تابشی در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۹ صبح، شکل سمت چپ: بررسی نقش دمای متوسط تابشی در توپوگرافی در ساعت ۱۴ (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

باتوجه به اینکه، دمای متوسط تابشی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر آسایش زیستی است، انبوه درختان و میزان سایه آنها، از عوامل مؤثر بر تغییرات دمای متوسط تابشی هستند. شکل بالا نشان می‌دهد که درختان با ارتفاع ۲۰ متر به دلیل ایجاد سایه‌ای بلندتر، دمای متوسط تابشی کمتری دارند و هرچه میزان درختان، بیشتر باشد، میزان دمای متوسط تابشی کاهش می‌یابد. درختان با ارتفاع بیشتر، وقتی در ارتفاعات پایین‌تر و درختان با ارتفاع کمتر در ارتفاع بالاتر قرار می‌گیرند، دمای متوسط تابشی ثابت‌تری وجود دارد.

- سرعت باد

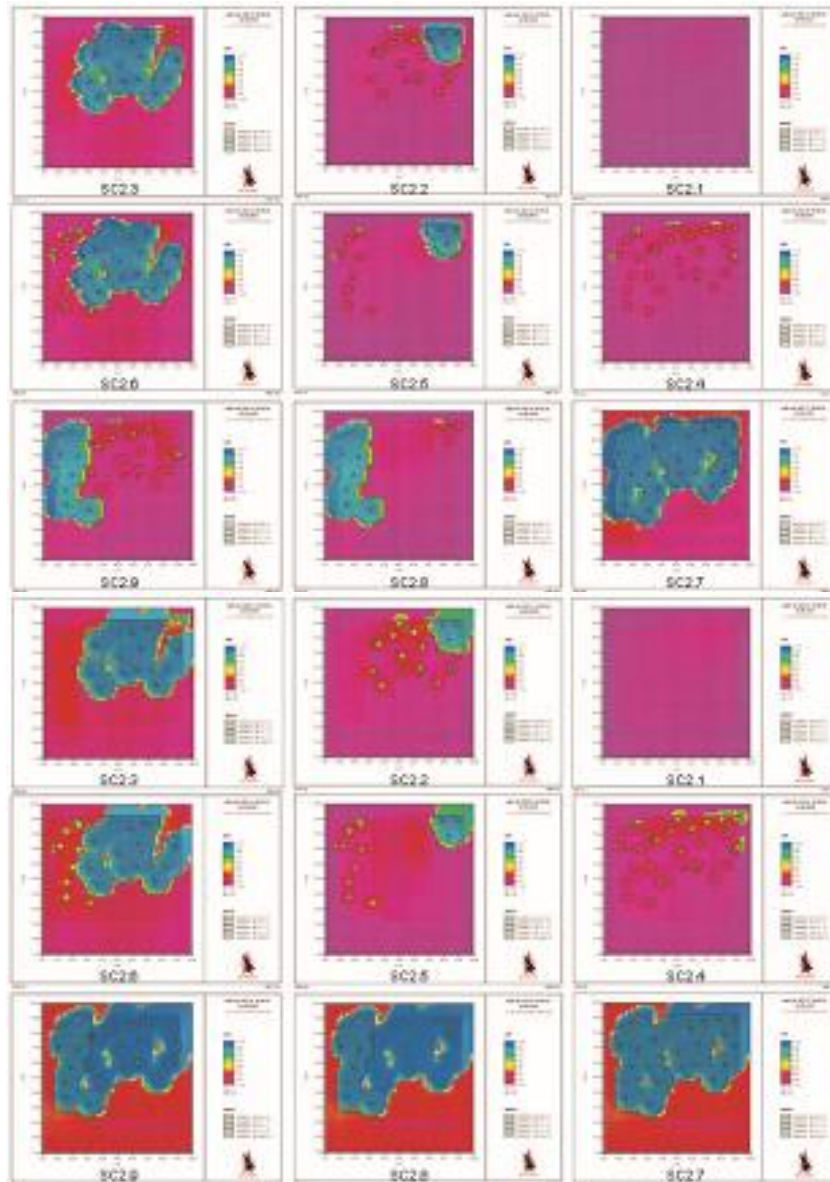


شکل ۱۴: مقایسه سرعت باد

شکل سمت راست: بررسی نقش سرعت باد در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۹ صبح. شکل سمت چپ: بررسی نقش سرعت باد در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۱۴ (منبع: نگارنگان، ۱۴۰۰)

تأثیر ارتفاع درختان و تراکم آنها، بر سرعت و جهت باد که به طور مستقیم بر آسایش زیستی افراد در فضای باز شهری مؤثرند، برکسی پوشیده نیست. شکل بالا نشان می‌دهد که درختان خودشان می‌توانند به عنوان مانعی برای عبور جریان هوا باشند، پس باید در انتخاب محل قرارگیری آنها دقت کرد. درختان با ارتفاع بیشتر، وقتی در ارتفاعات پایین تر و درختان با ارتفاع کمتر در ارتفاع بالاتر قرار می‌گیرند، سرعت باد ثابت تری وجود دارد.

## PMV -



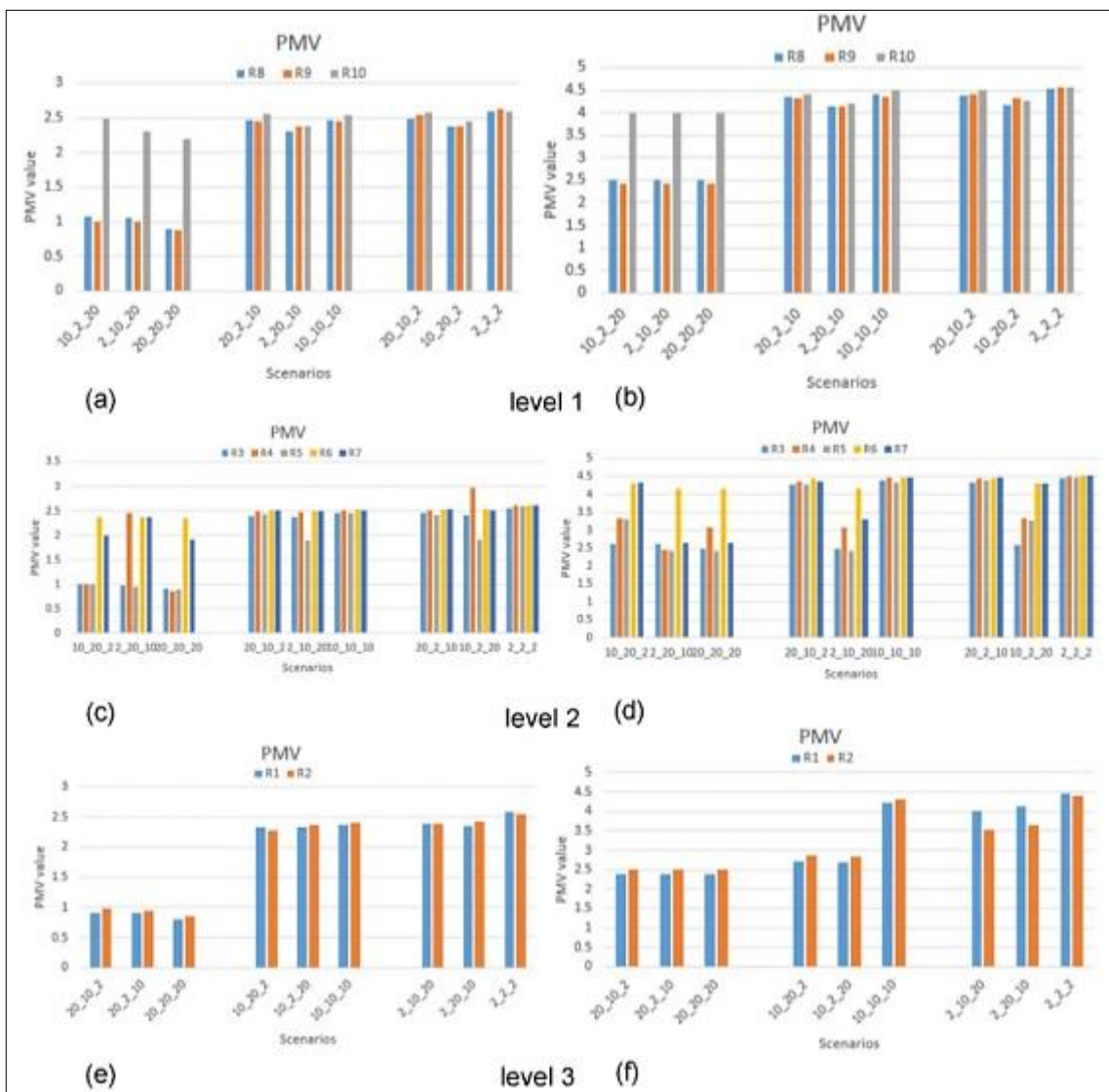
شکل ۱۵: مقایسه PMV.

شکل سمت راست: بررسی نقش PMV در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۹ صبح. شکل سمت چپ: بررسی نقش PMV در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۱۴ (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

شکل بالا نشان می‌دهد که درختان با ارتفاع ۲۰ متر به دلیل ایجاد سایه‌ای بلندتر، PMV کمتری دارند و هرچه میزان درختان، بیشتر باشد، میزان PMV کاهش می‌یابد. درختان با ارتفاع بیشتر، وقتی در ارتفاعات پایین‌تر و درختان با ارتفاع کمتر در ارتفاع بالاتر قرار می‌گیرند، PMV ثابت‌تری وجود دارد.

### جمع‌بندی و تحلیل داده‌ها

به کمک نرم‌افزار Biomet، به تحلیل داده‌ها و رابطه هر کدام از پارامترها با آسایش زیستی در ده گیرنده مجازی در سایت موردنظر در ۹ الگو در ساعت ۹ صبح و ۱۴ پرداخته شد. هر کدام از این الگوها، نشان دهنده تأثیرشان بر هر کدام از گیرنده‌های مجازی است. با بررسی این ۹ الگو، الگوی بهینه به دست خواهد آمد. به دلیل تأثیر فاکتور-های دیگر، از جمله مصالح کف، ضریب دید آسمان و ... هر کدام از گیرنده‌ها باید با نمونه مشابه خود ارزیابی شوند تا بتوان به یک نتیجه‌گیری کلی در رابطه با ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی رسید.



شکل ۱۶: مقایسه PMV

شکل سمت راست: بررسی نقش PMV در ارتفاع تاج درختان در توپوگرافی در ساعت ۹ صبح. شکل سمت چپ: بررسی نقش PMV در ارتفاع تاج

درختان در توپوگرافی در ساعت ۱۴

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

شکل ۱۶، PMV ارتفاع گیاهان در ۱۰ رسپتور را مقایسه می‌کند. رسپتورهای ۱ و ۲، در بالاترین توپوگرافی قرار دارند. در ساعت ۱۴، این رسپتورها در الگوی ۲۰-۲۰-۲۰، به ترتیب عدد ۰/۸ و ۰/۸۳ را به عنوان پایین ترین PMV و در الگوی ۲-۲-۲ عدد ۲/۵۸ و ۲/۵۳ را به عنوان بالاترین PMV نشان می‌دهند. در ساعت ۹ صبح، رسپتورهای ۱ و ۲، در الگوهای ۲۰-۱۰-۲ و ۲۰-۲-۱۰ و ۲۰-۲۰-۲۰، عدد ۲/۴۵ و ۲/۵ و ۲/۵ را به عنوان پایین ترین PMV و در الگوی ۲-۲-۲، عدد ۴/۴۹ و ۴/۸ را به عنوان بالاترین PMV نشان می‌دهند. رسپتورهای ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ در لایه میانی توپوگرافی قرار دارند. در ساعت ۱۴، رسپتورهای ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ در الگوی ۲۰-۲۰-۲۰، عدد ۰/۷۶، ۰/۷۹، ۲/۴ و ۱/۸۷ را به عنوان پایین ترین PMV و در الگوی ۲-۲-۲ رسپتورهای ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ عدد ۲/۵۵، ۲/۵۹ و ۲/۵۹ و رسپتور ۴ در الگوی ۲۰-۲-۲۰، عدد ۲/۹۵ را به عنوان بالاترین PMV نشان می‌دهند. در ساعت ۹ صبح، رسپتورهای ۳، ۴، ۵، ۶ در الگوهای ۲۰-۲۰-۲۰ و ۲-۱۰-۲۰، عدد ۲/۴، ۲/۵، ۲/۴ و ۴/۱ و رسپتور ۴، در الگوی ۲۰-۲۰-۱۰، عدد ۴/۹۳ و رسپتور ۷، در الگوهای ۲-۲۰-۱۰ و ۲۰-۲۰-۲۰، عدد ۲/۶۵ را نشان می‌دهند. رسپتورهای ۸، ۹ و ۱۰، در پایین ترین توپوگرافی قرار دارند. در ساعت ۱۴، رسپتورهای ۸، ۹ و ۱۰ در الگوی ۲۰-۲۰-۲۰، عدد ۰/۸، ۰/۷۶ و ۲/۴۷ را به عنوان پایین ترین PMV و در الگوی ۲-۲-۲، عدد ۲/۶۶، ۲/۷ و ۲/۶۵ را به عنوان بالاترین PMV نشان می‌دهند. در ساعت ۹ صبح، رسپتورهای ۸، ۹ و ۱۰، در الگوهای ۲۰-۲-۲۰، ۲۰-۱۰-۲۰ و ۲۰-۲۰-۲۰، عدد ۲/۵، ۲/۴۲ و ۲/۴۲ را به عنوان پایین ترین PMV و در الگوی ۲-۲-۲، عدد ۴/۵۳، ۴/۵۷ و ۴/۵۸ را به عنوان بالاترین PMV نشان می‌دهند. نتیجه این نمودارها، نشان می‌دهد که هرچقدر ارتفاع تاج درختان و تعداد آنها افزایش یابد، به دلیل افزایش سایه درختان، آسایش زیستی بیشتر می‌شود و هرچقدر درختان با ارتفاع تاج بیشتر در ارتفاع پایین تر قرار می‌گیرند، آسایش زیستی ثابت تر است و همچنین با اینکه توپوگرافی در درجه حرارت تأثیر دارد، اما انبوه درختان با ارتفاع بیشتر، تأثیر بیشتری دارد.

### نتیجه گیری

درختان و پوشش های گیاهی نه تنها از نظر زیبایی شناسی و هویت بصری شهرها دارای اهمیت هستند بلکه سبب شکل گیری خرد اقلیم های مناسب شهری شده و کیفیت زیست را ارتقاء می بخشد. از جمله پژوهش هایی که در مناطق گرم و خشک کمتر مورد توجه قرار گرفته است سنجش دقیق نقش درختان در شکل گیری آسایش زیستی است از این رو این پژوهش با در نظر گرفتن نقش ارتفاع تاج درختان در پارک نازوان شهر اصفهان سعی در بررسی دقیق نقش و کارکرد تاج درختان در شکل گیری آسایش زیستی نموده است. انواع تاج درخت چنار (درخت غالب منطقه) با در نظر گرفتن عوامل اقلیمی (دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای متوسط تابشی و سرعت باد) بررسی شد و تأثیر آنها بر PMV و آسایش زیستی به دست آمد. در جدول زیر، به مقایسه اختلاف بیشترین و کمترین PMV سناریوها در ساعت ۹ صبح و ۱۴ پرداخته شد.

جدول ۶: مقایسه اختلاف مینیمم و ماکزیمم PMV سناریوها در ساعت ۹ صبح و ۱۴

PMV		سناریو
۱۴	۹	
۰.۲۹	۰.۲۱	SC2.1 (۲-۲-۲)
۱.۹۳	۱.۸۳	SC2.2 (۱۰-۲۰-۲)
۱.۹۳	۱.۷۱	SC2.3 (۲۰-۱۰-۲)
۱.۵۶	۱.۱۸	SC2.4 (۱۰-۱۰-۱۰)
۱.۹۵	۱.۷۴	SC2.5 (۲-۲۰-۱۰)
۱.۹۳	۱.۷۴	SC2.6 (۲۰-۲-۱۰)
۲	۱.۷۶	SC2.7 (۲۰-۲۰-۲۰)
۱.۹۳	۱.۶۸	SC2.8 (۲-۱۰-۲۰)
۱.۹۳	۱.۶۷	SC2.9 (۱۰-۲-۲۰)

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰)

جدول ۶ نشان‌دهنده این است که در سناریو SC2.1 با درختان ۲ متری، در سناریو SC2.4 با درختان ۱۰ متری و در سناریو SC2.7 با درختان ۲۰ متری، به ترتیب میزان اختلاف PMV در حال افزایش است که نشان‌دهنده تأثیر ارتفاع تاج درختان بر PMV است. در سایر سناریوها PMV نزدیک به هم است اما در موقعیت‌هایی که درختان ۲۰ متری در سطحی وسیع‌تر قرار دارند، میزان PMV افزایش یافته است. داده‌های اندازه‌گیری شده از عوامل اقلیمی نشان می‌دهند که بیشترین اختلاف دمای هوا در ساعت ۹ صبح و ۱۴ مربوط به سناریو SC2.7 است که به ترتیب ۱.۵۶ و ۱.۰۲ درجه سلسیوس است، بیشترین اختلاف رطوبت نسبی در ساعت ۹ صبح و ۱۴ مربوط به سناریو SC2.7 است که به ترتیب ۸.۴۹ و ۳.۹۹ درصد است و بیشترین اختلاف دمای متوسط تابشی هم در ساعت ۹ صبح و ۱۴ مربوط به سناریو SC2.7 است که به ترتیب ۳۰.۴ و ۳۰.۱۹ درجه سلسیوس است و اختلاف میزان سرعت باد در سناریوها به دلیل قرارگیری در ارتفاع پایین‌تر زیاد نیست ولی بیشترین اختلاف سرعت باد در ساعت ۹ صبح و ۱۴ مربوط به سناریو SC2.7 است که به ترتیب ۲.۶۹ و ۲.۵۶ متر بر ثانیه است و این نشان‌دهنده این است که هرچه ارتفاع تاج درختان بیشتر باشد، میزان اختلاف عوامل اقلیمی با محیط و در آفتاب بیشتر می‌شود. این نتایج، مهر تأییدی بر نقش ارتفاع تاج درختان بر آسایش زیستی است و وجود پوشش گیاهی با ارتفاع تاج بیشتر باعث سایه‌اندازی مناسب، به خصوص در ساعت‌های بحرانی تابستان و افزایش تبخیر و تعرق در زون‌ها با کاربری‌های گوناگون و توپوگرافی‌های مختلف می‌شود که می‌توانند دستاوردهای این پژوهش را تبیین کنند. میزان سایه‌اندازی درختان، بیشترین تأثیر را بر دمای متوسط تابشی و در ادامه بر دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد دارد. به طوری که، توجه به ارتفاع درختان کاشته شده و در نظر گرفتن توپوگرافی موجود، نقش مهمی در ایجاد سایه دارد. در محیط گرم و خشک اصفهان، افزایش تعداد درختان بومی نیز، یکی از عواملی است که باعث کاهش هزینه نگهداری پوشش گیاهی و افزایش آسایش زیستی محیط می‌شود.

نتایج مطالعات مشابه نیز نشان می‌دهند که درختان دمای هوا را نسبت به چمن به دلیل سایه‌اندازی بیشتر، بیشتر کاهش می‌دهند (Lin et al, 2017: 59; Giridharan et al, 2008: 1592; Lee et al, 2016: 49; Zheng et al, 2016: 146). گونه‌های درختی نیز به دلیل تفاوت در تاج درخت، ارتفاع درخت، تفاوت سطح برگ درختان، آبدوی شاخ و برگ درختان و ... نقش مهمی در تعدیل آب و هوا دارند (Morakinyo et al, 2018: 169). نتایج این



فانی، زهرا. (۱۳۹۷). تامین آسایش حرارتی در فضا های شهری اقلیم گرم و مرطوب با هدف تقویت حضورپذیری شهروندان: چارچوب طراحی شهری لبه ساحلی رودخانه کارون، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

کاوایی، محمدرضا. (۱۳۹۱). میکروکلیماتولوژی، سمت (سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها)، چاپ ششم، تهران.

<https://www.gisoom.com/book/1868074/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%DA%A9%D9%84%DB%8C%D9%85%D8%A7%D8%AA%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C/>

کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۲). اقلیم و معماری، خاک، چاپ پنجم، اصفهان.

<https://www.gisoom.com/book/1978376/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%D8%A7%D9%82%D9%84%DB%8C%D9%85-%D9%88-%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C/>

هماهمی، محمدرضا؛ زائری امیرانی، آزاده. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر اندازه و شکل پارک های شهر بر غنای گونه های پرندگان، (مطالعه موردی: بوستان های اصفهان). نشریه محیط شناسی، دانشگاه تهران، دوره سی و هفتم، شماره ۵۹، صص ۶۲-۵۵.

<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=144342>

## References

Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Omrany, H., Wang, Z. H., Akbari, H. (2017). Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong. *Cities*, volume 62, 131–145.

<https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.003>

Akrami, F., Ayatollahi, S. M. H., Afrasiabi, H. (2021). A Review of the Foundations of Thermal Comfort Methodology in the Built Environment. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, 31(4), 1-17.

<http://ijaup.iust.ac.ir/article-1-622-en.html>

Aljawabra, F. (2014). Thermal comfort in outdoor urban spaces: The hot arid climate. Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath, Bath, United Kingdom.

[https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/187950815/Master\\_3\\_08\\_01\\_15\\_c.pdf](https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/187950815/Master_3_08_01_15_c.pdf)

Chen, L., Ng, E. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade, *Cities*, 29(2), 118-125.

<https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.006>

El-Bardisy, W. M., Fahmy, M., El-Gohary, G. F. (2016). Climatic Sensitive Landscape Design: Towards a Better Microclimate through Plantation in Public Schools, Cairo, Egypt. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Volume 216, 206–216.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.029>

Fong, C. S., Aghamohammadi, N., Ramakreshnan, L., Sulaiman, N. M., Mohammadi, P. (2019). Holistic recommendations for future outdoor thermal comfort assessment in tropical Southeast Asia: A critical appraisal. *Sustainable Cities and Society*. Volume 46.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101428>

Giridharan, R., Lau, S.S.Y., Ganesan, S., Givoni, B. (2008). Lowering the outdoor temperature in high-rise high-density residential developments of coastal Hong Kong: The vegetation influence. *Building and Environment*. 43(10) 1583–1595.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.003>

Johanson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R., Kruger, E. (2014). Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies - The need for standardization, *Urban climate*. Volume 10, part 2, 346-366.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.12.002>

Karimi, A., Sanaieian, H., Farhadi, H., Norouzian-Maleki, S. (2020). Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park. *Energy Reports*. Volume 6, 1670-1684.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720302638>

Lee, H., Holst, J., Mayer, H. (2013). Modification of Human-Biometeorologically Significant Radiant Flux Densities by Shading as Local Method to Mitigate Heat Stress in summer within Urban Street Canyons. *Advances in Meteorology*, Volume 2013, *Advances in Urban Biology*.

<https://doi.org/10.1155/2013/312572>

Lee, H., Mayer, H., Chen, L. (2016). Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Urban Planning*, Volume 148, 37-50.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.004>

Lee, H., Mayer, H., Schindler, D. (2014). Importance of 3-D radiant flux densities for outdoor human thermal comfort on clear-sky summer days in Freiburg, Southwest Germany. *Meteorologische Zeitschrift*, 23(3), 315-330.

[https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/23/83123/Importance\\_of\\_3\\_D\\_radiant\\_flux\\_densities\\_for\\_outdoor\\_human\\_thermal\\_comfort\\_on\\_clear\\_sky\\_summer\\_days\\_in\\_Freiburg\\_Southwest\\_Germany](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/23/83123/Importance_of_3_D_radiant_flux_densities_for_outdoor_human_thermal_comfort_on_clear_sky_summer_days_in_Freiburg_Southwest_Germany)

shape on the maximum urban heat island effect. *Building Services Engineering Research and Technology*, 33(4), 371-385.

<https://doi.org/10.1177/0143624411417899>

Lin, P., Lau, S.S.Y., Qin, H., Gou, Z. (2017). Effects of urban planning indicators on urban heat island: a case study of pocket parks in high-rise high-density environment. *Landscape and Urban Planning*. Volume 168, 48-60.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.024>

Lin, P., Song, D., Qin, H. (2021). Impact of parking and greening design strategies on summertime outdoor thermal condition in old mid-rise residential estates. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 63.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127200>

Milosevic, D. D., Bajanski, I. V., Savic, S. M. (2017). Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 23, 113-124.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.011>

Morakinyo, T. E., Kong, L., Lau, K. K. L., Yuan, C., Ng, E. (2017). A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort. *Building and Environment*, Volume 115, 1-17.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.005>

Morakinyo, T. E., Lau, K.K., Ren, C., Ng, E. (2018). Performance of Hong Kong's common trees species for outdoor temperature regulation, thermal comfort and energy saving. *Building and Environment*. Volume 137, 157-170.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.012>

Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scalemodel and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237-254.

<https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>

- Perini, K., Chokhachian, A., Auer, T. (2018). Chapter 3.3 - Green streets to increase outdoor comfort. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. 119–129.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00011-2>
- Roth, M. (2007). Review of urban climate research in (sub) tropical regions. *International Journal of Climatology*, 27(14), 1859–1873.  
<https://doi.org/10.1002/joc.1591>
- Szűcs, A. (2013). Wind comfort in a public urban space — Case study within Dublin Docklands. *Frontiers of Architectural Research*, 2(1), 50-66.  
<https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.12.002>
- Targhi, M. Z., Dessel, S.V. (2015). Potential Contribution of Urban Developments to Outdoor Thermal Comfort Conditions: The Influence of Urban Geometry and Form in Worcester, Massachusetts, USA. *Procedia Engineering*, volume 118, 1153-1161.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.457>
- Troy, A., Grove, J. M., O'Neil-Dunne, J. (2012). The relationship between tree canopy and crime rates across an urban – rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*, 106(3), 262-270.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.010>
- Wang, Y., Akbari, H. (2016). Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. *Sustainable Cities and Society*, volume 26, 438–446.  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.015>
- Yang, X., Zhao, L., Bruse, M., Meng, Q. (2012). An integrated simulation method for building energy performance assessment in urban environments, *Energy and Buildings*, Volume 54, 243-251.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.042>
- Zhao, Q., Sailor, D. J., Wentz, E. A. (2018). Impact of tree locations and arrangements on outdoor microclimates and human thermal comfort in an urban residential environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, volume 32, 81–91.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.022>
- Zheng, S., Zhao, L., Li, Q. (2016). Numerical simulation of the impact of different vegetation species on the outdoor thermal environment. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 18, 138–150.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.05.008>

