

Evaluation of the effect of tree planting pattern on thermal comfort around residential blocks

Mahsa Samadpour Shahrak - Department of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Mehrdad Karimimoshaver¹ - Department of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received: 05 November 2021 Accepted: 20 January 2022

Highlights

- The research considered the effect of planting patterns on thermal comfort.
- The research addressed population increase and its effect on the morphology of cities.
- The results of comparison between the scenario without trees and the others demonstrate that the thermal comfort conditions exhibit great changes, and all the scenarios create better environmental conditions than the scenario without trees.
- The findings show that simply moving vegetation and trees without changing their nature and dimensions and the environment can improve comfort to some extent.

Extended abstract

Introduction

The increasing population has changed the morphology of cities and caused changes in the surrounding environmental conditions. Green space per capita is about 4.5 square meters in Iran, which is quite different from the global standard: 20 to 25 square meters per person (Haashemi et al., 2016). As a result, it seems necessary to increase the amount of greenery in cities. Lee et al. (2016) introduce shading and ventilation as the main factors in the improvement of thermal comfort conditions in the environment using trees. Vegetation reduces mean radiant temperature and improves environmental conditions through evaporation and daylight control and reflection (Salata et al., 2017). It plays a major role in the regulation of weather conditions by controlling and conducting wind flow and reducing wind speed and pressure (Perini et al., 2018).

Theoretical Framework

Thermal comfort involves conditions of perception in which the surrounding environment is thermally satisfactory (Ashrae, 1997). In their review of the studies conducted in the field of thermal comfort in outdoor spaces, Johnson et al. have introduced the predicted survey average index as one of the most widely used indices among ones such as SET and UTCI. (Johansson et al., 2013). This index has been widely used in different regions with different climates (El-Bardisy et al., 2016; Salata et al., 2015; Abdi et al., 2020).

This model was designed by Fanger in 1970, considering factors such as air temperature, average radiant temperature, and relative humidity and two personal variables including clothing resistance and activity level, used as a composite index. This index specifies the coefficients that are measured according to Asher's thermal scale and indicates the average thermal sensation of a large group of people in a certain space (Fanger, 1970). Therefore, considering and measuring this index causes other microclimatic factors to be taken into account and obtained through the following formulae:

1 Responsible author: mkmoshaver@basu.ac.ir

$$PMV=(0.303e-0.036m+0.028)[(M-W)-H-Ec-crc- Erec]$$

$$E=3.05 \times 10^{-3}(256tsk-3373-pa)+Esw$$

$$Ec=3.05 \times 10^{-3}[6.99 \times 5733(M-W)-pa]+0.42(M-W-58.15)$$

$$Crc=0.0014M(34-Ta)$$

$$Erec=1.72 \times 10^{-5}M(5867-Pa).$$

The value of H can be measured directly and calculated using the following equation:

$$H=Kcl=tsk-tcl/Icl.$$

Moreover, previous research has pointed out the importance of planting patterns, trees, and vegetation and their impact on the environmental and microclimatic conditions of the region. The question that arises now is what kind of tree planting pattern, among the common ones, can have a better impact on the environment. In this study, therefore, the four common planting patterns of sextuple, quadruple, row, and scattered were selected to be applied in the same conditions and with the same number of trees.

Methodology

In this research, the ENVI-met software was used because the output provides most of the parameters required for thermal comfort, such as Ta, Tmrt, and wind speed (Taleghani et al., 2015), and the results have been validated and used by researchers (Taleghani et al., 2018). For data measurement, five receptors were selected at the central points of the site. These receptors were located so as to be scattered in the site and be capable of expressing the general state thereof. Therefore, three receptors at the central points of the site and two located around the site were selected. Moreover, because the average human height between the positions of sitting and standing is 1.50 meters, the simulation measurement was carried out at this height. The environmental data and information on the receptors were extracted during the study hours (10 am to 9 pm), and the average value was calculated for the predicted survey average index.

Results and Discussion

The analysis of the data and figures extracted from the software demonstrates that a more uniform shade is created in the environment in the scattered pattern than in the others, and because the trees are scattered in most parts of the site, solar access is more limited there than in the other scenarios. Moreover, ventilation conditions are easier in the row pattern than in the scattered pattern, and the warm wind passes through the trees more easily there due to the regular arrangement. Therefore, the best planting pattern is the one that creates the more uniform shade and better ventilation conditions. However, the results of the scattered pattern are the same in most parts of the site, and there is only a little difference between them in some cases. As a result, the scattered and row patterns of tree planting are better than mass planting and concentrated in certain parts of the site.

Conclusion

The results of comparing the treeless scenario to the others demonstrate that the thermal comfort conditions change to a large extent, and all scenarios create better environmental conditions than the treeless state. Moreover, because the row pattern exhibits a lower average PMV for most receptors and most hours of the day, it is the best pattern. The sextuple pattern has high indices in most cases, and the quadruple pattern has a similar function to the sextuple one. Therefore, it can be concluded that the row and scattered patterns create better comfort conditions than the others. The results of this research can be used by architects, landscape designers, and urban designers. In this research, different patterns of trees have been compared, so future research can involve comparison of other plantings such as grass and shrubs and of the effects of different planting patterns.

Keywords

Thermal Comfort, Planting Pattern, Open Space, Envi-met, PMV Index.

Citation: Samadpour Shahrak, M., Karimimoshaver, M. (2023). Evaluation of the effect of tree planting pattern on thermal comfort around residential blocks, *Motaleate Shahri*, 12(47), 105–114. doi: 10.34785/J011.2023.002/Jms.2023.114.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



ارزیابی تاثیر الگوی کاشت درخت بر آسایش حرارتی اطراف بلوک های مسکونی

مهسا صمدپور شهرک - گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
مهرداد کریمی مشاور - استاد، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴ آبان ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۳۰ دی ۱۴۰۰

چکیده

فضای باز دربرگیرنده بخشی از فعالیت های روزمره است که یکی از اصول طراحی در آن توجه به آسایش حرارتی و در نتیجه افزایش حضور افراد است که می تواند منجر به سرزندگی بیشتر فضاهای شهری گردد. در این محیط پوشش گیاهی و درختان نقش عمده ای در بهبود شرایط محیطی دارند. به نظر می رسد که افزایش یا تغییر الگوی میزان پوشش گیاهی در شهرها امری ضروری به نظر می رسد. حال در اینجا این سؤال مطرح می شود، الگوی متفاوت کاشت درخت تا چه میزان می تواند بر آسایش حرارتی افراد در فضای باز، تأثیرگذار باشد. تحقیق حاضر با هدف یافتن الگوی مناسب چیدمان درختان به منظور بهبود شرایط آسایش افراد در فضای باز با فرض این که تغییر الگوی چیدمان درختی، در شرایط آسایش حرارتی تأثیرگذار است، انجام گرفته است. به این منظور چهار نوع الگوی کاشت متفاوت، چهارتایی، شش تایی، ردیفی و پراکنده و شرایط بدون درخت با یکدیگر مورد بررسی قرار گرفته است. برای دستیابی به این منظور از نرم افزار انویمت مدل ۴٫۴٫۵ استفاده شده است. برای اعتبارسنجی داده های نرم افزار انویمت از مقایسه آن با داده های محلی بهره گرفته شد. برای سنجش آسایش حرارتی الگوی متوسط نظرسنجی پیش بینی شده (PMV¹)، به عنوان یکی از مهم ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر آسایش حرارتی، مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق در فضای باز اطراف یکی از مجتمع های مسکونی در شهر تبریز در یکی از گرمترین روزهای سال، صورت گرفته است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که تغییر الگوی کاشت در بهبود شرایط منطقه تأثیرگذار است و الگوی کاشت ردیفی و پراکنده، مناسبترین الگو در جهت بهبود شرایط محیطی هستند.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، الگوی کاشت، فضای باز، انویمت، شاخص نظرسنجی پیش بینی شده.

نکات برجسته

- در نظر گرفتن الگوی کاشت بر آسایش حرارتی.
- افزایش جمعیت و تأثیر آن بر مورفولوژی شهرها.
- نتایج نشان می دهد که در مقایسه سناریوی بدون درخت و سایر سناریوها، شرایط آسایش حرارتی تا حد زیادی تغییر می کند و تمامی سناریوها شرایط محیطی بهتری را نسبت به سناریوی بدون درخت ایجاد می کنند.
- یافته ها نشان می دهد که به سادگی جابه جایی پوشش گیاهی و درختان بدون تغییر ماهیت و ابعاد و محیط می تواند آسایش را تا حدودی بهبود بخشد.

۱. مقدمه

درجه کلون کاهش می دهد (Aboelata & Sodoudi, 2019). ژانگ و همکاران در بررسی توزیع و چیدمان درخت در تابستان و زمستان در اطراف مناطق مسکونی ووهان نشان می دهد ترتیب چیدمان درختان، ارتفاع و عرض آنها در تهویه و گرمای محیط تأثیرگذار است و درختان بلند با اندازه و قطر بزرگتر در آسایش بیرونی تأثیر بیشتری دارند. (Zhang et al., 2018). در مطالعات پیشین به بررسی تأثیر میزان افزایش سطح پوشش گیاهی (Aboelata & Sodoudi, 2019)، انواع درختان مختلف، مقایسه تأثیر پوشش گیاهی با تغییر در جهت و هندسه ساختمان ها و مصالح، الگوهای کاشت مختلف در مناطقی همچون فضاهای آموزشی (Abdi et al., 2020)، مسکونی (Zhang et al., 2018)، مراکز شهری و... بر میکرواقلیم منطقه و آسایش حرارتی بیرونی مورد مطالعه قرار گرفته است. ولی این مطالعات الگوهای متفاوت در شرایط یکسان را با هم مقایسه نکرده اند. در اینجا این سؤال مطرح می شود که وجود تعداد برابر درخت و تغییر در الگوی کاشت آنان تا چه میزان می تواند شرایط محیط را بهبود بخشد. در راستای مطالعات صورت گرفته، در این تحقیق چهار نوع الگوی کاشت متفاوت شش تایی، چهار تایی، نواری و پراکنده در شرایط یکسان و با تعداد درختان برابر در یکی از فضاهای باز اطراف مجتمع مسکونی در شهر تبریز با تابستان های گرم در فصل تابستان مورد بررسی قرار گرفت.

۲. معرفی منطقه مورد بررسی

شهر تبریز (۳۸٫۸° شمالی، ۴۶٫۳۰° شرقی)، کلانشهری در منطقه آذربایجان ایران و مرکز استان آذربایجان شرقی است. براساس داده های آماری در سال ۱۳۹۵ جمعیتی حدود یک میلیون و ۷۰۰ هزار نفر داشته و آب و هوای آن استپی خشک با تابستان های گرم و زمستان های سرد است. میانگین بارندگی آن بسیار اندک و در حدود ۳۳۰٫۱۵ میلیمتر در سال است^۱. در این تحقیق، به بررسی اثرات الگوهای چیدمان در اطراف یکی از مناطق مسکونی در منطقه ۱ تبریز در یکی از گرمترین روزهای تابستان در سال ۱۳۹۹ پرداخته شد. دلیل انتخاب این سایت، فضای باز و بزرگ مرکزی (با مساحت حدود هفت هزار و ۳۰۰ مترمربع) که به وسیله ساختمان هایی به ارتفاع ۵۸ متر و ۳۷ متر احاطه شده و دارای پتانسیل طراحی و کاشت درخت است. در ایران ساختمان ها به سه دسته عمده تقسیم بندی می شوند: ساختمان های تا چهار طبقه، ۵ تا ۱۱ طبقه و ۱۲ طبقه و بالاتر که به ترتیب کم مرتبه، میان طبقه و ساختمان های بلند طبقه بندی می شوند (Karimimoshaver et al., 2010, Karimimoshaver et al., 2020). با توجه به این تقسیم بندی، این تحقیق در اطراف ساختمان های میان مرتبه و بلند صورت گرفته است. تصویر شماره ۱، نقشه هوایی و نمایی از مجتمع مسکونی و جایگاه دیتالاگر در سایت، برای جمع آوری اطلاعات و داده های محیطی را نشان می دهد.



تصویر شماره ۱: منطقه مورد مطالعه و محل قرارگیری دیتالاگر در سایت

افزایش جمعیت و در نتیجه آن افزایش تراکم شهری، مورفولوژی شهری را تغییر داده و سبب تغییر در شرایط خرد اقلیم شده است. این روند ساخت و ساز، موجب افزایش دمای محیط و به وجود آمدن پدیده جزیره حرارتی در شهرها می گردد (Oke, 1982). در این رابطه تحقیقات فراوانی برای کنترل جزایر حرارتی شهری انجام شده است که عوامل مؤثر را شناسایی نموده اند (Karimimoshaver et al., 2021, samadpour shahrak et al., 2022, Karimimoshaver et al., 2022). از عوامل تشدید کننده پدیده جزیره گرمایی استفاده از مصالحی با ضریب جذب و ظرفیت حرارتی بالا، تهویه ناکافی و به دام افتادن امواج تشعشاتی بلند و کمبود پوشش گیاهی در محیط های شهری هستند (Gromke et al., 2015). این در حالی است که سرانه فضای سبز در ایران در حدود ۴٫۵ مترمربع به ازای هر نفر است که این مقدار با سرانه جهانی که در حدود ۲۰ تا ۲۵ مترمربع برای هر نفر است، تفاوت زیادی دارد (Haashemi et al., 2016). در نتیجه افزایش میزان پوشش گیاهی در شهرها امری ضروری به نظر می رسد. لی و همکاران دو عامل سایه اندازی و تهویه را به عنوان اصلی ترین عوامل بهبود شرایط آسایش حرارتی در محیط، توسط درختان معرفی می کنند (Lee et al., 2016). پوشش های گیاهی از طریق تبخیر و کنترل و بازتاب نور روز، متوسط دمای تابشی را کاهش می دهند و در نتیجه سبب بهبود شرایط محیطی می شوند (Salata et al., 2017). پوشش های گیاهی با کنترل جریان باد و هدایت و کاهش سرعت و فشار آن، نقش عمده ای در تنظیم شرایط آب و هوایی دارند (Perini et al., 2018). در این میان درختان به دلیل سایه اندازی بیشتر و بازتاب تشعشعات خورشیدی و کنترل جریان باد، تأثیرات بیشتری در به وجود آوردن شرایط محیطی بهتر نسبت به سایر پوشش های گیاهی دارند (El-Bardisy et al., 2016, Lee et al., 2016, Abdi et al., 2020). الگوهای مختلف کاشت فضای سبز و درختان تأثیرات متفاوتی در محیط ایجاد می کنند (Su et al., 2014). با چیدمان مناسب درختان می توان دمای محیط در فضای باز را کاهش داد و شرایط آسایشی بیشتری را برای عابرین ایجاد نمود (Zhang et al., 2018). با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه تراکم، الگوی کاشت، مکان جای گذاری و جهت درختان از جمله عوامل تأثیرگذار در تعدیل شرایط میکرواقلیم هستند (Abdi et al., 2020). ابولاتا و سدودی در بررسی اثر سبزیگی در کاهش اثر دما در روزهای تابستان در قاهره و مقایسه سه سناریو مختلف (۳۰٪ درخت، ۵۰٪ درخت و ۳۰٪ درخت و ۷۰٪ چمن) به این نتیجه می رسند، گزینه ای که بیشترین درخت را دارد (۵۰٪ درخت)، بیشترین اثر را در افزایش آسایش حرارتی انسان داشته و دما را تا سه

۳. مواد و روش ها

۳.۱. شاخص متوسط نظرسنجی پیش بینی شده (PMV)

آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد (Ashrae, 1997). جانسون و همکاران در بررسی مطالعات انجام شده در حوزه آسایش حرارتی در فضاهای بیرونی، شاخص متوسط نظرسنجی پیش بینی شده را یکی از پرکاربردین شاخص از میان سایر شاخص‌های دیگر نظیر 'SET' و 'UTCI' ... معرفی کرده‌اند (Johansson et al., 2013). این شاخص به صورت گسترده در مناطق مختلف با اقلیم‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است (El-Bardisy et al., 2016, Salata et al., 2015, Abdi et al., 2020).

این الگو به وسیله فانگر در سال ۱۹۷۰ طراحی شد که فاکتورهایی مانند دمای هوا، میانگین دمای تابشی و رطوبت نسبی و دو متغیر شخصی شامل مقاوت لباس و سطح فعالیت را به صورت شاخص مرکب در نظر می‌گیرد. این شاخص ضرابی را تعیین می‌کند که مطابق با مقیاس حرارتی آشری سنجیده می‌شود و نشانگر احساس حرارتی متوسط دسته بزرگی از اشخاص در یک فضای معین است (Fanger, 1970). بنابراین با در نظر گرفتن این شاخص و سنجیدن آن سایر عوامل میکرواقليمی نیز لحاظ می‌گردد و از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$PMV = (0.303e^{-0.036m} + 0.028) [(M - W) - H - E_c - E_{rec} - E_{rec,c}]$$

$$E = 3.05 \times 10^{-3} (256t_{sk} - 3373 - p_a) + E_{sw}$$

$$E_c = 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 \times (M - W) - p_a] + 0.42 (M - W - 58.15)$$

$$E_{rec} = 0.0014M (34 - T_a)$$

$$E_{rec,c} = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - P_a)$$

مقدار H مستقیماً قابل اندازه‌گیری بوده و از طریق معادله زیر نیز قابل محاسبه است:

$$H = K_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl}$$

C_{rec} = تبادلهای حرارتی همرفتنی تعرق (W/m^2) = E_{rec} تعادل حرارت تبخیری

تعرق (W/m^2) = E_{sw} تلفات حرارت تبخیری تعرق (W/m^2) = I_{cl} تابش

لباس به طور متوسط برای تمام بدن (W/m^2) = E_c تعادل حرارت

تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت خنثی قرار دارد (W/m^2)،
 M = نرخ سوخت و ساز بدن (W/m^2)، T_{cl} = دمای سطح لباس ($^{\circ}C$)،
 T_{sk} = دمای متوسط پوست، W = نیروی مکانیکی مؤثر (W/m^2)، H =
تلفات حرارت خشک به صورت همرفت، هدایت و تابش (W/m^2)، T_a =
دمای هوا، P_a = رطوبت، فشار بخار جزئی هوا (پاسکال).

۳.۲. روش شبیه‌سازی

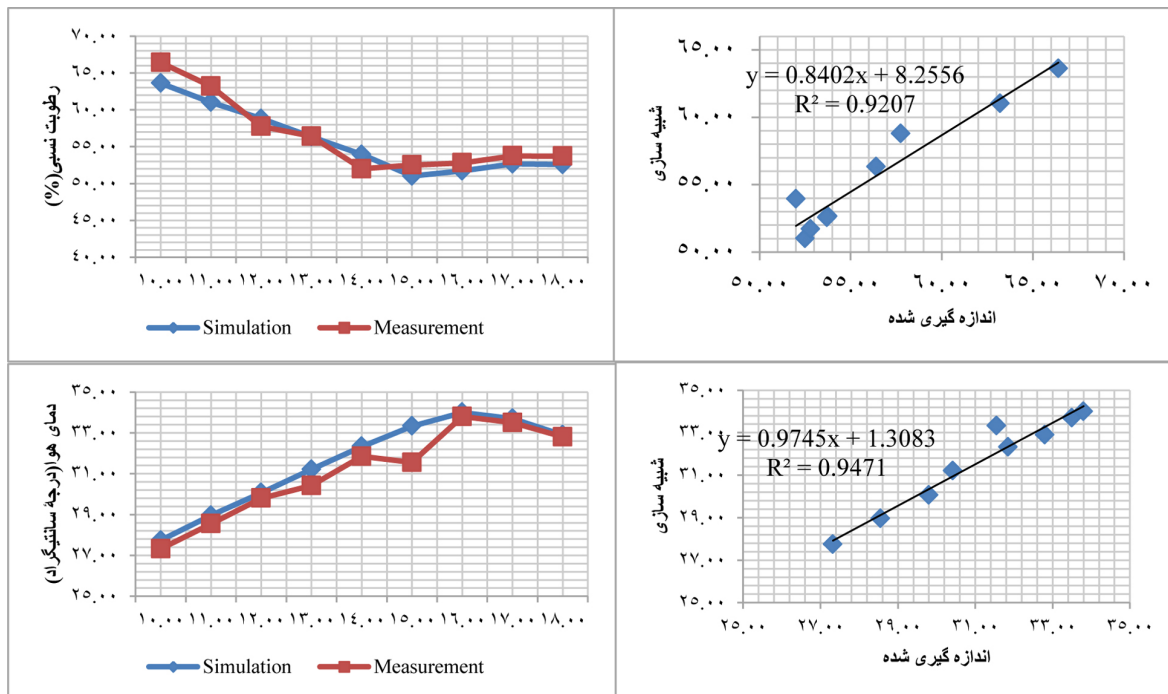
نرم‌افزار انویمت، برای شبیه‌سازی شرایط محیطی اطراف استفاده می‌شود و نرم‌افزاری است که به منظور شبیه‌سازی سه بعدی و سنجش شرایط خرداقلیم شهری و تحلیل فضاهای باز اطراف ساختمان‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای قابلیت‌ها و نتایج اعتبارسنجی متعدد است. همچنین به دلیل همبستگی بالای مقادیر حاصل از اندازه‌گیری میدانی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزاری، دارای روایی و پایایی است. از دیگر امتیازات آن، توانایی شبیه‌سازی مجموعه‌ای از عوامل خرداقلیمی در بازه زمانی ۲۴ ساعت و پیش‌بینی فرایندی همچون جریان باد، پرتو خورشید، دما و رطوبت، نشان دادن انواع پوشش‌های گیاهی، جنس زمین، نما و ... است. خروجی این نرم‌افزار اکثر پارامترهای مورد نیاز برای آسایش حرارتی همچون دمای هوا، متوسط دمای تابشی، سرعت باد و ... را تأمین می‌کند (Taleghani et al., 2015). اطلاعات حاصل از آن توسط بسیاری از پژوهشگران مورد تأیید و استفاده قرار گرفته است. این مدل در مطالعات مربوط به محاسبه جزیره حرارتی و گرمایش شهری و همچنین آسایش حرارتی به خوبی پاسخگو است (Taleghani et al., 2018). در این تحقیق نیز از نرم‌افزار انویمت (مدل ۴٫۴٫۵) برای شبیه‌سازی شرایط محیطی اطراف استفاده شد. اطلاعات داده شده در نرم‌افزارها در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است. نوع درخت در این شبیه‌سازی براساس درختان موجود در سایت و همچنین غالب درختانی که در تبریز استفاده می‌شود (درخت پهن‌برگ و زبان‌گنجشک)، انتخاب شد. تعداد درختان در این الگوها براساس ظرفیت سایت و به نحوی انتخاب شد که درختان برخورد کمتری داشته و تداخل تاج‌های درختان در آن اتفاق نیفتد.

جدول شماره ۱: اطلاعات و داده‌های وارد شده در نرم‌افزار انویمت

اطلاعات وارد شده در نرم‌افزار انویمت	
موقعیت جغرافیایی	۴۶٫۳۸ °E، ۳۸٫۰۶ °N
نام منطقه	Valiasr ۲, Tabriz, East Azerbaijan Province, Iran
تاریخ	۲۰۲۰، ۰۷، ۱۹
اندازه مدل	x-Grids, y-Grids=۵۰, z-Grids=۳۰
اندازه هر سلول به متر	dx=۴, dy=۴, dz=۴
زمان شبیه‌سازی	۱۰ صبح تا ۹ شب، به مدت ۱۱ ساعت
دمای هوا	بیشینه: ۳۶، کمینه: ۲۲ درجه سانتیگراد
سرعت باد	۳٫۲ متر بر ثانیه
جهت باد	۵۸ درجه (سمت شرق)
نوع درختان انتخابی	درخت پهن‌برگ، زبان‌گنجشک
اندازه درخت	طول و عرض ۷ متر و ارتفاع ۱۰ متر
تعداد درخت	۶۰ عدد
اطلاعات وارد شده در قسمت بیومت نرم‌افزار	
مشخصات شخصی	قد: ۱۷۵ سانتیمتر
	وزن: ۷۵ کیلوگرم
	سن: ۳۵ سال
لباس و فعالیت	جنسیت: مرد
	فعالیت: w/m^2 ۸٫۶۲۱
	لباس: clo ۰٫۹

- 1 Standard Effective Temperature
- 2 Universal Thermal Climate Index

تحقیق، برای عامل دما R^2 مساوی با ۰٫۹۴ و مقدار $RMSE^1$ برابر با ۰٫۷ و برای عامل رطوبت مقدار R^2 برابر با ۰٫۹۲ و مقدار $RMSE$ برابر با ۱٫۶۱ است (تصویر شماره ۲). تحقیقات قبلی نشان می دهد که مقدار R^2 از ۰٫۵۲ تا ۰٫۹۶ و مقدار $RMSE$ از ۰٫۲۶ تا ۴٫۸۳ قابل قبول است (Abdi et al., 2020). در نتیجه با توجه به اعداد به دست آمده در این تحقیق، مدل انویمت از اعتبار برخوردار است.



تصویر شماره ۲: مقایسه میانگین دما و رطوبت نسبی در محیط نرم افزار و مطالعات میدانی و میزان R^2

به طور کلی مقادیر شاخص PMV از ساعت ۱۰ صبح روند افزایشی داشته و در ساعت چهار بعد از ظهر به اوج می رسد و دوباره روند کاهشی پیدا کرده است. همچنین مقایسه اعداد حاصله نشان می دهد، در اکثر ساعات مورد مطالعه، سناریوهای ردیفی و پراکنده کمترین مقدار و سناریوهای شش تایی و چهارتایی بیشترین مقدار را دارند. اختلاف شاخص PMV در سناریوهای به ترتیب در ساعات یک بعد از ظهر و ۱۱ صبح نسبت به سایر ساعات بیشترین مقدار است. به طوری که در ساعت یک بعد از ظهر مقدار این شاخص در سناریوهای چهارتایی، شش تایی، پراکنده و ردیفی برابر با ۲٫۹۱، ۲٫۴۸، ۲٫۳ و ۲٫۳ و در ساعات ۱۱ بعد از ظهر، شاخص در سناریوهای شش تایی، چهارتایی، ردیفی و پراکنده به ترتیب برابر با ۲٫۱۷، ۱٫۸۴، ۱٫۶۵ و ۱٫۶۵ است. علاوه بر ساعات نام برده شده، در ساعات دو و چهار بعد از ظهر نیز اختلاف میان سناریوهای نسبت به سایر ساعات روز بیشتر است. همچنین اختلاف شاخص یادشده در حالت بدون درخت با سناریوهای، در ساعات دو تا چهار بعد از ظهر بیشترین مقدار است. به طوری که در ساعت چهار بعد از ظهر، حالت پراکنده و ردیفی که کمترین مقدار را در میان سناریوهای نشان داده اند با حالت بدون درخت در حدود ۲٫۱۶ اختلاف دارند. اختلاف شاخص PMV میان سناریوهای و همچنین حالت بدون درخت از ساعت شش بعد از ظهر به کمترین مقدار و در حدود ۰٫۵۲ می رسد.

۴. یافته ها

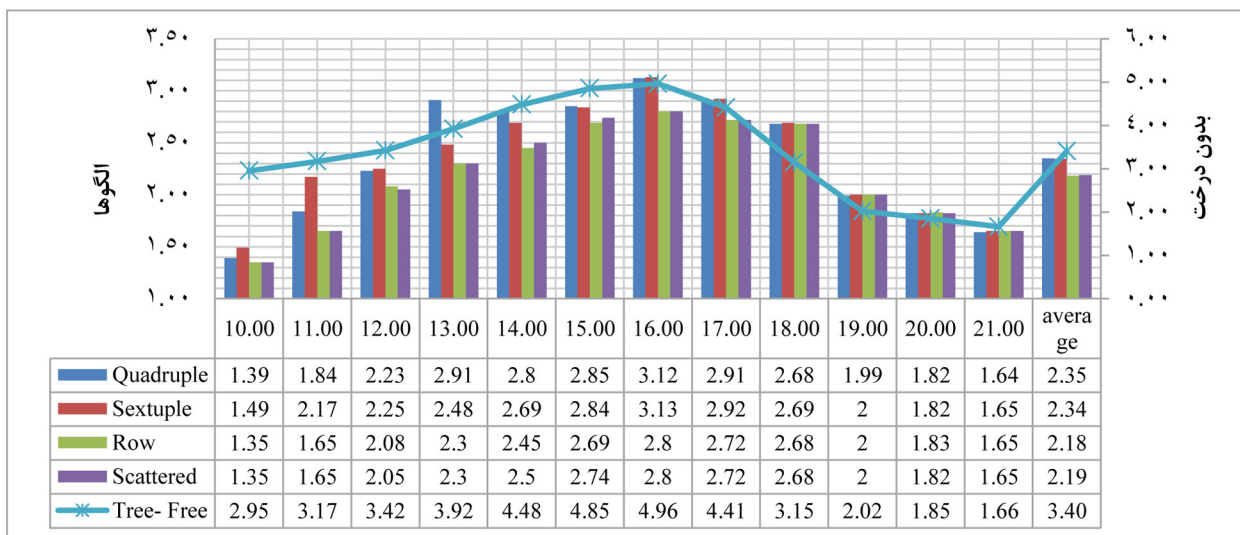
برای اندازه گیری داده ها در این بخش، پنج رسیپتور در نقاط مرکزی سایت انتخاب شد. این رسیپتورها به طریقی مکانیابی شدند که در سایت پراکنده باشند و بتوانند وضعیت کلی سایت را بیان کنند. بنابراین سه رسیپتور در نقاط مرکزی سایت ($R1, R2, R4$) و دو رسیپتور دیگر در اطراف سایت ($R3, R5$) انتخاب شد (تصویر شماره ۳). همچنین ب دلیل این که میانگین قد انسان بین حالت نشسته و ایستاده ۱٫۵ متر است، سنجش شبیه سازی در این ارتفاع انجام گرفت. داده ها و اطلاعات محیطی رسیپتورها در ساعات مورد مطالعه (۱۰ صبح تا ۹ شب) استخراج و میانگین آنها برای شاخص متوسط نظرسنجی پیش بینی شده، محاسبه شد.

مقایسه اعداد به دست آمده از تصویر شماره ۴ نشان می دهد، تمامی سناریوهای در تمامی ساعات روز، از حالت بدون درخت، شرایط محیطی بهتری ایجاد می کنند. بیشترین مقدار شاخص PMV در ساعت ۱۶ اتفاق افتاده است. به طوری که مقدار آن در حالت بدون درخت، شش تایی، چهارتایی، پراکنده و ردیفی به ترتیب برابر با ۴٫۹۶، ۳٫۱۳، ۳٫۱۲، ۲٫۸ و ۲٫۸ است. کمترین میانگین شاخص یادشده در ساعت ۱۰ صبح اتفاق افتاده و مقدار آن در حالت بدون درخت، شش تایی، چهارتایی، پراکنده و ردیفی به ترتیب برابر با ۲٫۹۵، ۱٫۴۹، ۱٫۳۹، ۱٫۳۵ و ۱٫۳۵ است.

1 Root-mean square error



تصویر شماره ۴: موقعیت قرارگیری رسپتورها در سایت به ترتیب از چپ به راست، چیدمان چهارتایی، چیدمان شش تایی، چیدمان ردیفی، چیدمان پراکنده



تصویر شماره ۴: میانگین شاخص PMV در پنج رسپتور معین شده، از ساعت ۱۰ صبح تا ۹ شب

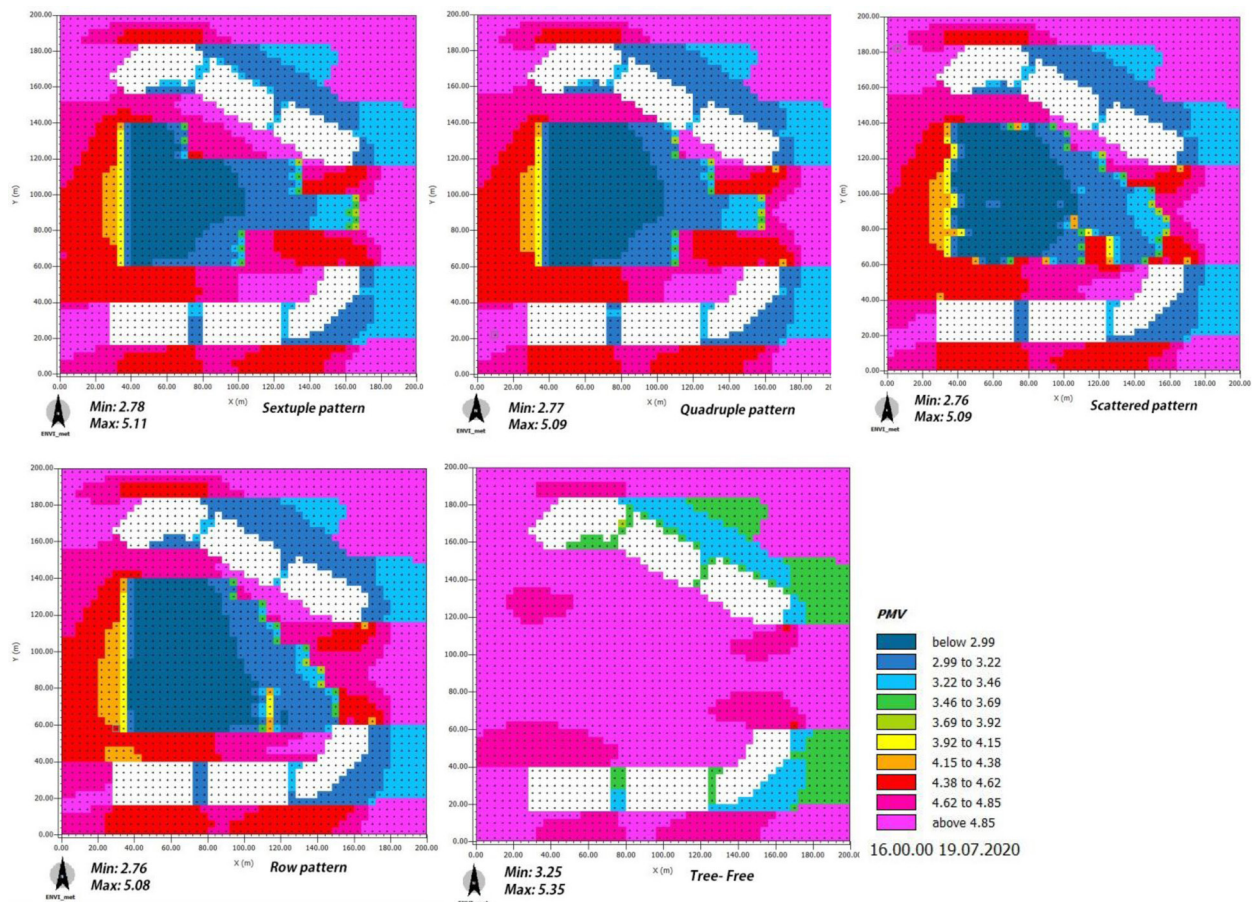
کاشت در تمامی رسیپتورهای از حالت بدون درخت شرایط محیطی بهتری دارند.

تصویر شماره ۶، تصاویر استخراج شده از نرم افزار را در ساعت چهار بعد از ظهر، زمانی که شاخص PMV در بالاترین مقدار قرار می گیرد، نشان می دهد. این تصاویر نیز حاکی از آن هستند که الگوی ردیفی و پراکنده شرایط بهتری را در کل محیط به وجود آورده اند.

تصویر شماره ۵، میانگین شاخص PMV در پنج رسیپتور انتخابی، در ساعات مورد مطالعه (از ساعت ۱۰ صبح تا ۹ شب) را نشان می دهد. در رسیپتورهای ۱، ۲ و ۳ کمترین مقدار شاخص یاد شده در الگوی ردیفی قابل مشاهده است و در سایر رسیپتورها الگوهای ردیفی و پراکنده کمترین مقدار شاخص را دارند. همچنین در رسیپتورهای ۱، ۲ و ۳ بیشترین مقدار شاخص PMV در الگوی شش تایی و در سایر رسیپتورها در الگوی چهار تایی قابل مشاهده است. با این حال تمامی الگوهای



تصویر شماره ۵: میانگین شاخص PMV از ساعت ۱۰ صبح تا ۹ شب، در پنج رسیپتور معین شده



تصویر شماره ۶: تصاویر مستخرج از نرم افزار در ساعت ۴ بعد از ظهر

۴. بحث

در نوشتار پیش رو به منظور ارزیابی تأثیر الگوی کاشت بر آسایش حرارتی، از شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده بهره گرفته شد. با محاسبه و ارزیابی این شاخص در نرم‌افزار انویمت مشخص شد، شرایط با درخت در تمامی الگوها، در مقایسه با شرایط بدون درخت در تمامی ساعات و به خصوص در ساعاتی از ظهر که گرمترین ساعات روز هستند، بیشتر است و به تدریج در ساعات انتهایی روز این تأثیر کمتر می‌شود. لی و میر، با مقایسه تصاویرهای مختلف فضای سبز در شهر نشان دادند که فضای سبز و پوشش‌های گیاهی می‌توانند تنش گرمایی انسان را در طول روز کاهش دهند. دو عامل مهم در کاهش دمای محیط و بهبود شرایط آسایش سایه‌اندازی و تهویه هستند (Lee & Mayer, 2018). تبخیر و تعرق درختان سبب افزایش رطوبت نسبی و کاهش دمای محیط می‌شود (Perini et al., 2018). این مسئله در اقلیم‌هایی مثل تبریز که تابستان‌های خشکی دارند، حائز اهمیت است. به همین دلیل شاخص بررسی شده در شرایط بدون درخت و سایر سناریوها تفاوت محسوس‌تری را ایجاد کرده است. همچنین در طول روز سایه‌اندازی درختان نسبت به ساعات انتهایی و ابتدای روز بیشتر است و تأثیری که در محیط ایجاد می‌کنند، محسوس‌تر است.

چیدمان مناسب درختان، می‌تواند شرایط خرداقلیم منطقه را بهبود بخشد. کاشت درختان در اطراف سایت می‌تواند با تغییر جهت و جریان باد، شرایط محیطی منطقه را تحت تأثیر قرار دهد، درحالی که همین الگو سایه محدودتری ایجاد می‌کند و تأثیر کمتری بر آسایش حرارتی دارد (Hami et al., 2019). چیدمان‌های منظم و تصادفی درختان، تأثیرات مختلفی در محیط ایجاد می‌کنند (El-Bardisy et al., 2016). براساس یافته‌های مراکینبو و لم زمانی که مساحت پوشش درخت یکسان است، الگوی کاشت در کاهش شاخص دمای فیزیولوژیک اهمیت دارد. بنابراین الگوی دو ردیفی را بهتر از حالت مرکزی می‌دانند (Morakinyo & Lam, 2016). عبدی و همکاران، الگوی کاشت و جهت کاشت درختان را در کاهش دما و افزایش آسایش مؤثر می‌دانند و الگوی کاشت مستطیلی را در کاهش دما از الگوی مثلثی بیشتر می‌دانند. از مقایسه سناریوهای کاشت مختلف درختان در الگوهای شش تایی، چهارتایی، پراکنده و ردیفی می‌توان به این نتیجه رسید که الگوهای مختلف، در شرایط محیطی منطقه تأثیرگذار بوده و انتخاب الگوی مناسب درختان می‌تواند شرایط آسایش حرارتی بهتری برای افراد ایجاد کند (Abdi et al., 2020). الگوی کاشت مناسب پوشش گیاهی موجب بهبود شرایط محیطی و به وجود آمدن شرایط آسایش حرارتی افراد می‌شود (Zhang et al., 2018). تحلیل داده‌ها و تصاویر مستخرج از نرم‌افزار نشان می‌دهد، در الگوی پراکنده و ردیفی، سایه یکنواخت‌تری نسبت به سایر سناریوها در محیط ایجاد شده و نیز به دلیل این که درختان در اکثر قسمت‌های سایت پخش شده، دسترسی خورشید، میزان نوری که سایت دریافت می‌کند، از سایر سناریوها کمتر و محدودتر است. زمانی که دسترسی خورشیدی بالاتر می‌رود، سطوح عمودی و افقی نور بیشتری جذب می‌کنند و در نتیجه محیط گرم‌تر می‌شود. در الگوهای توده‌ای مانند الگوهای چهارتایی و شش تایی بررسی شده در این تحقیق، با این که برخی نقاط در زیر سایه سنگین

درخت قرار دارند، در مقابل برخی نقاط سایت نیز نور آفتاب مستقیم دریافت می‌کنند. به همین دلیل سطوح عمودی و افقی در اثر تابش مستقیم آفتاب گرم‌تر شده و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده افزایش می‌یابد. الگوی کاشت پراکنده تأثیر بیشتری در کاهش دمای محیط در تابستان دارد (Zhang et al., 2018). همچنین در الگوی ردیفی، شرایط تهویه نسبت به الگوی پراکنده راحت‌تر صورت می‌گیرد و باد گرم از میان درختان به دلیل نوع چیدمان منظم، راحت‌تر عبور می‌کند. بنابراین بهترین الگوی کاشت، الگویی هست که سایه بیشتر و یکنواخت‌تر و شرایط تهویه بهتری را ایجاد کند. با این حال نتایج حاصله از الگوی پراکنده و ردیفی در اکثر نقاط سایت یکسان بوده و در برخی موارد تفاوت ناچیزی در بین آنها مشاهده شده است. در نتیجه الگوی کاشت درخت به طور پراکنده و ردیفی بهتر از کاشت توده‌ای و متمرکز در قسمت‌های خاصی از سایت است.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش اهمیت و جایگاه درختان در فضاهای شهری به عنوان عنصر حیاتی و مهم مطرح شد و با بررسی و ارزیابی نقش و جایگاه درخت در بهبود وضعیت خرداقلیم و آسایش محیطی در فضای باز مناطق مسکونی، برخی از مهمترین معیارها در جانمایی درختان ارائه گردید. استفاده مناسب و اصولی از درختان در فضای شهری، انتخاب نوع و مکانیابی آنها امری الزامی است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که صرفاً جابه‌جایی پوشش گیاهی و درخت بدون تغییر در ماهیت و ابعاد آنها و محیط، تا حدودی می‌تواند شرایط آسایش را ارتقا دهد که البته میزان تأثیر الگوهای کاشت در مقایسه با شرایط که درختی در منطقه وجود نداشته باشد و مقایسه آن با شرایط با درخت در همان منطقه، به مراتب کمتر است. در معیار آسایش حرارتی، میان الگوهای مختلف پوشش گیاهی تفاوت وجود دارد. چرا که الگوهای مختلف می‌توانند تأثیر متفاوتی در سایه‌اندازی و جذب تابش داشته باشند. این تحقیق الگوی کاشت متفاوت و تأثیر آن بر شرایط میکرواقلیم و آسایش حرارتی در فضای باز با فرض این که الگوهای متفاوت می‌توانند شرایط آسایش محیط را بهبود بخشند و انتخاب الگوی مناسب از بین آنها را مورد بررسی قرار داد. برای این منظور چهار الگوی کاشت متفاوت در سایت منطقه مسکونی در نظر گرفته شد و در نرم‌افزار انویمت به بررسی و تحلیل شاخص متوسط الگوی نظرسنجی شده، به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌ها در بحث آسایش حرارتی پرداخت.

نتایج نشان می‌دهد، در مقایسه سناریو بدون درخت و سایر سناریوها، شرایط آسایش حرارتی تا حدود زیادی تغییر می‌کند و تمامی سناریوها از حالت بدون درخت شرایط محیطی بهتری را ایجاد می‌کنند. همچنین با توجه به این که الگوی ردیفی در اکثر رستورها و اکثر ساعات روز متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده پایین‌تری دارد، بهترین الگو در مقایسه با سایر الگوهاست. همچنین الگوی پراکنده نیز در اکثر ساعات روز و رستورها نتایج مشابهی با الگوی ردیفی دارد. الگوی شش تایی در اکثر مواقع شاخص بالایی دارد و الگوی چهارتایی نیز عملکرد مشابه الگوی شش تایی دارد. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که الگوی ردیفی و پراکنده نسبت به سایر الگوها شرایط آسایش بهتری را ایجاد می‌کنند. نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده معماران، طراحان

- Jansson, C. E. J. P., Jansson, P. E., & Gustafsson, D. (2007). Near surface climate in an urban vegetated park and its surroundings. *Theoretical and Applied Climatology*, 89(3), 185-193.
- Johansson, E., Spangenberg, J., Gouvêa, M. L., & Freitas, E. D. (2013). Scale-integrated atmospheric simulations to assess thermal comfort in different urban tissues in the warm humid summer of São Paulo, Brazil. *Urban Climate*, 6, 24-43.
- Karimimoshaver, M., Ahmadi, M.A., Aram, F., & Mosavi, A. (2020). Urban views and their impacts on citizens: A grounded theory study of Sanandaj city. *Heliyon*, 6 (10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05157>
- Karimimoshaver, M., Mansouri, S.A. and Adibi, A.A. (2010). the Relationship between Urban Landscape and Position of Tall Buildings in the City, BAGH-e NAZAR. Vol. 7, No. 13: 89-99 [in Persian]
- Karimimoshaver, M., Khalvandi, R., & Khalvandi, M. (2021). The effect of urban morphology on heat accumulation in urban street canyons and mitigation approach. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103127. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103127>
- Karimimoshaver, M. and Shahrak, M. S. (2022). The effect of height and orientation of buildings on thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103720. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103720>
- Khalvandi, R., & Karimimoshaver, M. (2023). The optimal ratio in the street canyons: Comparison of two methods of satellite images and simulation. *Building and Environment*, 109927. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109927>
- Lee, H., Mayer, H. and 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*, 148, pp.37-50.
- Morakinyo, T.E. and Lam, Y.F. (2016). Simulation study on the impact of tree-configuration, planting pattern and wind condition on street-canyon's micro-climate and thermal comfort. *Building and Environment*, 103, pp.262-275.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and*

منظر و طراحان شهری قرار گیرد. همچنین در تحقیقات بعدی می توان به بررسی انواع درخت و ترکیبی از درختان پهن برگ و همیشه سبز پرداخت و تأثیر تغییر نوع درخت را در شرایط محیطی منطقه مقایسه کرد.

References:

- Abdi, B., Hami, A. and Zarehaghi, D. (2020). Impact of small-scale tree planting patterns on outdoor cooling and thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 56, p.102085.
- Aboelata, A. and Sodoudi, S. (2019). Evaluating urban vegetation scenarios to mitigate urban heat island and reduce buildings' energy in dense built-up areas in Cairo. *Building and Environment*, 166, p.106407.
- Ashrae, A.H.-F., 1997. American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. Inc. Atlanta.
- El-Bardisy, W.M., Fahmy, M. and 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*, 216(October 2015), pp.206-216.
- Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*
- Gromke, C., Blocken, B., Janssen, W., Merema, B., van Hooff, T., & Timmermans, H. (2015). CFD analysis of transpirational cooling by vegetation: Case study for specific meteorological conditions during a heat wave in Arnhem, Netherlands. *Building and environment*, 83, 11-26.
- Haashemi, S., Weng, Q., Darvishi, A., & Alavipanah, S. K. (2016). Seasonal variations of the surface urban heat island in a semi-arid city. *Remote Sensing*, 8(4), 352.
- Hami, A., Abdi, B., Zarehaghi, D., & Maulan, S. B. (2019). Assessing the thermal comfort effects of green spaces: A systematic review of methods, parameters, and plants' attributes. *Sustainable Cities and Society*, 49, 101634.
- Hwang, Y. H., Lum, Q. J. G., & Chan, Y. K. D. (2015). Micro-scale thermal performance of tropical urban parks in Singapore. *Building and Environment*, 94, 467-476.
- Iran Meteorological Organization. (2020). Retrieved 13 August 2020, from <https://irimo.ir/eng/index.php>

- environment, 46(11), 2186-2194.
- Perini, K., Chokhachian, A., & Auer, T. (2018). Green streets to enhance outdoor comfort. In Nature based strategies for urban and building sustainability (pp. 119-129). Butterworth-Heinemann.
 - Salata, F., Golasi, I., de LietoVollaro, A. and de LietoVollaro, R. (2015). How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study. Energy and Buildings, 99, pp.32-49.
 - Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., de Lieto Vollaro, E., Coppi, M., & de Lieto Vollaro, A. (2017). Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment. Sustainable Cities and Society, 30, 79-96.
 - samadpour shahrak, M., karimimoshaver, M. (2022). The relationship between the placement of building blocks and wind flow at the pedestrian level. Journal of Environmental Studies, 48(1), 15-34. doi: 10.22059/jes.2022.331141.1008229 [in Persian]
 - Srivanit, M. and Jareemit, D. (2020). Modeling the influences of layouts of residential townhouses and tree-planting patterns on outdoor thermal comfort in Bangkok suburb. Journal of Building Engineering, 30, p.101262.
 - Su, W., Zhang, Y., Yang, Y. and Ye, G. (2014). Examining the impact of greenspace patterns on land surface temperature by coupling LiDAR data with a CFD model. Sustainability, 6(10), pp.6799-6814.
 - Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M. and van den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. Building and environment, 83, pp.65-78.
 - Teshnehdel, S., Akbari, H., Di Giuseppe, E., & Brown, R. D. (2020). Effect of tree cover and tree species on microclimate and pedestrian comfort in a residential district in Iran. Building and Environment, 178, 106899.
 - Zhang, L., Zhan, Q. and Lan, Y. (2018). Effects of the tree distribution and species on outdoor environment conditions in a hot summer and cold winter zone: A case study in Wuhan residential quarters. Building and Environment, 130, pp.27-39.

نحوه ارجاع به مقاله:

صمدپور شهرک، مهسا؛ کریمی مشاور، مهرداد (۱۴۰۱) ارزیابی تاثیرالگوی کاشت درخت بر آسایش حرارتی اطراف بلوک‌های مسکونی، مطالعات شهری، ۱۲ (۴۷)، ۱۱۴-۱۰۵. doi: 10.34785/J011.2023.002/Jms.2023.114

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

