

The impact of spatial pattern and local urban space vegetation on the thermal comfort in cold climate

Pegah Yadegari - Department of Urban Planning, Faculty of Art & Architecture, University of Bu-ali Sina, Hamedan, Iran.

Hassan Sajadzadeh¹ - Department of Urban Planning, Faculty of Art & Architecture, University of Bu-ali Sina, Hamedan, Iran.

Received: 28 January 2021 Accepted: 25 April 2021

Highlights

- The relative confinement of public open spaces of residential neighborhoods in cold climates plays an effective role in the thermal comfort of users.
- Reducing wind speed plays a key role in increasing the thermal comfort of cold climates in winter.
- Deciduous trees absorb sunlight during the day and reflect it to the environment in the evening and at night

Extended abstract

Introduction: Because of the expansion of cities, it has become highly challenging to modify urban structures to address the drawbacks of the planning and design of open spaces, control microclimates, and improve thermal comfort conditions. Due to their effect on the quality of air in cities, urban microclimates are highly significant, and since urban spaces play an important role in creation of urban microclimates, urban designers and planners have the capacity and means to reduce the negative effects of climate on citizens' health through implementation of proper designs.

Theoretical Framework

Urban spaces affect their users' thermal comfort via their design elements. Various parameters can induce micro-climatic changes, such as the geometric patterns, vegetation, natural elements, and construction materials of the open spaces. These elements also play important roles in balancing urban thermal comfort during winter. While the effects of vegetation and geometric patterns on thermal comfort in public open spaces during winter have been studied independently, the cumulative impact of vegetation and geometric parameters during winter in cold and dry climates has not been investigated sufficiently. This article sought to address this shortcoming.

Methodology: The ENVI-met software was used for simulation and comparison of the thermal comfort conditions of the open spaces selected for this study. First, the design parameters of the selected sites were determined via field measurement, and were entered into the software for simulation of the thermal environments. The four climatic parameters of thermal comfort were measured during winter using ENVI-met. Then, a receptor was placed at the center of each selected site for investigation of thermal comfort at the pedestrian scale. Using these receptors, the parameters of space design and their impacts on thermal comfort were studied during the selected season.

Results and Discussion: The changes recorded for wind speed were larger than those in MRT, air temperature, and RH; hence, the differences in thermal comfort at the central points. According to the results, the Kolapa and Kolanj neighborhoods exhibited more favorable thermal conditions due to their higher PET values. Both Kalpa and Kolanj neighborhoods had north-south orientation. This type of orientation provides top-down access to the sunlight during winter. The H/W ratios at the central receptors of the Kolanj and Kalpa neighborhoods were 0.6 and 0.3, respectively. These H/W ratios provided greater enclosure than those of the other neighborhoods. While a H/W ratio less than one can be said to be suitable for cold climates during winter, it can cause thermal discomfort against wind speed if it lies

1 Responsible author: sajadzadeh@basu.ac.ir

below a certain threshold. This condition was observed in the Kababiyah neighborhood, where the H/W ratio at the central point was 0.13. As a result, the residents have to take protective measures against the winter wind and storms. In addition, dense vegetation caused a decrease in the SVF of the neighborhoods. The neighborhood centers with vegetation exhibited higher MRT values as well. The trees also raised the RH values of the neighborhoods. Because of the dry climate of Hamadan, Iran, vegetation can certainly improve thermal comfort in this city.

Conclusion: Recent climate studies have explored thermal comfort as an important quality of urban spaces. While thermal comfort can be achieved through a decrease in temperature in hot climates (as emphasized by most studies), it requires an increase temperature to provide thermal comfort in cold and dry climates. The presence of Hamadan's citizens in the urban open spaces of the city always decreases in the second half of the year because of the cold mountainous climate. Limitation in or even lack of thermal comfort is one of the most important reasons for this change. With their high standards of sociability, the centers of the historical neighborhoods of Hamadan have always served as places for social interaction between the residents of the city. Therefore, this study attempted to assess the thermal characteristics of nine neighborhood centers in Hamadan using the notion of thermal comfort and the relevant variables.

Key words: thermal comfort; geometric pattern; vegetation; open public space; cold climate.

Acknowledgment: This article has been extracted from a Master's thesis in the field of Urban Design entitled Measurement and evaluation of thermal comfort in the centers of traditional neighborhoods with an emphasis on urban geometry and vegetation (historical neighborhoods of Hamadan), defended by the first author under the supervision of the second author at Bu-Ali Sina University.

Citation: Yadegari, P., Sajadzadeh, H. (2021) The impact of spatial pattern and local urban space vegetation on the thermal comfort in cold climate, *Motaleate Shahri*, 10(40), 15–26. doi: 10.34785/J011.2021.937/Jms.2021.132.

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.



نقش الگوی فضایی و پوشش گیاهی فضاهای باز محلی بر میزان آسایش حرارتی در اقلیم سرد

پگاه یادگاری - دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
حسن سجادزاده^۱ - دانشیار، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۹ بهمن ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۰۵ اردیبهشت ۱۴۰۰

چکیده

آسایش حرارتی به عنوان یکی از عوامل اساسی در حضورپذیری انسان‌ها در فضاهای شهری مطرح است. طراحی فضاهای باز شهری تحت تأثیر عناصر و عوامل مختلف می‌تواند باعث تغییر در کیفیت آسایش حرارتی استفاده‌کنندگان شود که در این پژوهش براساس ضرورت نقش دو مؤلفه الگوی هندسی و پوشش گیاهی در ارتباط با میزان آسایش حرارتی در فضاهای باز محلی در بافت قدیمی شهر همدان با اقلیم سرد و کوهستانی تبیین و تحلیل شده است. هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی الگوی پوشش گیاهی و الگوی هندسه فضاهای باز محلی بر آسایش حرارتی در فصل زمستان در این بافت شهری است. در این راستا، مرکز محله تاریخی در شهر همدان به عنوان بستر تحلیل پژوهش در نظر گرفته شده که با استفاده از نرم افزار Envi-met، شبیه‌سازی و با ورود داده‌های اقلیمی و فضایی، تحلیل‌های مورد نظر انجام شده است. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که در نظر گرفتن الگوی پوشش گیاهی و الگوی هندسی فضاهای باز به طور توأمان نقش مهمی در آسایش حرارتی در این اقلیم دارد. علاوه بر این از میان متغیرهای محیطی آسایش حرارتی، سرعت باد بیشترین تأثیر را بر آسایش حرارتی در فصل زمستان داشته است. همچنین وجود پوشش‌های گیاهی برگ ریز ضمن آن که در تابستان با ایجاد سایه اندازه مناسب شرایط آسایش اقلیمی مناسبی را برای کاربران فراهم می‌نماید، در زمستان هم مانع تابش نور خورشید بر فضاهای باز گشته (ضمن آن که در این گونه اقلیم‌ها شاهد وزش بادهای سرد و کمبود رطوبت به خصوص در ایام زمستان هستیم)، وجود این نوع الگوها و درختان باعث جذب رطوبت از زمین و انعکاس آن به محیط‌های اطراف می‌گردد.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، الگوی هندسی، پوشش گیاهی، فضاهای باز محلی، اقلیم سرد.

نکات برجسته

- محصوریت نسبی فضاهای باز عمومی محله‌های مسکونی در اقلیم سرد نقش موثری در آسایش حرارتی کاربران دارد.
- کاهش سرعت باد نقش اساسی در افزایش آسایش حرارتی اقلیم سرد و در فصل زمستان دارد.
- درختان برگ‌ریز در طول روز نور خورشید را جذب کرده و در ساعات عصر و شب آن را به محیط منعکس می‌کنند.

۱. مقدمه

تقریباً ۵۴ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری سکونت دارند و پیش بینی می‌شود که این میزان به دلیل مهاجرت جمعیت از مناطق روستایی به مناطق شهری تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۷۰ درصد برسد (Organization, 2019). این روند به معنی گسترش پیدا کردن شهرهاست که در صورت ادامه پیدا کردن منجر به اثرگذاری منفی بر خرد اقلیم شهرها می‌شود و با توسعه شهرها و تغییر ساختارها و تراکم‌های شهری همراه با غفلت از برنامه ریزی و طراحی فضاهای باز، کنترل خرد اقلیم و بهبود شرایط آسایش حرارتی با دشواری همراه خواهد شد (Barakat et al., 2017). خرد اقلیم شهری به طور کلی به علت تأثیرگذاری بر کیفیت هوای شهری از اهمیت زیادی برخوردار است (Oke, 1988). از آنجایی که فضاهای شهری به عنوان بخش قابل توجهی از شهر نقش مهمی در ایجاد خرد اقلیم شهری دارند، طراحان و برنامه ریزان شهری می‌توانند از طریق برنامه ریزی و طراحی مناسب باعث کاهش اثرات منفی اقلیمی بر سلامت شهروندان شوند (Johansson & Emmanuel, 2006).

در اقلیم‌های سردسیر به علت شرایط آسایشی خاص خود، مردم تنها چهار درصد از وقت خود را در فضاهای باز می‌گذرانند (Chapman et al., 2018). بنابراین پاسخ فیزیولوژیکی و حرارتی انسان به تغییرات گذرای محیط حرارتی در مناطق سردسیر قابل توجه است (Chen et al., 2019). با توجه به این که یکی از اهداف طراحی و برنامه ریزی شهری، جذاب کردن فضاهای باز عمومی برای استفاده‌کنندگان از فضا به عنوان مکانی برای تعاملات اجتماعی و فعالیت‌های جمعی است، اگر فضاهای باز بیرونی از نظر حرارتی راحت باشند، زمان استفاده از این گونه فضاها بیشتر شده و کاربران می‌توانند فعالیت‌های خود را با آرامش و امنیت نسبی بیشتری انجام دهند (Lai et al., 2020; Peng et al., 2019). این پژوهش در پی مطالعه میزان اثرگذاری پوشش گیاهی و الگوی هندسه فضایی محلات شهری بر آسایش حرارتی در اقلیم سرد است. براین اساس، این تحقیق به دنبال پاسخ به این پرسش اساسی است که برهمکنش دو عامل پوشش گیاهی و الگوی هندسی، چگونه و با چه سازوکاری برای ایجاد آسایش حرارتی در فضاهای باز محلی در اقلیم سرد اثرگذار خواهند بود؟

۲. چارچوب نظری

آسایش حرارتی به عنوان شرایط ذهنی، بیان‌کننده رضایت از محیط حرارتی که با ارزیابی ذهنی تعیین می‌شود، تعریف شده که شامل چهار مؤلفه محیطی دمای هوا، رطوبت نسبی، باد و میانگین دمای تابشی و پارامترهای شخصی مانند میزان فعالیت و لباس استفاده‌کنندگان است (ASHRAE, 2014). در مطالعات پیشین پژوهشگران به بررسی یک پارامتر محیطی (Szkordilisz, 2020; Bouketta & Bouchahm, 2016) یا چندین پارامتر با یکدیگر و اثرات آن پرداخته‌اند (Barakat et al., 2017; Chatzidimitriou & Yannas, 2015; Zölch et al., 2019). در این پژوهش هر چهار متغیر محیطی تشکیل دهنده آسایش حرارتی مورد بررسی قرار گرفته است. هندسه شهری معمولاً با پارامترهای زیر مشخص می‌شود: ضریب دید

به آسمان^۱، نسبت ارتفاع به عرض^۲ و جهت‌گیری فرم و فضای شهری (Lai et al., 2019). در نسبت ارتفاع به عرض (H/W)، در حالی که H ارتفاع ساختمان‌ها را نشان می‌دهد، W فاصله (عرض) بین آنها را نشان می‌دهد (Dursun & Yavas, 2015). طبق یافته‌های ششوا بار و هافمن، در نسبت ارتفاع به عرض اگر فاصله بین پهنای ساختمان‌ها زیاد باشد، می‌تواند باعث افزایش دمای هوا در روز شود (Shashua-Bar & Hoffman, 2003). علاوه بر این هنگامی که ضریب دید به آسمان بزرگ است یا به بیانی فرم شهری بازتر است، درجه دمای هوا نیز بالاتر است (Bourbia & Boucheriba, 2010). با این حال هر چه فرم شهری بازتر باشد، میزان ظهور باد هم بیشتر خواهد بود (Taleghani et al., 2015) که این مسئله باعث عدم احساس آسایش حرارتی در زمستان خواهد شد. به همین علت جهت‌گیری فرم شهری یکی از پارامترهای مهم تعیین‌کننده دسترسی خورشیدی و سرعت باد در فضاهای شهری است و از این رو در آسایش حرارتی مقیاس پیاده قابل توجه است (Shishegar, 2013).

بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان مشاهده کرد که پوشش گیاهی، میانگین دمای تابشی و به دنبال آن آسایش حرارتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Afshar et al., 2018). در مطالعات پیشین بیان شده است که گیاهان قادر به کاهش تأثیرات سرمازدگی باد در فصل زمستان و مانع از نسیم خنک در فصل تابستان هستند (Jamei et al., 2016). در بین عناصر مختلف منظر، درختان بیش از همه مورد توجه قرار گرفته‌اند، به گونه‌ای که شبیه سازی‌ها نشان داده است که منطقه‌ای با بودن درختان در مقایسه با یک منطقه باز و بدون درخت منجر به کاهش سرعت باد تا ۵۰ درصد می‌شود (Morakinyo et al., 2016; Szkordilisz & Zöld, 2016). توانایی پوشش گیاهی بر حرکت هوا و جابه‌جایی هوا تا حد زیادی به نوع پوشش گیاهی بستگی دارد. به عنوان مثال، یک درخت برگ‌ریز می‌تواند سرعت باد را ۳۰-۴۰ درصد کاهش دهد، حتی یک درخت برگ‌ریز بدون برگ در زمستان می‌تواند سرعت باد را بین ۵۰ تا ۹۰ درصد در مقایسه با یک منطقه باز کاهش دهد (Ali-Toudert & Mayer, 2007). در طول زمستان پوشش گیاهی باعث تعدیل اقلیم، ناهمواری یک سطح یا حجم برگ و چمن باعث از بین رفتن باد سرد، کاهش سرمای هوا و محافظت از ساقه و ریشه گیاهان می‌شود. توده حرارتی خاک نیز عامل مهمی است که ممکن است منجر به دمای بالاتر در شب شود (Taleghani et al., 2014). بر اساس مطالعه انجام شده در زمستان، درختان دچار افت تبخیر، تعرق و سایه زنی می‌شوند، به همین علت برگ درختان برگ‌ریز که در تابستان مانع برخورد اشعه خورشید به زمین می‌شوند، در زمستان که ریزش برگ دارند، باعث برخورد نور خورشید به زمین شده بنابراین زمین زیر درختان دچار افزایش دمای می‌شود و دمای هوا در منطقه سبز افزایش می‌یابد؛ بنابراین اختلاف دمای بین مناطق سبز و سخت کم می‌شود (Hamada & Ohta, 2010).

بهینه سازی فضاهای عمومی، نشانگر اقدامات خاصی است که تحت شرایط حرارتی مناسب برای بهبود شرایط ذهنی و روانی کاربران انجام می‌شود و آن را تا حد ممکن به رضایت کامل برای کاربران ارتقا

1 Sky View Factor (SVF)

2 Height to Weight ratio (H/W)

مانند ارتفاع ساختمان‌ها، مساحت بلوک‌های ساختمانی، فرم بلوک‌ها، نوع، تعداد و ارتفاع درختان در برداشت‌های میدانی، این اطلاعات به منظور شبیه‌سازی محیط حرارتی در نرم افزار وارد شده است. چهار پارامترهای اقلیمی تشکیل دهنده آسایش حرارتی (دمای هوا، سرعت باد، میانگین دمای تابشی و رطوبت نسبی) در این پژوهش در نظر گرفته شده که با استفاده از نرم افزار Envi-met در فصل زمستان اندازه گیری شده‌اند. در ادامه به منظور بررسی آسایش حرارتی در مقیاس عابر پیاده در مرکز هر فضای باز یک رستور قرار داده شده که در این نقطه پارامترهای طراحی فضا و تأثیر آن بر آسایش حرارتی زمستان بررسی شده است. مراحل زیر به تفصیل رسیدن به هدف پژوهش را نشان می‌دهد.

۳.۱. مطالعه موردی

برای رسیدن به هدف پژوهش، شهر همدان به عنوان یکی از شهرهای سردسیر ایران با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های بسیار سرد و خشک انتخاب شده که در طول سال دما به طور معمول از ۲۴ درجه فارنهایت تا ۹۳ درجه فارنهایت تغییر می‌کند و به ندرت کمتر از ۱۵ درجه فارنهایت یا بالاتر از ۹۸ درجه فارنهایت است (Diebel, 2019). در همین راستا ابتدا نُه مرکز محله در شهر همدان به عنوان یک نمونه از فضاهای باز شهری انتخاب شده‌اند. دلیل اصلی انتخاب این محلات، هندسه متفاوت آنان با یکدیگر و همچنین میزان تنوع و پراکندگی پوشش گیاهی در این محلات بوده است که با توجه به هدف تحقیق حاضر، گونه‌شناسی مناسبی را به دست می‌دهد. همچنین، فاصله این مراکز از یکدیگر در حداکثر حالت ممکن برابر سه کیلومتر است که احتمال اثرگذاری تفاوت‌های متغیرهای خرده اقلیمی را بر آنها تا حد ممکن کاهش خواهد داد. این نُه سایت با توجه به فاکتورهایی همچون عدم تغییرات ساختاری در کلیت مرکز محله و در دسترس بودن اطلاعات انتخاب شده‌اند. نسبت ارتفاع به عرض محلات، جهت گیری بافت، درختان و پوشش گیاهی و سهم فضایی آنها از جمله مهمترین پارامترهای قابل اندازه گیری و ورودی نرم افزار است که به وسیله آنها میزان اثرگذاری هر کدام بر آسایش حرارتی محلات مورد بررسی قرار گرفته است. تصویر شماره ۱ موقعیت هر کدام از مراکز محلات را نشان می‌دهد.

۳.۲. گردآوری و تحلیل داده‌ها

به منظور شبیه‌سازی شرایط آسایش حرارتی، ابزارهای متفاوتی ارائه شده است. از جمله شناخته شده ترین ابزارها می‌توان به Biomet, Envi-met اشاره کرد. Envi-met یک مدل میکروکلیماتیکی سه بعدی است که به منظور بررسی اثرات خرداقلیمی ساختارهای شهری، آب و هوای داخلی و پراکندگی آلودگی، برای ارزیابی شرایط آسایش حرارتی در فضای باز در روزهای خاص و به ویژه تأثیر عناصر سبز بر پارامترهای مختلف هواشناسی تهیه شده است. پس از انجام فرآیند شبیه‌سازی، ابزار "Biomet" می‌تواند شاخص‌های آسایش حرارتی مختلفی را مانند شاخص جهانی آسایش حرارتی^۱ و دمای معادل فیزیولوژیکی^۲ محاسبه کند (Bruse, 2006).

می‌دهد (Zheng et al., 2018). فضاهای شهری تحت تأثیر عناصر مختلف طراحی می‌تواند باعث تغییرات در آسایش حرارتی استفاده کنندگان شود؛ به طور مثال پارامترهای مختلفی مانند الگوی هندسه فضایی، پوشش گیاهی، عناصر طبیعی و نوع مصالح در فضاهای باز می‌تواند باعث تغییر خرداقلیم در این فضاها شود (Bourbia & Boucheriba, 2010; Chatzidimitriou & Yannas, 2015). در این میان برخی محققان به تأثیر آب بر آسایش حرارتی پرداخته‌اند (Al-Hemiddi & Al-Saud, 2001; Robitu et al., 2006). در پژوهشی دیگر تأثیر مصالح و سطوح شهری بر آسایش حرارتی بررسی شده است (Chatzidimitriou & Yannas, 2015; Rosso et al., 2018). برخی دیگر به تأثیر پوشش گیاهی و درختان مانند دیوار و بام سبز، پارک‌های شهری، بوته‌ها و چمن پرداخته‌اند (Hamada & Ohta, 2010; Lobaccaro & Acero, 2019; Morakinyo et al., 2016; Zölch et al., 2015). در پژوهشی دیگر تأثیر مورفولوژی و هندسه شهری بر پارامترهای آسایش حرارتی نیز توسط برخی دیگر بررسی شده است (Bouketta & Bouchahm, 2015; Taleghani et al., 2013; Shishegar, 2020). عده‌ای هم به بررسی توأمان چند پارامتر محیطی آسایش حرارتی در ترکیب با یکدیگر پرداخته‌اند (Barakat et al., 2017; Chatzidimitriou & Yannas, 2016; Taleghani et al., 2014).

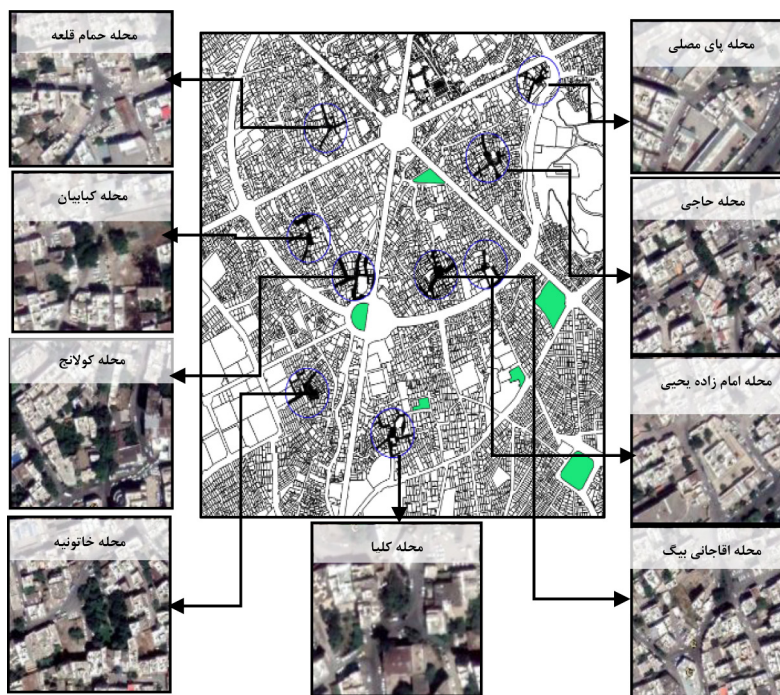
بررسی‌های انجام شده همچنین نشان می‌دهد که پوشش گیاهی و الگوی هندسی، بیشترین تأثیر را از بین پارامترهای طراحی شهری در مقیاس خرد بر آسایش محیطی در فضاهای باز عمومی و شهری دارند. این موضوع را می‌توان در مقاله مروری لای و همکاران که بعد از بررسی راهبردهای طراحی شهری و مقایسه تأثیرات آن بر آسایش حرارتی در فضاهای باز بر یکدیگر پرداخته‌اند، مشاهده کرد. آنها معتقدند که هندسه فضایی و پوشش گیاهی تأثیر بیشتری بر تغییر آسایش حرارتی و دمای معادل فیزیولوژیکی داشته‌اند (Lai et al., 2019). در پژوهش‌های دیگری نیز به این نکته اشاره شده است که در میان پارامترهای طراحی شهری، الگوی هندسی، فرم و همچنین پوشش گیاهی در مقیاس فضاهای خرد شهری، تأثیر بسزایی بر آسایش حرارتی استفاده کنندگان داشته است (Ali-Toudert & Mayer, 2006; Dursun & Yavas, 2015; Oke, 1981; Jamei et al., 2016; Lin et al., 2017). این عناصر ممکن است نقش مهمی در تعادل آسایش حرارتی شهری در زمستان هم داشته باشند. هرچند که تأثیر مؤلفه‌های پوشش گیاهی و الگوهای هندسی فضاهای باز عمومی در تعادل بخشی به آسایش حرارتی در زمستان هر یک به طور جداگانه در پژوهش‌هایی هر چند اندک مورد توجه قرار گرفته است (Bourbia & Boucheriba, 2010; Jim, 2014; Taleghani et al., 2014). بنابراین بررسی و تحلیل توأمان الگوی پوشش گیاهی و درختان و نیز پارامترهای هندسی فضا در فصل زمستان و اقلیم سرد چندان بررسی نشده و این مقاله به دنبال تحلیل این مسئله است.

۳. روش پژوهش

برای دستیابی به هدف پژوهش در این بخش برای شبیه‌سازی وضعیت موجود و مقایسه آسایش حرارتی هر یک از فضاهای باز از نرم افزار Envi-met استفاده شده است. در ابتدا بعد از استخراج پارامترهای طراحی شهری سایت‌های انتخابی (مراکز محلات به عنوان فضاهای باز شهری)

1 Universal Thermal Climate Index (UTCI)

2 Physiological Equivalent Temperature (PET)



تصویر شماره ۱: موقعیت مراکز محلات

(جدول شماره ۲). نُه مرکز محله انتخابی با جهت گیری های متفاوت و ارتفاع های وارد شده متناسب با داده های وضع موجود که از طریق برداشت های میدانی و مطالعات کتابخانه ای استخراج گردیده، وارد نرم افزار شده است. جدول شماره ۱ داده های ورودی نرم افزار را نشان می دهد. مصالح بافت به منظور یکسان کردن تأثیرات برآسایش حرارتی در همه محلات یکی در نظر گرفته شده است.

داده های آب و هوایی وارد شده به نرم افزار بر اساس داده های آب و هوایی پنجاه ساله انرژی پلاس همدان انتخاب شده و با نرم افزار Weather tool مورد بررسی قرار گرفته و خروجی ساعتی گرفته شده است؛ که برای تاریخ یک دی ماه (۲۲ دسامبر)، به عنوان یکی از سردترین روزهای زمستان، وارد نرم افزار Envi-met شده است. سایت های مورد نظر در یک گرید ۹۰x۹۰x۳۰ ساخته شده است (z,y,x) که در این شبکه اندازه واحد ۲،y متر و اندازه واحد ۱z و x متر در نظر گرفته شده است

جدول شماره ۱: داده های ورودی مدل سازی مراکز محله نمونه

ردیف	مرکز محله	مساحت مرکز محله	جهت گیری	مساحت فضای سبز	تعداد درختان موجود	تعداد طبقات پیرامون مرکز محله	مصالح	نام درخت	ارتفاع
۱	امام زاده یحیی	۷۴۱	شمال شرق - جنوب غرب	-	۲	۵-۱ طبقه	خاک آسفالت اجر	افرا	۶
۲	بای مصلی	۸۱۰	شمال شرق - جنوب غرب	۱۵	۴	۵-۱ طبقه	خاک آسفالت اجر	زبان گنجشک	۶ متر
۳	حمام قلعه	۸۱۳	شمال - جنوب	-	۲	۵-۱ طبقه ساختمان های اطراف مرکز محله ۱ تا دو طبقه است	خاک آسفالت اجر	زبان گنجشک	
۴	کلپا	۱۲۴۰	شمال - جنوب	۱۹۸	۱۳	۶-۱ طبقه	خاک آسفالت اجر	چنار- افاقیا- توت- سپیدار- زبان گنجشک	توت ۱۳ ۲-۵-۶-۸-۲,۵
۵	کلبیان	۱۲۲۰	شمال - جنوب	۱۴۰	۹	۵-۱ طبقه	خاک آسفالت اجر	زبان گنجشک	۱۲
۶	حاجی	۱۴۳۷	شمال غرب - جنوب شرق	۱۹۰	۹	۵-۱ طبقه ساختمان های پیرامون مرکز محله دو تا سه طبقه هستند	خاک آسفالت اجر	زبان گنجشک افاقیا	۹
۷	کولانچ	۱۹۷۱	شمال - جنوب	۱۰۰	۱۹	۷-۱ طبقه	خاک آسفالت اجر	چنار	۱۲
۸	آقاجانی	۳۰۷۵	شمال غرب - جنوب شرق	۱۰۰	۲	۷-۱ طبقه	خاک آسفالت اجر	زبان گنجشک	۶
۹	خانونیه	۳۴۹۰	شمال غرب - جنوب شرق	۱۴۶۰	۴۹	۷-۲ طبقه	خاک آسفالت اجر	سرو+افرا	۲-۱۲-۵

شبیه سازی ۲۴ ساعت انجام شده پس از اجرای مدل سازی، خروجی های مدل اقلیمی توسط نرم افزار Envi-met برای دو مقطع زمانی صبح (ساعت ۹:۰۰) و بعدازظهر (ساعت ۱۷:۰۰) در تاریخ یک دی ماه محاسبه و داده های عددی به وسیله نرم افزار Excel خروجی گرفته شده و سپس برای نمایش گرافیکی، با توجه به خروجی ها و به کمک نرم افزار Leonardo قابل استخراج گردیده اند. سرعت باد در این آنالیز ۳/۵ متر بر ثانیه، میزان ابرناکی هوا ۴ اوکتناس در نظر گرفته شده است. جدول شماره ۲ روز شبیه سازی، ساعت و داده های اقلیمی ورودی نرم افزار را بیان می کند.

جدول شماره ۲: داده های اقلیمی ورودی نرم افزار

۲۳م و ۲۴م دسامبر ۲۰۱۹	روز شبیه سازی
۶ بعدازظهر	ساعت شروع
۲۴ ساعت	مدت شبیه سازی
پیشرفته	سطح انتخابی
استاندارد	نیروی وارده
۳٫۵	سرعت باد
۲۵۰	طول ناهمواری
۰٫۰۱	فواصل خروجی
۶۰	رستپتور و ساختمان (دقیقه)
۶۰	همه فایل های دیگر (دقیقه)
۹۰،۹۰،۳۰	تعداد شبکه ها X، Y، Z
۱ متر) به ۵ زیر سلول تقسیم می شود (dz)	x و y اندازه خانه های شبکه
۰	تعداد شبکه های تودرتو
دیوار آجری (هوادهی)	مصالح دیوار
عایق متوسط دیوار	مصالح سقف
۴	پوشش ابرهای کم (octas)
۳	پوشش ابرها متوسط (octas)
۱	پوشش ابرها بالا (octas)

شاخصی که تعادل گرمایی بدن انسان را در نظر می گیرد، در این پژوهش استفاده شده است. مزیت اصلی دمای معادل فیزیولوژیکی نسبت به سایر شاخص ها به دلیل ارائه آن برحسب سلسیوس است و می توان به صورت روزانه و حتی ساعتی مورد ارزیابی قرار داد (Matzarakis et al., 2000). از سویی دیگر در سنجش آسایش حرارتی بیرونی مورد استفاده، مطالعات بسیار زیادی انجام شده است. شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی بر مبنای مدل تعادل انرژی مطرح می شود. تمامی خروجی ها در سطح عابران پیاده در ارتفاع ۱/۵ گرفته شده است.

محاسبات دمای معادل فیزیولوژیکی از طریق نرم افزار Biomet به طور پیش فرض برای یک مرد ۳۵ ساله معمولی ۱/۷۵ قد و ۷۵ کیلوگرم انجام شده و میزان متابولیک آن ۸۰ وات یا ۳/۲ مت است (هنگامی که یک فرد عادی با سرعت ۱٫۲ متر بر ثانیه حرکت می کند، سطح فعالیت ۸۰ وات پدید می آید). دمای معادل فیزیولوژیکی، احساس حرارتی و درجه استرس فیزیولوژیکی بدن و همچنین داده های پیش فرض ورودی نرم افزار شاخص آسایش حرارتی را می توان به ترتیب در جدول های شماره ۴ و ۵ مشاهده کرد.

جدول شماره ۴: دمای معادل فیزیولوژیکی، احساس حرارتی و درجه استرس

فیزیولوژیکی بدن

درجه استرس فیزیولوژیکی	میزان احساس حرارتی	درجه دمای معادل فیزیولوژیکی
استرس سرمای زیاد	خیلی سرد	کمتر از ۴
استرس سرمای قوی	سرد	۴-۸
استرس سرمای معتدل	سرد	۸-۱۳
استرس سرمای کم	کمی سرد	۱۳-۱۸
عدم وجود استرس حرارتی	آسایش	۱۸-۲۳
استرس گرمای ملایم	کمی گرم	۲۳-۲۹
استرس گرمایی متوسط	گرم	۲۹-۳۵
استرس گرمایی قوی	داغ	۳۵-۴۱
استرس گرمایی شدید	بسیار داغ	بیشتر از ۴۱

ماخذ: (Matzarakis et al., 2000)

جدول شماره ۵: داده های پیش فرض ورودی نرم افزار شاخص آسایش حرارتی

دمای معادل فیزیولوژیکی

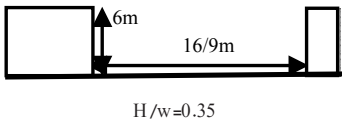
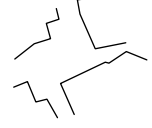


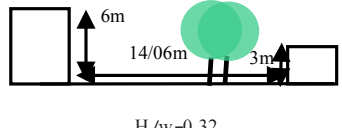



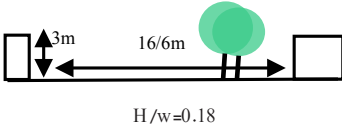
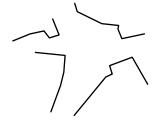
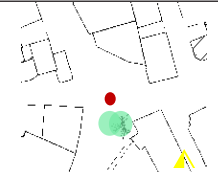

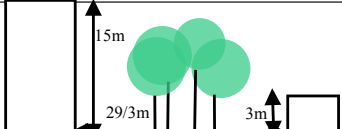



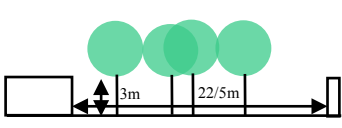
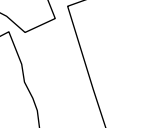


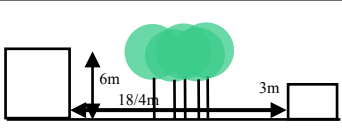


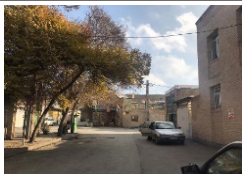

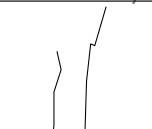


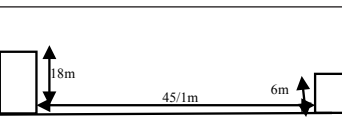
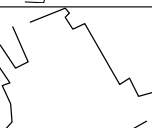
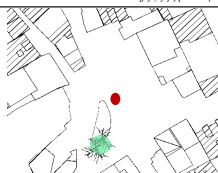

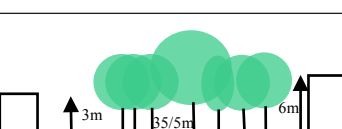
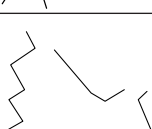
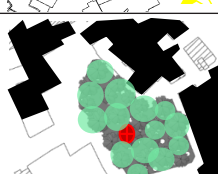

تنظیمات محاسبه PET	
۱/۲۱ متر بر ثانیه	سرعت (آرام راه رفتن)
۲/۳	متابولیک (MET)
۰/۵	میزان پوشش (clo)
مرد	جنسیت
۳۵	سن
۱/۷۵ متر	قد
۷۵ کیلوگرم	وزن

ماخذ: (Matzarakis et al., 2000)

به منظور یکسان سازی شرایط محیطی در تمامی مراکز محلات، به هنگام آنالیز، نقطه مرکزی در وسط مراکز محلات انتخاب شده است. در نقطه انتخابی، "ضرایب دید آسمان" از طریق شبیه سازی به دست آمده است. برای هندسه های فرضی، مقادیر ضریب دید به آسمان را می توان از نرم افزار شبیه سازی به دست آورد (Chen et al., 2009). این میزان از ۰/۲۱ در محصورترین محور (مرکز محله کلیا) تا ۰/۸۱ در گسترده ترین فضا (مرکز محله آقا جانی) را در بر می گیرد. جدول شماره ۳ موقعیت هر رستپتور و ارتباط آن با پارامترهای طراحی فضا را نشان می دهد.

برای ارزیابی دقیق تر از تأثیرات عناصر هندسه شهری و پوشش گیاهی بر فاکتورهای آسایش حرارتی مانند باد، رطوبت، دما و دمای تابشی، رستپتور (نقطه در نظر گرفته شده برای راحتی حرارتی) در مرکز هر محله و در ارتفاع (۱/۵ متری) قرار داده شده است. در کنار داده های هوا شناسی شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی برای ارزیابی آسایش انسان در نظر گرفته شده است. شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی به عنوان

جدول شماره ۳: پارامترهای طراحی مراکز محلات

SVF	جهت گیری	H/W	شکل هندسی	موقعیت رسیستور	تام مرکز محله
۰٫۶۸	شمال شرق - جنوب غرب	 H/w=0.35			 امام زاده یحیی
۰٫۷۱	شمال شرق - جنوب غرب	 H/w=0.32			 پای مصلی
۰٫۶۷	شمال - جنوب	 H/w=0.18			 حمام قل-امام زاده یحیی
۰٫۲۱	شمال - جنوب	 H/w=0.3			 کلیا
۰٫۵۴	شمال غرب - جنوب شرق	 H/w=0.13			 کبایان
۰٫۳۴	شمال غرب - جنوب شرق	 H/w=0.25			 حاجی
۰٫۵۸	شمال - جنوب	 H/w=0.68			 کولانج
۰٫۸۱	شمال غرب - جنوب شرق	 H/w=0.25			 آفجانی بیگ
۰٫۳۴	شمال غرب - جنوب شرق	 H/w=0.13			 خاتونیه

۴. یافته‌ها

یافته‌های پژوهش بعد از شبیه سازی در نرم افزار Envi-met در قالب گراف و نمودار در چهار متغیر محیطی آسایش حرارتی و شاخص دمای معادل فیزیولوژیک به شرح زیر ارائه شده است. سپس ترکیب پارامترهای طراحی و میزان اثرگذاری آنها بر شاخص آسایش حرارتی با مقایسه طراحی متفاوت هر مرکز محله بیان شده است.

۴.۱. میانگین دمای تابشی

از آنجایی که دمای تابشی مستقیماً تحت تأثیر خورشید است، در ساعت ۵ بعد از ظهر که دیگر تابش خورشید نداریم، رنج دمای تابشی از صفر تا دو درجه است؛ در حالی که در ساعت ۹ صبح رنج آن از ۳ تا ۹ درجه سانتیگراد است. علاوه بر این با مشاهده گراف‌های ساعت ۵ بعد از ظهر می‌توان تفاوت میانگین دمای تابشی را در مراکز که دارای پوشش گیاهی هستند، مشاهده کرد. مرکز محله کولانچ در مقایسه با معبرموازی با خود دارای میانگین دمای تابشی بالاتری است اما معبر کناری با همان جهت گیری میانگین دمای تابشی کمی دارد. علت این امر وجود پوشش گیاهی در مرکز محله کولانچ است که در ساعت ۵ بعد از ظهر در محیط وجود دارد. در محله کبابیان نیز صحت این موضوع مشخص است. در ساعت ۹ مرکز محله کبابیان و زمین خالی در قسمت شرق آن دارای میانگین دمای تابشی یکسانی هستند اما در ساعت ۵ که دیگر تابش خورشید نیست، مشاهده می‌شود که در مرکز محله به علت وجود درختان همچنان دمای تابشی داریم، در حالی که در زمین خالی مجاور به علت نبود درخت دمای تابشی کاهش یافته است.

۴.۲. دمای هوا

با توجه به این که زمان آنالیز در زمستان انجام شده و همچنین باتوجه به میزان ابرناکی هوای موجود، میزان دامنه تغییرات دمایی در ساعت ۹ صبح زیاد نبوده و تغییرات دما از ۲ درجه سانتیگراد و ۴ درجه تغییر کرده است. در ساعت پنج بعد از ظهر به علت این که در طول روز نور خورشید به فضاها تابیده شده، به صورت کلی نسبت به رنج دمایی ۹ صبح دمای بالاتری را مشاهده می‌کنیم. در مراکز محلات شاهد تفاوت دمایی در نقاطی که دارای پوشش گیاهی هستند و مراکز محلاتی مانند امام زاده یحیی و حمام قلعه که این ویژگی را ندارند، هستیم؛ که به علت نداشتن پوشش گیاهی این مناطق دمای بیشتری دارند. اما ذکر این نکته حائز اهمیت است که نوع درختان موجود در سایت‌ها از نوع برگ ریز بوده، همان طور که مطالعات پیشین بیان کرده‌اند، درختان برگ ریز باعث عبور اشعه خورشید و برخورد آن به زمین می‌شوند (Hamada & Ohta, 2010; Van Esch et al., 2012). به همین علت نمی‌توان تفاوت‌های دمایی زیادی را در مراکز محلاتی که فضای سبز دارند و مراکز که فضای سبز ندارند، مشاهده کرد. نکته قابل توجه در محله کولانچ اینست که در ابتدای محله، دمای هوا زیاد است اما در بخش انتهایی محله به علت چرخش معبر دسترسی خورشیدی از سمت جنوب کاهش یافته و دمای هوا پایین‌تر است. محلات کلیا، حاجی و کبابیان به علت مساحت نزدیک به هم و وجود فضای سبز مرکزی در آنها عملکرد دمایی یکسان است.

۴.۳. رطوبت نسبی

میزان رطوبت نسبی در ساعت ۹ صبح در محلات بیشتر بوده و از ۵۵ درصد تا ۶۰ درصد متغیر است. در حالی که رنج تغییرات رطوبت نسبی در ساعت ۵ بعد از ظهر کم‌تر از ۵۰ درصد تا ۵۳ درصد است. به طور کلی رطوبت فاکتور کلان مقیاسی است که در مقیاس خرد اقلیم و با هندسه شهری رابطه کمتری دارد و بیشتر تحت تأثیر پوشش گیاهی است. کمترین رطوبت نسبی در ساعت ۵ بعد از ظهر متعلق به مراکز محلات کولانچ و مصلی است؛ علت آن متراکم بودن فضای مرکز محله کولانچ نسبت به سایر مراکز است. در مرکز محله امام زاده یحیی شاهد رطوبت نسبی کمتری هستیم، زیرا در این مرکز محله پوشش گیاهی وجود ندارد و عامل رطوبت هم تحت تأثیر پوشش گیاهی قرار دارد.

۴.۴. سرعت باد

تأثیر درختان در کاهش جریان باد نسبت به ساختمان‌های صلب متفاوت است. در حالی که ساختمان‌ها اختلاف فشار زیادی بین جهت‌های مقابل و مخالف به باد ایجاد می‌کنند، اختلاف فشار ایجاد شده توسط درختان به دلیل ماهیت متخلخل آنها بسیار کمتر است. در نتیجه در حالی که درختان تأثیر کمتری بر سرعت باد می‌گذارند، در پیرامون لبه‌ها و سقف ساختمان‌ها باد سرعت بیشتری دارد. همان طور که در گراف‌ها می‌توان مشاهده کرد، میزان سرعت باد در محوطه‌های باز مانند مراکز محلات آقاجانی بیگ، خاتونیه و کبابیان نسبت به فضای متراکم مرکز محله حاجی و کولانچ بیشتر است. علاوه بر این جهت گیری شمالی جنوبی محله کولانچ که عمود بر جهت باد غالب زمستانی همدان است، از سمت غرب می‌وزد؛ که این امر خود باعث کاهش سرعت باد در این محدوده می‌شود. در محله کبابیان شاهد سرعت بالای باد در وسط مرکز محله هستیم. به علت تناسب عرضی مرکز محله، ارتفاع ساختمان‌های سمت غرب آن که در جهت باد سرد زمستان هستند، یک طبقه است. بنابراین از نفوذ باد به درون مرکز محله جلوگیری نمی‌کند.

۴.۵. آسایش حرارتی رسپتور مرکزی (شاخص PET)

همان طور که از مقایسه نمودارهای نقطه مرکزی مشخص است، می‌توان گفت از میان پارامترهای تشکیل دهنده آسایش حرارتی، میزان تغییرات سرعت باد بسیار بیشتر از میانگین دمای تابشی، دمای هوا و رطوبت نسبی بوده است و همین امر منجر به تفاوت در میزان آسایش حرارتی نقطه مرکزی شده است. با توجه به نمودار شماره ۱ آسایش حرارتی خروجی از نرم افزار که مقایسه میزان آسایش محلات با یکدیگر را در نقاط مرکزی هر سایت نشان می‌دهد، محلات کلیا و کولانچ از شرایط مطلوب‌تری به علت بالاتر بودن مقدار شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی برخوردارند. جدول شماره ۶ اعداد دقیق آسایش حرارتی هر محله را که با نرم افزار اکسل گرفته شده، نشان می‌دهد. علاوه بر این رنج تغییرات آسایش حرارتی در سطح دو بعدی مراکز محلات نشان داده شده است.

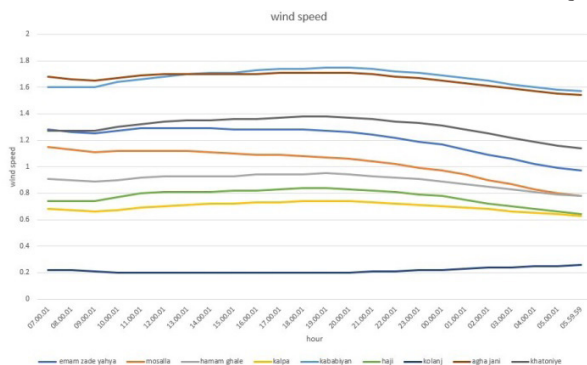


نمودار شماره ۱: مقایسه آسایش حرارتی ۹ مرکز محله در رستپور مرکزی (محدوده آسایش با رنگ نشان داده شده است)

جدول شماره ۶: رتبه بندی محلات از لحاظ آسایش حرارتی ساعت ۵ بعد از ظهر و ۹ صبح

رتبه	رستپور مرکزی	میزان شاخص PET در ساعت ۵ بعد از ظهر	رتبه	رستپور مرکزی	میزان شاخص (PET) در ساعت ۹ صبح
۱	کولانچ	۹۲/۷	۱	کولانچ	۳۱/۸
۲	کلپا	۹۳/۵	۲	کلپا	۷۳/۵
۳	حاجی	۳۱/۵	۳	حاجی	۳۲/۵
۴	حمام قلعه	۸۷/۴	۴	حمام قلعه	۴۲/۴
۵	خاتونیه	۴۶/۴	۵	خاتونیه	۹۹/۳
۶	امام زاده یحیی	۴۵/۴	۶	امام زاده یحیی	۶۳/۳
۷	آقاجانی بیگ	۹۱/۳	۷	پای مصلی	۲۵/۳
۸	کبابیان	۸۷/۳	۸	کبابیان	۱۴/۳
۹	پای مصلی	۳/۲۸	۹	آقاجانی بیگ	۲/۹۷

است که این امر باعث جلوگیری از نفوذ باد سرد زمستانی در این نقطه از محلات شده و به عنوان یک بادشکن نقش محافظت از استفاده کنندگان در برابر باد زمستانه را دارد. به طور کلی نسبت ارتفاع به عرض کمتر از یک، مناسب فصل زمستان و اقلیم سرد است اما اگر این مقدار از حدی کمتر باشد، باعث عدم آسایش عابر پیاده در برابر باد می شود؛ مانند محله کبابیان که نسبت ارتفاع به عرض نقطه مرکزی آن ۰٫۱۳ است و همان طور که در نمودار مقایسه آسایش حرارتی مشخص است، این محله دارای شاخص آسایش حرارتی کمی بوده و لازم است تمهیداتی در جهت محافظت در برابر باد و طوفان زمستانه در نظر گرفته شود.



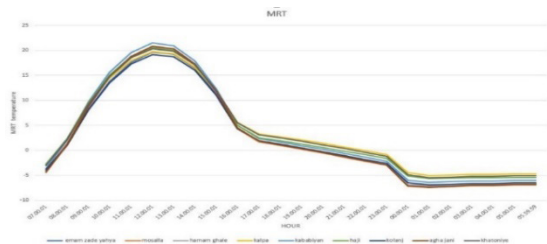
نمودار شماره ۲: مقایسه تغییرات باد مرکز محلات در نقاط مرکزی

۵. بحث

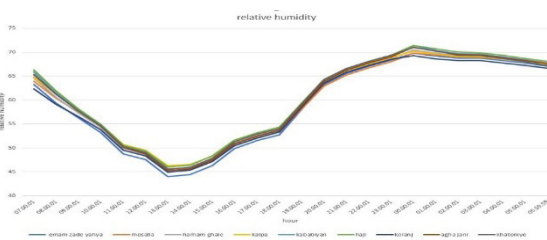
با توجه به وضع موجود محلات، جهت گیری هر دو محله کلپا و کولانچ یکسان و به صورت جهت گیری شمالی جنوبی است. این نوع از جهت گیری در زمستان از دسترسی نور خورشید بالایی برخوردار است. در حالی که در فصل زمستان مناسبترین جهت گیری، عمود بر وزش باد غالب زمستانی است (DeKay & Brown, 2013; Dursun & Yavas, 2015). همان طور که پژوهشی نشان داده شده، بهترین نتایج در زمستان در خیابان‌های در معرض تابش خورشید و محافظت از باد اتفاق می افتد؛ بدین صورت که راحت‌ترین شرایط در یک فضای باز شهری جهت گیری عمود بر باد غالب نشان داده شده است (Chatzidimitriou & Yannas, 2016). در اینجا هم هر دو محله در جهت عمود بر باد زمستان همدان هستند که از سمت غرب جریان دارد. این امر می‌تواند با توجه به نمودار مقایسه سرعت باد مشاهده کرد که کمترین سرعت باد مربوط به محلات کولانچ و کلپاست.

نسبت ارتفاع به عرض در رستپور مرکزی محله کولانچ ۰٫۶ و در محله کلپا ۰٫۳ است که نسبت به محلات دیگر از محصوریت بالاتری برخوردار است. درست است که طبق یافته‌های ششوا-بار و هافمن، فاصله بین پهنای ساختمان‌ها می‌تواند باعث شود دمای هوا در روز افزایش یابد (Shashua-Bar & Hoffman, 2003). اما با توجه به نمودار شماره ۲، با میزان ابرناکی و نور خورشید در این روز، اثرگذاری باد بر آسایش حرارتی بیشتر بوده است. در هر دو نقطه، ارتفاع ساختمان سمت غرب بیشتر

تأثیر خنک کنندگی پوشش گیاهی در زمستان به علت کاهش سطح برگ و تبخیر کم است. درختان سرعت باد در زمستان را کاهش می دهند (Andreou & Axarli, 2012; Jamei et al., 2016). پوشش گیاهی در هر ۹ سایت از نوع درختان برگ ریز است که در زمستان مانع از تابش خورشید نمی شود بلکه می تواند باعث جلوگیری از وزش باد سرد زمستانه از سمت غرب شود. با توجه به گراف های پوشش گیاهی، وجود پوشش گیاهی در مراکز محلات باعث افزایش میانگین دمای تابشی در ساعت ۵ بعد از ظهر شده است؛ زیرا درختان در طول روز نور خورشید را جذب کرده و در بعد از ظهر به محیط پس می دهند. علاوه بر این پوشش گیاهی متراکم باعث کاهش ضریب دید به آسمان شده است. با مشاهده نمودار شماره ۵ که بیانگر مقایسه تغییرات میانگین دمای تابشی نقاط مرکزی محلات است هم می توان دید، محلاتی که دارای فضای سبز هستند، دارای میانگین دمای تابشی بالاتری هستند. همچنین براساس نمودار شماره ۶ می توان دید وجود درختان باعث افزایش رطوبت محیط شده است. با توجه به هوای خشک همدان در زمستان وجود پوشش گیاهی به منظور بهبود آسایش لازم است. به طور کلی می توان نتیجه گرفت، هر دو عامل پوشش گیاهی از نوع گونه برگ ریز، هندسه شهری و پارامترهای آن مانند محصوریت نسبی که با نسبت ارتفاع به عرض تعیین می شود، ضریب دید به آسمان کم و جهت گیری شمالی جنوبی می تواند در افزایش میزان آسایش حرارتی در اقلیم سرد و محافظت از باد زمستانه اثرگذار باشد.



نمودار شماره ۵: مقایسه تغییرات میانگین دمای تابشی نقاط مرکزی



نمودار شماره ۶: مقایسه تغییرات رطوبت نسبی مرکز محلات در نقاط مرکزی

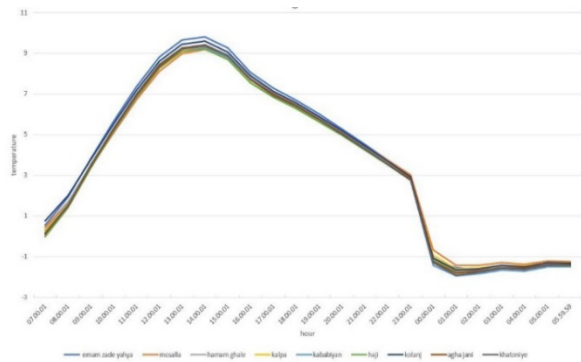
۶. نتیجه گیری

در مطالعات اخیر، آسایش حرارتی به عنوان کیفیتی مهم به منظور حضور مطلوب انسان در فضاهای زیستی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. شهر همدان با اقلیم سرد و کوهستانی همواره در نیمه دوم سال با کاهش حضورپذیری شهروندان در فضاهای عمومی روبه رو است. در این میان، مراکز محلات تاریخی شهر همدان (چمن ها)، به عنوان یکی از مهم ترین فضاهای عمومی، همواره محلی برای تأمین نیازهای ساکنان و تعاملات اجتماعی ساکنان محلات بوده و حضورپذیری

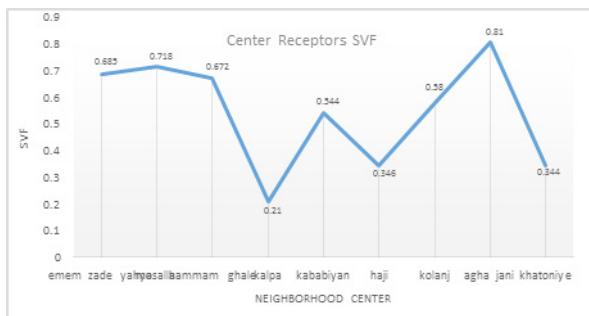
ضریب دید به آسمان در نقاط مرکزی از طریق شبیه سازی در نرم افزار محاسبه شده اند. براساس جدول شماره ۷، کمترین میزان ضریب دید به آسمان متعلق به مرکز محله کلیاست؛ یعنی این نقطه پوشش بیشتری نسبت به آسمان دارد. بیشترین ضریب دید به آسمان متعلق به مرکز محله آقاچانی است. ضریب دید به آسمان ارتباط مستقیمی با نسبت ارتفاع به عرض و وجود درختان دارد. همان طور که در جدول شماره ۷ مشخص است، رسپتور های محلات حاجی، کلیا و خاتونیه که در زیر درختان در نظر گرفته شده، دارای میزان کمتری است. با توجه به نمودار شماره ۳ مقایسه دمای هوای نقاط اختلاف کمی دارد. این بدین معنی است که درختان برگ ریز در محلات، مانع از تابش خورشید در زمستان نشده اند. اما براساس نمودار شماره ۴، با توجه به کم بودن ضریب دید به آسمان در محلات کولانج و کلیا که دارای آسایش حرارتی بالاتری بودند، می توان این را بیان کرد که محصوریت نسبی فرم در اقلیم سرد به آسایش استفاده کنندگان کمک خواهد کرد.

جدول شماره ۷: میزان شاخص دید به آسمان نقاط مرکزی محلات با درخت و بدون درخت

رسپتور مرکزی	ضریب دید به آسمان با درخت	ضریب دید به آسمان بدون درخت
کولانج	۰٫۵۸	۰٫۶۷۷
کلیا	۰٫۲۱	۰٫۷۴۳
حاجی	۰٫۳۴۶	۰٫۷۹
حمام قلعه	۰٫۶۷۲	۰٫۷۹
خاتونیه	۰٫۳۴۴	۰٫۷۸
امام زاده یحیی	۰٫۶۵۸	۰٫۶۵۸
آقاچانی بیگ	۰٫۸۱	۰٫۸۱۸
کبابیان	۰٫۵۴۴	۰٫۸۲۸
پای مصلی	۰٫۷۱۸	۰٫۷۸۳



نمودار شماره ۳: مقایسه تغییرات دمای هوا مرکز محلات در نقاط مرکزی



نمودار شماره ۴: مقایسه میزان ضریب دید به آسمان در رسپتور مرکزی

- canyon microclimate in traditional and contemporary environment. Experimental investigation and parametric analysis. *Renewable Energy*, 43, 354-363.
- Barakat, A., Ayad, H., & El-Sayed, Z. (2017). Urban design in favor of human thermal comfort for hot arid climate using advanced simulation methods. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 533-543.
 - Bouketta, S., & Bouchahm, Y. (2020). Numerical evaluation of urban geometry's control of wind movements in outdoor spaces during winter period. Case of Mediterranean climate. *Renewable Energy*, 146, 1062-1069.
 - Bourbia, F., & Boucheriba, F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). *Renewable Energy*, 35(2), 343-347.
 - Chapman, D., Nilsson, K., Rizzo, A., & Larsson, A. (2018). Updating winter: The importance of climate-sensitive urban design for winter settlements. *Arctic yearbook*.
 - Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2015). Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials. *Energy and Buildings*, 108, 156-174.
 - Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer. *Sustainable Cities and Society*, 26, 27-47.
 - Chen, L., Ng, E., An, X., Ren, C., & Lee, M. (2009). Sky view factor analysis of street canyons and its implication for urban heat Island Intensity. *Proceedings of PLEA 2009 26th Conference on passive and low energy architecture*,
 - Chen, X., Xue, P., Gao, L., Du, J., & Liu, J. (2019). Physiological and thermal response to real-life transient conditions during winter in severe cold area. *Building and environment*, 157, 284-296.
 - DeKay, M., & Brown, G. (2013). *Sun, wind, and light: architectural design strategies*. John Wiley & Sons.
 - Diebel, J. (2019). Weatherspark.com. <https://weatherspark.com/y/104612/Average-Weather-in-Hamad%C4%81n-Iran-Year-Round>
 - Dursun, D., & Yavas, M. (2015). Climate-sensitive urban design in cold climate zone: the City of Erzurum, Turkey. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 3(1), 17-38.
 - Hamada, S., & Ohta, T. (2010). Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding
- بالایی داشته اند. در این پژوهش با استفاده از مفهوم آسایش حرارتی و متغیرهای مرتبط، نسبت به تحلیل و بررسی ویژگی‌های آسایش حرارتی در نُه مرکز محله همدان به عنوان نمونه اقدام گردیده است. در این راستا، با استفاده از دو مؤلفه اساسی هندسه فضایی و پوشش گیاهی و تأثیر آنها بر پارامترهای اقلیمی (باد، رطوبت، دما و دمای تابشی) در نمونه‌های مورد مطالعه، مشخص گردید که عامل باد نسبت به سایر عوامل اقلیمی نقش بیشتری از نظر آسایش اقلیمی در مناطق سرد و خشک ایفا می‌نماید؛ یعنی محلاتی که از نسبت ارتفاع به عرض بیشتری برخوردار بوده، از شدت جریان باد نامطلوب و سرد و سوزان بیشتر در امان بوده و دارای آسایش اقلیمی و حرارتی بهتری به خصوص در ایام سرد است. عامل دیگر که نقش مهمی در آسایش اقلیمی در فضاهای باز عمومی در مناطق سرد و خشک ایفا می‌کند، پوشش گیاهی است. استفاده از درختان برگ ریز به طور خاص، ضمن آن که در تابستان، کاربران را در مقابل آفتاب مستقیم محافظت می‌نماید، موجبات تابش خورشید را در زمستان ایجاد می‌کند. با مراجعه به جداول شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی، مشاهده می‌شود که میزان دمای فضاهای باز که دارای پوشش گیاهی هستند، در زمستان در بعدازظهر افزایش می‌یابد. این امر به این دلیل است که گرمای ذخیره شده در طول روز در بعد از ظهر و عصر به هوا رها می‌شود. با این حال تحقیقات بیشتری لازم است تا اثرات انواع دیگر درختان شهری و ترکیب بندی‌های مختلف آن با هندسه فضایی مورد توجه قرار گیرد تا تأثیرات خرد اقلیمی آنها بر آسایش انسان مشخص گردد. ضمن این که پژوهش حاضر به سنجش آسایش حرارتی در فصل زمستان در اقلیم سرد پرداخته است. برای نتایج دقیق‌تر لازم است فصول دیگر سال نیز مورد آنالیز و ارزیابی قرار گیرد.

References:

- Afshar, N. K., Karimian, Z., Doostan, R., & Nokhandan, M. H. (2018). Influence of planting designs on winter thermal comfort in an urban park. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 26(3), 232-240.
- Al-Hemiddi, N. A., & Al-Saud, K. A. M. (2001). The effect of a ventilated interior courtyard on the thermal performance of a house in a hot-arid region. *Renewable Energy*, 24(3-4), 581-595.
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2006). Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and environment*, 41(2), 94-108.
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2007). Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar energy*, 81(6), 742-754.
- Andreou, E., & Axarli, K. (2012). Investigation of urban

- urban areas. *Urban forestry & urban greening*, 9(1), 15-24.
- Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., & Jamei, Y. (2016). Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002-1017.
 - Jim, C. Y. (2014). Passive warming of indoor space induced by tropical green roof in winter. *Energy*, 68, 272-282.
 - Johansson, E., & Emmanuel, R. (2006). The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International journal of biometeorology*, 51(2), 119-133.
 - Lai, D., Chen, B., & Liu, K. (2020). Quantification of the influence of thermal comfort and life patterns on outdoor space activities. *Building simulation*,
 - Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., & Chen, Q. (2019). A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. *Science of the Total Environment*, 661, 337-353.
 - Lin, P., Gou, Z., Lau, S. S.-Y., & Qin, H. (2017). The impact of urban design descriptors on outdoor thermal environment: A literature review. *Energies*, 10(12), 2151.
 - Lobaccaro, G., & Acero, J. A. (2015). Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, 14, 251-267.
 - Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2000). Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. *WCASP-50, WMO/TD, 1026, 273-278*.
 - Morakinyo, T. E., Dahanayake, K. K. C., Adegun, O. B., & Balogun, A. A. (2016). Modelling the effect of tree-shading on summer indoor and outdoor thermal condition of two similar buildings in a Nigerian university. *Energy and Buildings*, 130, 721-732.
 - Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of climatology*, 1(3), 237-254.
 - Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11(1-3), 103-113.
 - Organization, W. H. (2019). Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world. World Health Organization.
 - Peng, Y., Feng, T., & Timmermans, H. (2019). A path analysis of outdoor comfort in urban public spaces. *Building and environment*, 148, 459-467.
 - Robitu, M., Musy, M., Inard, C., & Groleau, D. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar energy*, 80(4), 435-447.
 - Rosso, F., Golasi, I., Castaldo, V. L., Piselli, C., Pisello, A. L., Salata, F., Ferrero, M., Cotana, F., & de Lieto Vollaro, A. (2018). On the impact of innovative materials on outdoor thermal comfort of pedestrians in historical urban canyons. *Renewable Energy*, 118, 825-839.
 - Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2003). Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees. *Energy and Buildings*, 35(1), 61-68.
 - Shishegar, N. (2013). Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. *Journal of clean energy technologies*, 1(1).
 - Szkordilis, F., & Zöld, A. (2016). Effect of vegetation on wind-comfort. *Applied Mechanics and Materials*,
 - Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M., & Van Den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and environment*, 83, 65-78.
 - Taleghani, M., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen, A., & Sailor, D. J. (2014). Heat mitigation strategies in winter and summer: Field measurements in temperate climates. *Building and environment*, 81, 309-319.
 - Van Esch, M., Looman, R., & de Bruin-Hordijk, G. (2012). The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. *Energy and Buildings*, 47, 189-200.
 - Zheng, B., Bernard BEDRA, K., Zheng, J., & Wang, G. (2018). Combination of tree configuration with street configuration for thermal comfort optimization under extreme summer conditions in the urban center of Shantou City, China. *Sustainability*, 10(11), 4192.
 - Zölch, T., Rahman, M. A., Pfleiderer, E., Wagner, G., & Pauleit, S. (2019). Designing public squares with green infrastructure to optimize human thermal comfort. *Building and environment*, 149, 640-654.

نحوه ارجاع به مقاله:

یادگاری، پگاه؛ سجادزاده، حسن؛ (۱۴۰۰) نقش الگوی فضایی و پوشش گیاهی فضاهاى باز محلی بر میزان آسایش حرارتی در اقلیم سرد، مطالعات شهری، 10 (40)، 15-26 .doi: 10.34785/J011.2021.937/Jms.2021.132

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.

