



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری، سال هشتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، شماره پیاپی ۱۵

تبیین تأثیر ارتفاع و فرم گونه‌های مسکونی مبتنی بر ایجاد آسایش حرارتی فضاهای باز جمعی (نمونه مورد مطالعه: مجتمع‌های مسکونی شهر شیراز)

نازنین دهناد (دانش آموخته دکتری گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران)

nazanin.dehnad@gmail.com

باقر کریمی (استادیار گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران نویسنده مسئول)

b.karimi@iaubushehr.ac.ir

جمال‌الدین مهدی نژاد (استاد گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید رجایی، تهران، ایران)

mahdinejad@sru.ac.ir

تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱

صص ۱۹۷-۲۱۷

چکیده

آسایش حرارتی در محیط زیست یک عامل حیاتی است که بر سلامت و رفاه ساکنین تأثیرگذار است. آسایش حرارتی به میزان زیادی تحت تأثیر اثرات ترکیبی پارامترهای مختلف است و فرم بلوک‌های شهری تأثیر قابل توجهی بر مقدار تابش و الگوهای جریان و سرعت باد می‌گذارند. در این پژوهش به سنجش تأثیر فرم و ارتفاع بلوک‌های مسکونی بر آسایش حرارتی فضاهایی باز پرداخته است. روش تحقیق پژوهش به شیوه کمی، و از روش توصیفی و استنباطی از نوع پیمایشی، و روش نمونه‌گیری تصادفی و به منظور انتخاب حجم نمونه از نمونه‌گیری احتمالی کنترل شده استفاده شده است. چهار بلوک مسکونی با الگوهای متداول در شهر شیراز در سه حالت کوتاه مرتبه، میان مرتبه و بلند مرتبه انتخاب و شبیه‌سازی گردید. و به بررسی نتایج متبج از شبیه‌سازی به تحلیل داده‌ها و سنجش آنها با استفاده از نرم‌افزار ENVI-met در سال ۱۳۹۹ پرداخته شده است؛ سپس با استفاده از داده‌های اقلیمی در نرم‌افزار RayMan، دمای معادل فیزیولوژیکی به دست آمد و در پنج نقطه مدل‌های شبیه‌سازی شده، نسبت فرم و ارتفاع مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سپس نتایج با توجه به نرم‌افزار SPSS22 آمارها در دو سطح توصیفی و استنباطی بیان شده است، و با استفاده از آزمون فریدمن رتبه‌بندی نقاط بحرانی براساس فرم‌ها بر حسب سه ارتفاع مطرح شده مشخص گردید و میزان معناداری و ارتباط بین انواع فرم‌های (ترکیبی، مجموعه، خطی، محیطی) بر حسب انواع ارتفاع (بلندمرتبه، میان‌مرتبه و کوتاه‌مرتبه) با استفاده از آزمون کروکسکال و الیس مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که بین انواع فرم و ارتفاع تفاوت معناداری وجود دارد و این ارتباط در ساختمان‌های میان مرتبه در فرم مجموعه‌ای و محیطی نتیجه مطلوب‌تری را داشته است. نهایتاً هر دو فاکتور فرم

و ارتفاع ارتباط مهمی با پارامترهای موثر در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی دارند و نقش به‌سزایی در تعدیل دما محیط و امکان بهره‌روی متفاوتی را برای ساکنین بوجود می‌آورند.

کلیدواژه‌ها: آسایش حرارتی فضاها، ENVI-met، بلوک‌های مسکونی، دمای معادل فیزیولوژیکی، ریمن.

۱. مقدمه

امروزه حدود ۵۰٪ از جمعیت جهان در شهر زندگی می‌کند و این مقدار تا سال ۲۰۳۰ به ۸۰٪ خواهد رسید شهرها از مقدار زیادی منابع انرژی استفاده می‌کنند (رود^۱ و همکاران، ۲۰۱۴) به عنوان اولین گام برای مبارزه با تنش شدید حرارتی در مناطق شهری، دستیابی به "آسایش حرارتی"، یعنی احساس انسان از محیط حرارتی، در فضای داخلی و فضای باز شهری برای دستیابی به بافت شهری زیست‌پذیر بسیار مهم است. هدف از آسایش حرارتی پیش‌بینی و کاهش اثرات نامطلوب وقایع گرمایی برای افزایش قابلیت زندگی شهری است (نظریان^۲ و همکاران، ۲۰۱۶؛ امیرپریان^۳ و کیانی^۴، ۲۰۱۶؛ کوواتس^۵ و حاجت^۶، ۲۰۰۸؛ هرمان^۷ و ماتزاکس^۸، ۲۰۱۲؛ اوک^۹، ۱۹۸۸) دستیابی به پیش‌بینی دقیق و اندازه‌گیری آسایش حرارتی در فضای باز پیچیده است (نیکولوپولو^{۱۰} و لیکودیس^{۱۱}، ۲۰۰۶؛ پوتچتر^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۶). زیرا آسایش حرارتی بستگی به اثرات ترکیبی پارامترهای مختلف اقلیمی مانند دمای هوا، رطوبت، شدت تابش، سرعت باد و همچنین تجربه فرد از محیط حرارتی مبتنی بر فیزیولوژی، وضعیت روانشناختی و انتظارات دارد؛ بر این اساس آسایش حرارتی با طیف وسیعی از شاخص‌ها و مدل‌های آسایش حرارتی تعریف شده است که این عوامل را در هم می‌آمیزند (نظریان و همکاران، ۲۰۱۸). بحث در مورد شایستگی و اثر بخشی الگوی توسعه شهری نسبتاً متراکم و فشرده به عنوان رویکردی برای دستیابی به شهری پایدار در مقایسه با تراکم پایین، برای استفاده از منابع شهری، مدتی در قلمرو تحقیقات دانشگاهی، همچنین شیوه‌های طراحی و برنامه‌ریزی مورد بحث قرار گرفته و ضروری است (نومان^{۱۳}، ۲۰۰۵؛ جنکس^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۶؛ نیومان^{۱۵} و کنورتچی^{۱۶}، ۱۹۹۲) از طرفی با پیشرفت و رشد روزافزون جمعیت شهری، توسعه فضاها امری اجتناب‌ناپذیر بوده

1. Rode
2. Nazarian
3. Amiriparyan
4. Kiani
5. Kovats
6. Hajat
7. Herrmann
8. Matzarakis
9. Oke
10. Nikolopoulou
11. Lykoudis
12. Potchter
13. Neuman
14. Jenks
15. Newman
16. Kenworthy

است. تغییرات فرمی و ارتفاع در بلوک های مسکونی و عدم تطابق آن با ویژگی های اقلیمی، افزایش تقاضای انرژی مصرفی ساختمان ها را به دنبال داشته است. عدم تناسب صحیح بین فرم ها و گونه های مختلف و ارتفاع آنها باعث از بین رفتن فضای مطلوب شده است. در واقع اینگونه به نظر می رسد بین ارتفاع و فرم گونه های مختلف مسکونی بر ایجاد آسایش حرارتی فضای باز رابطه تأثیرگذاری وجود دارد و می توان این چنین استدلال نمود که نتایج متفاوتی را برای محققان روشن سازد. این درحالی است که رابطه بین شکل شهرها و عملکرد محیطی از دیدگاه های مختلف در گذشته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در نتایج ارائه شده شواهد قانع کننده ای وجود دارد که نشان می دهد، شکل و موقعیت بلوک های شهری نه تنها بر میکرو اقلیم، بلکه بر عملکرد انرژی هم تأثیر می گذارد (ژانگا^۱ و همکاران ۲۰۱۹؛ سنایان^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). در پژوهش های انجام شده توسط محققین می توان به نظر اوک (۱۹۸۲ و ۱۹۷۶) اشاره کرد، که معتقد است ویژگی های مختلف شهرنشینی، هندسه شهری، فرم مجتمع های مسکونی و مصالح ساختمانی، بر تعادل انرژی شهری تأثیر می گذارد. یونسی و خرات^۳ (۲۰۱۹) پارامترهای نسبت ابعاد و جهت گیری برای دره های شهری را بررسی کرده اند و دریافته اند که نسبت ابعاد بالاتر و جهت گیری شمالی- جنوبی باعث افزایش آسایش حرارتی می شود. به منظور اندازه گیری های زمینه ای و شبیه سازی های پارامتری برای ارزیابی ویژگی های خرد اقلیم در کوالالمپور مالزی مطالعاتی انجام شده است. غفاریان و همکاران، ۲۰۱۹ معتقدند شبیه سازی در نرم افزار ENVI-mef قابلیت بررسی متغیرهای مختلف برای بلوک های شهری با فرم های مختلف و همچنین توانایی کافی برای محاسبه ی خرد اقلیم ها را در شهرهایی با ساختار پیچیده، دارا می باشد. یون^۴ و ونگ^۵ (۲۰۰۵) نشان می دهند نیاز به بازسازی موثر فضای باز در مناطق گرمسیری، از طریق توجه کافی به تأثیرات مهم سایه و پوشش گیاهی وجود دارد که می تواند منجر به دستیابی به فضای باز با سطح آسایش حرارتی بالاتر شود. از موارد دیگر می توان به شبیه سازی جریان هوا توسط اوکیل^۶ (۲۰۱۰)، بررسی تأثیر گیاهان توسط وانیا^۷ و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد که نقش به سزایی در آسایش حرارتی دارد. تحقیقات یانگ^۸ و همکاران (۲۰۱۲) بر محیط گرمایی اطراف بلوک های شهری در طول تابستان و زمستان در آب و هوای پکن نشان داده است که ارتفاع بلوک تأثیرگذارترین پارامتر بر راحتی حرارتی است. و همچنین محققان استدلال می کنند، هندسه شهری (راتی^۹ و همکاران، ۲۰۰۵؛ راتی و همکاران، ۲۰۰۳)، تفاوت در شکل بلوک شهری (ساترآپ^{۱۰} و سترومان-اندرسن^{۱۱}، ۲۰۱۳) و جهت گیری (گوده^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۹)،

1. Zhanga
2. Sanaieian
3. Kharrat
4. Yuen
5. Wong
6. Okeil
7. Wania
8. Yang
9. Ratti
10. Sattrup
11. Stromann-Andersen
12. Guedouh

تأثیرات زیادی بر کارایی فضای باز دارند. مطالعات انجام شده توسط مرلو^۱ و راتی^۲ (۲۰۰۹)، راتی و ریچنس^۳ (۲۰۰۴) و وارتهولومایوس^۴ (۲۰۱۷) نیز نشان می دهد که شکل شهری بر مصرف انرژی مسکونی تأثیرات متفاوت دارد. همچنین جهت گیری تابش خورشیدی در فضای داخلی و خارجی جزء مهمی برای راحتی انسان محسوب می شود (کنولس^۵؛ وان اسخ^۶ و همکاران، ۱۹۸۵) و جهت گیری نمای ساختمان و خطوط طراحی ساختمان و نسبت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان نیز بر راحتی حرارتی و کیفیت زندگی ساکنین تأثیر دارد (لیتلفیر^۷؛ ۱۹۹۸؛ هاچم^۸ و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین بسیاری از محققان بیان می کنند که مورفولوژی ساختمان به طور مستقیم در دسترسی به تابش خورشید در محیط داخلی و محیط خارجی اثر دارد (هاچم و همکاران، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۱؛ هایپو^۹؛ ۲۰۱۲؛ گیوونی^{۱۰}؛ ۱۹۸۹؛ فی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین اشکال هندسی بلوک های شهری و پتانسیل استفاده از خورشیدی را در بلوک شهری را فراهم آورده است (کانترز^{۱۲} و هوروات^{۱۳}، ۲۰۱۲). فرم شهری و ارتباط قابل توجهی بین هندسه شهری (چاتزیپالکا^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۶) توجه داشته اند. که با توجه به جریان هوا در مقیاس خیابان ها، می توان گفت هندسه دره ها (نسبت ارتفاع به عرض) عامل اصلی تهویه هوا می باشد (تودرت^{۱۵} و مایر^{۱۶}، ۲۰۰۶؛ جورجاکیس^{۱۷} و سانتاموریس^{۱۸}، ۲۰۰۶). بادی^{۱۹} (۲۰۱۱) نیز چهار مدل معمولی با هندسه های مختلف با جهت باد متفاوت مورد بررسی قرار داده اند. نتایج مطالعات آن ها نشان داد که هندسه ساختمان ها و جهت باد عوامل بسیار مهمی هستند که میزان تهویه طبیعی ایجاد شده در حوزه های شهری را تعیین می کند (بادی و همکاران، ۲۰۰۸؛ بادی و همکاران، ۲۰۱۱). و همچنین دمای معادل فیزیولوژیکی یک شاخص آسایش حرارتی است که مخصوصاً برای تحلیل آسایش حرارتی در فضای باز مناسب است و مورد توجه است (هوپه^{۲۰}، ۱۹۹۹؛ لین^{۲۱}، ۲۰۰۹؛ ماتزاراکیس^{۲۲} و همکاران، ۲۰۰۷).

1. Morello
2. Richens
3. Vartholomaios
4. Knowles
5. Littlefair
6. Hachem
7. Haapio
8. Givoni
9. Fay
10. Kanters
11. Horvat
12. Chatzipoulka
13. Toudert
14. Mayer
15. Georgakis,
16. Santamouris
17. Bady
18. Hoppe
19. Lin
20. Matzarakis

تحلیلی از حساسیت عوامل مختلف، از جمله عوامل فردی و پارامترهای فیزیکی محیط حرارتی است. نتایج نشان داده‌اند که بین دمای معادل فیزیولوژیکی و دمای عملیاتی ارتباط خطی قوی وجود دارد (فنگا^۱ و همکاران، ۱۹۹۹؛ ماتزاراکیس، ۲۰۱۸؛ کوکولو^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). طبق تحقیقات روشن (۲۰۱۹) میزان آسایش حرارتی فضای باز در شهر شیراز دمای معادل فیزیولوژیکی در شرایط آسایش حرارتی حد پایین ۱۹/۴۳ و حد بالا ۲۲/۳ می‌باشد. محدوده آسایش دمای معادل فیزیولوژیکی PET مطابق با شکل ۱۸/۱ تا ۲۳ می‌باشد (روشنا^۳ و همکاران، ۲۰۱۹).

نصرالهی^۴ و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر جهت‌گیری و H/W (نسبت ارتفاع به عرض) حیاطها بر پارامترهایی از جمله PMV و UTCI به عنوان شاخص‌های آسایش حرارتی در شهر شیراز را مورد بررسی قرار دادند. سزن^۵ و اورال^۶ (۲۰۱۹) شرایط آسایش در فضای باز در شکل خطی در شرایط تابستان را با ENVI-met بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داده است که نسبت ابعاد پایین‌تر و جهت‌گیری شمال-جنوب، کمترین مقدار PET و بیشترین آسایش حرارتی را برای شکل خطی بدست آورده است. مطالعات مختلف نشان داده است که ساختارهای شهری می‌توانند پارامترها را تغییر دهند و تأثیرات مهمی آسایش حرارتی در فضای باز داشته باشند (جانسن^۷، ۲۰۰۶؛ رادریگز^۸ و همکاران، ۲۰۱۸). پس از بررسی مطالعات پیشین می‌توان گفت مجتمع‌های مسکونی به عنوان بخشی از بلوک‌های شهری از عوامل تعیین‌کننده ساختار و هندسه شهری می‌باشند، بنابراین بر پارامترهای اقلیمی و آسایش حرارتی تأثیرگذارند. در این راستا با توجه به اینکه شهر شیراز در حال توسعه با سرعت بالایی است، و از سوی دیگر در بررسی مطالعات و مقالات موجود خلا مطالعاتی در این زمینه در شهر شیراز مشهود است، از این رو مقاله حاضر به بررسی اثرات فرم و ارتفاع بلوک‌های مسکونی رایج و پرتکرار در این شهر بر آسایش حرارتی فضای باز پرداخته شده است. تا شاید نتایج به دست آمده، شروعی برای مطالعات بیشتر در زمینه دست‌یابی به الگوی بافتی بهینه باشد تا بتوان با استفاده از نتایج به دست آمده، به طراحی بهینه و مطلوب‌تری برای مجتمع‌های مسکونی و به طور کلی تر فضاهای باز دست یافت.

۲. متدولوژی

این پژوهش به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی است، از نظر روش‌شناسی روش تحقیق کمی است. از آنجا که این مطالعه در فضای باز نیاز به بررسی پارامترهای زیادی دارد و امکان کنترل پارامترهای اقلیمی و برهم‌کنش آنها وجود ندارد، در این پژوهش به بررسی تعدادی از اصلی‌ترین پارامترها پرداخته شده تا بتوان به نگاهی کلی از این برهم‌کنش‌ها در ارتباط با پارامترهای بافتی دست یافت و گامی برای مطالعات جزئی‌تر باشد. لذا بدین منظور با

1. Fanga
2. Coccolo
3. Roshana
4. Nasrollahi
5. Sozen
6. Oral
7. Johansson
8. Rodríguez

بهره‌گیری از مطالعات گونه‌شناختی، ترسیم و شبیه‌سازی مدل‌ها، به دنبال تحلیل کمی گونه‌های مختلف فرم ساختمانی پرداخته است. در روش‌های کمی از روش‌ها و تکنیک‌های عینی نظیر آزمایش‌های تصادفی، شبه آزمایش، آزمون‌های "عینی" برای مشاهده، شناخت و تبیین رفتارها و پدیده‌ها استفاده شده است. همان‌طور که در پیشینه پژوهش اشاره شد، پارامترهای متعددی در ایجاد آسایش حرارتی بلوک‌های شهری تأثیرگذار است، که در این پژوهش سعی به بررسی پارامترهای مورفولوژیک تأثیرگذار بر آسایش حرارتی فضای باز مجموعه‌های مسکونی در شهر شیراز دارد. ضمن شناسایی فاکتورها و با توجه به دسته‌بندی الگوی خطی، مجموعه‌ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) مجتمع‌های مسکونی در شهر شیراز از هرگونه یک فرم انتخاب گردید پس از آن به بررسی فرم و ارتفاع در چهار گونه پرداخته است. روش نمونه‌گیری تصادفی و به منظور انتخاب حجم نمونه از نمونه‌گیری احتمالی کنترل شده استفاده شده است که با در نظر گرفتن فرم و جهت‌گیری‌ها در الگوهای مختلف در وضع موجود شبیه‌سازی شده، از طریق بررسی نتایج منتج از شبیه‌سازی سناریوهای مختلف الگوهای مختلف بلوک شهری در سه حالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه، میان مرتبه ۶ طبقه و بلند مرتبه ۱۲ طبقه، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در این تحقیق، نقش شبیه‌سازی و تحلیل داده‌ها و سنجش با به کارگیری نرم‌افزار ENVI-met انجام شده است. خروجی‌های مدل اقلیمی در دو مقطع زمانی در ساعت ۹،۰۰ صبح و ساعت ۱۷،۰۰ بعدازظهر به دلیل وجود همزمان تابش و سایه، سبب ایجاد کوران هوا و سرعت باد، و ایجاد ضریب جابه‌جایی افقی و عمودی در تاریخ هفت مرداد سال ۱۳۹۹ انجام شده است. با استفاده از داده‌های دمای هوا، سرعت باد، رطوبت به دست آمده از نرم‌افزار ENVI-met در نرم‌افزار ریمن^۱، دمای معادل فیزیولوژیکی در روز خاص مورد نظر با توجه به شرایط اقلیمی شیراز به دست آمده است. داده‌های دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط پنجگانه مدل‌های شبیه‌سازی شده، نسبت به فرم و ارتفاع مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سپس نتایج با توجه به نرم‌افزار SPSS22 آماره‌ها در دو سطح توصیفی و استنباطی بیان شده است.

۲.۱. شناخت محدوده

شهر شیراز به سبب ویژگی اقلیمی مناسب، اعتدال دمای تابستانی و زمستانی و رطوبت نسبتاً کافی در تابستان، شیب شرقی- غربی و جنوب شرقی- جنوب غربی زمین آن، مقدار مناسب بارندگی فصلی و جهت‌بادهای مطلوب جنوب غربی، دارای ویژگی خاصی است (دی لیتو ولارو^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین با قدمت چند هزار ساله و آثار تاریخی زیاد سالانه تعداد زیادی گردشگر از آن بازدید می‌کنند و این امر سبب ایجاد فرصت‌های شغلی و جذب جمعیت شده است؛ این شهر با سرعت زیاد در حال گسترش و حرکت به سوی مجتمع‌سازی و عمودی‌سازی است. دلایل ذکر شده و عدم توجه کافی به مطلوب‌سازی و کیفیت آسایش حرارتی فضای باز در فضاهای عمومی مجتمع‌های مسکونی سبب شد که پژوهشگران در این پژوهش به بررسی دو پارامتر مهم شکل بلوک شهری و ارتفاع

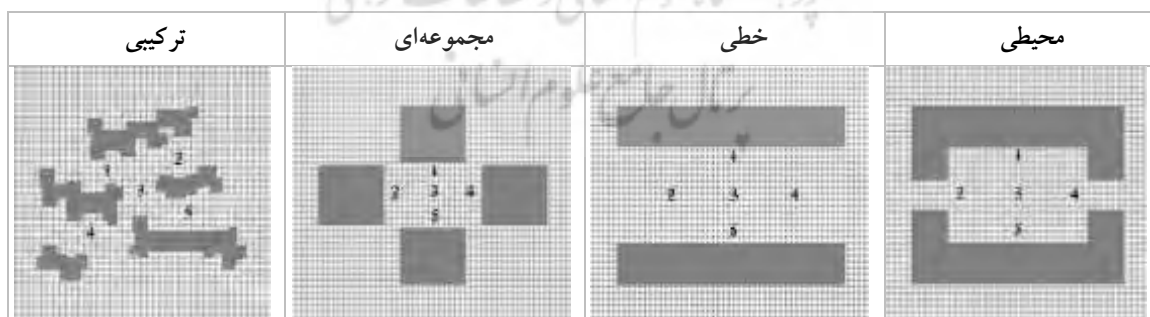
1. RayMan
21De Lieto Vollaro

آن بر آسایش حرارتی پیردازند. در این راستا برای انتخاب مجتمع های مسکونی شیراز براساس پژوهشی تقی پور و سلطانزاده انجام شده است، و بر پایه معیارهای مختلف دسته بندی شده، تعیین نحوه چیدمان مجتمع های مسکونی در شیراز، مبتنی بر رویکرد شکلی و موضع شناسانه است. گونه های مجتمع های مسکونی در ساختار فضای باز و فرم بلوک ها مورد بررسی قرار گرفت در این مقاله چهار فرم رایج در مجتمع هایی با الگوی خطی، مجموعه ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) مطابق شکل ۲ انتخاب شده است. سپس چهار مجتمع مسکونی با گونه های مشخص شده برای امکان مقایسه اثرات ارتفاع و فرم در سایر پارامترها همچون جهت گیری قرارگیری، مساحت و ... یکسان سازی شده اند.



شکل ۲. تصاویر ماهواره ای از مجتمع های انتخاب شده

با توجه به اینکه بهترین جهت گیری مطابق مطالب گفته شده در مرور ادبیات برای اقلیم های گرم و خشک مشابه شهر شیراز، جهت گیری شمال-جنوب است. در هر بلوک پنج نقطه مطابق شکل ۳ برای مقایسه و بررسی میزان دمای معادل فیزیولوژیکی، سرعت باد، دمای هوا و رطوبت در سطح عابر پیاده انتخاب شده است.



شکل ۳. مدل های شبیه سازی شده در نرم افزار ENVI-met

این چهار بلوک شهری در سه حالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه، میان مرتبه ۶ طبقه و بلند مرتبه ۱۲ طبقه با استفاده از داده های دمای هوا، سرعت باد، رطوبت به دست آمده از نرم افزار ENVI-met در نرم افزار ریمن، دمای معادل فیزیولوژیکی طبق جدول ۱ در روز خاص مورد نظر با توجه به شرایط اقلیمی شیراز به دست آمده است.

جدول ۱. داده‌های ورودی برای شبیه‌سازی

داده‌های ورودی در نرم افزار ENVI-met	
دمای اولیه بر اساس درجه کلونین	۲۹۵
سرعت باد m/s	۳
جهت وزش باد بر حسب درجه	۹۰

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

داده‌های دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط پنجگانه با توجه به داده‌های اقلیمی شهر شیراز در گرم‌ترین روز سال ۲۹، ۲۰۲۰ جولای مطابق با ۷ مرداد ماه ۱۳۹۹ شبیه‌سازی شده‌اند. جدول ۲ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. جهت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق از استدلال منطقی بهره گرفته شده است.





جدول ۲. محدوده‌های دمای معادل فیزیولوژیکی

دمای معادل فیزیولوژیکی		
استرس سرمایی کم	۸-۱۸	محدوده‌های قابل قبول
آسایش حرارتی	۱۸-۲۳	
استرس گرمایی میانگین	۲۳-۳۵	محدوده‌های بحرانی
استرس گرمایی قوی	۳۵-۴۱	
استرس گرمایی خیلی قوی	>۴۱	
استرس گرمایی شدید	> ۵۰	

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

با توجه به شاخص‌های تأثیرگذار بر اساس فرم و ارتفاع بلوک‌ها در فضای باز مجموعه‌های مسکونی مورد مطالعه مطابق با گونه‌های مختلف مسکونی دسته‌بندی گردید. (جدول شماره ۳)

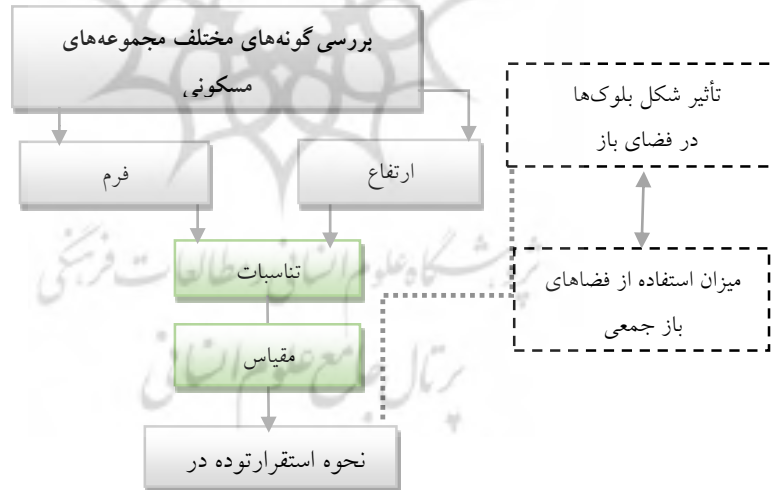
جدول ۳. شاخص‌های موثر در گونه‌های مختلف مجتمع‌های مسکونی براساس معیار آسایش حرارتی

ترکیبی	مجموعه‌ای	خطی	محیطی	شاخص‌های تأثیرگذار در گونه‌های مختلف بر آسایش حرارتی بر اساس فرم و ارتفاع بلوک‌ها	
				زاویه چرخش نسبت به شمال	جهت استقرار
۸۵° شمال غربی	۳۷° شمال غربی	۸۲° شمال غربی	۹۶° شمال غربی		
با هندسه‌ای منظم ندارد	با هندسه‌ای منظم ندارد	با هندسه‌ای منظم دارد	با هندسه‌ای منظم دارد	وجود گیاه در حیاط (نقش تعدیل دما)	
دارد	ندارد	به شکل عنصری خاص	دارد	وجود آب (نقش تعدیل دما)	

مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	تابش و نور خورشید
مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	جهت گیری باد
حداکثر مقدار نور خورشید	حداکثر مقدار نور خورشید	حداکثر مقدار نور خورشید	حداکثر مقدار نور خورشید	ارتفاع در جهت تابش گیری
دارد	دارد	دارد	دارد	تناسبات
دارد	دارد	دارد	دارد	جرز و فرو رفتگی در بدنه
مختلط شکل	مربع شکل	مستطیل شکل	مستطیل شکل	فرم فضای باز
در ۴ ضلع	در ۴ ضلع	در ۲ ضلع	در ۴ ضلع	ارتباط فضای بسته و باز
نمای داخلی مرکزی و نمای خارجی	نمای داخلی مرکزی و نمای خارجی	نمای داخلی مرکزی و نمای خارجی	نمای مرکزی و نمای خارجی	استفاده از رنگ های روشن

مأخذ: (یافته های پژوهش، ۱۳۹۹)

در راستای چهارچوب نظری مناسب مطابق با شکل ۳ مدل مفهومی پژوهش به بررسی پرداخته شد. با توجه به عناصر و شاخصه های موجود به تحلیل فرم و ارتفاع که دو فاکتور اساسی در ایجاد آسایش حرارتی در گونه های انتخاب شده در مجتمع های مسکونی در شهر شیراز پرداخته شد.



شکل ۳. مدل مفهومی پژوهش

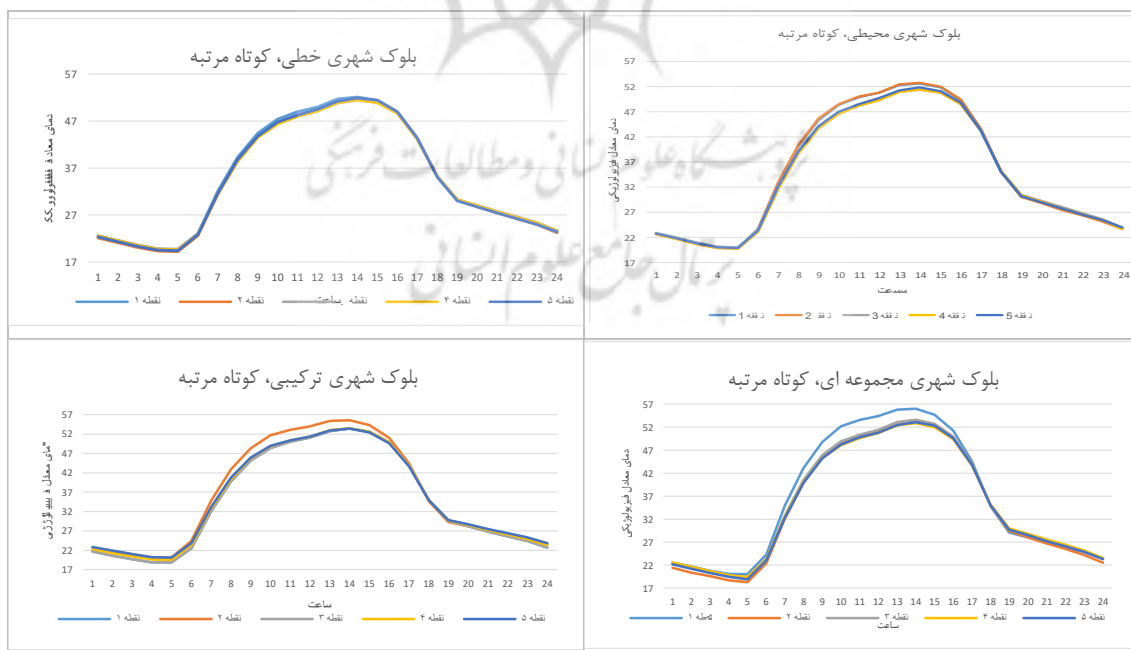
۳. یافته ها

پس از بررسی پیشینه پژوهش و مطالعه گونه های متداول مجتمع های مسکونی از هر گونه یک مجتمع متناسب با شرایط تنوع فضایی در شهر شیراز چهار مدل انتخاب شد. پس از مطالعات میدانی از شرایط هر ۴ مجتمع در سه حالت کوتاه مرتبه، میان مرتبه و بلندمرتبه مدلسازی شدند. پس از اجرای مدلسازی، خروجی های مدل اقلیمی توسط

نرم افزار ENVI-met برای دو مقطع زمانی در ساعت ۹،۰۰ صبح و ساعت ۱۷،۰۰ بعد از ظهر در تاریخ هفت مرداد سال ۱۳۹۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. تمامی خروجی ها در سطح عابران پیاده در ارتفاع ۱/۵۰ گرفته شده است و در ۵ نقطه نسبت به جهت جغرافیایی به دست آمده است. یافته های حاصل از آنالیز مجتمع های با الگوی خطی، مجموعه ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) مورد بحث قرار می گیرد.

۳.۱. بررسی نمونه های موردی بر اساس شکل گیری فرم و ارتفاع

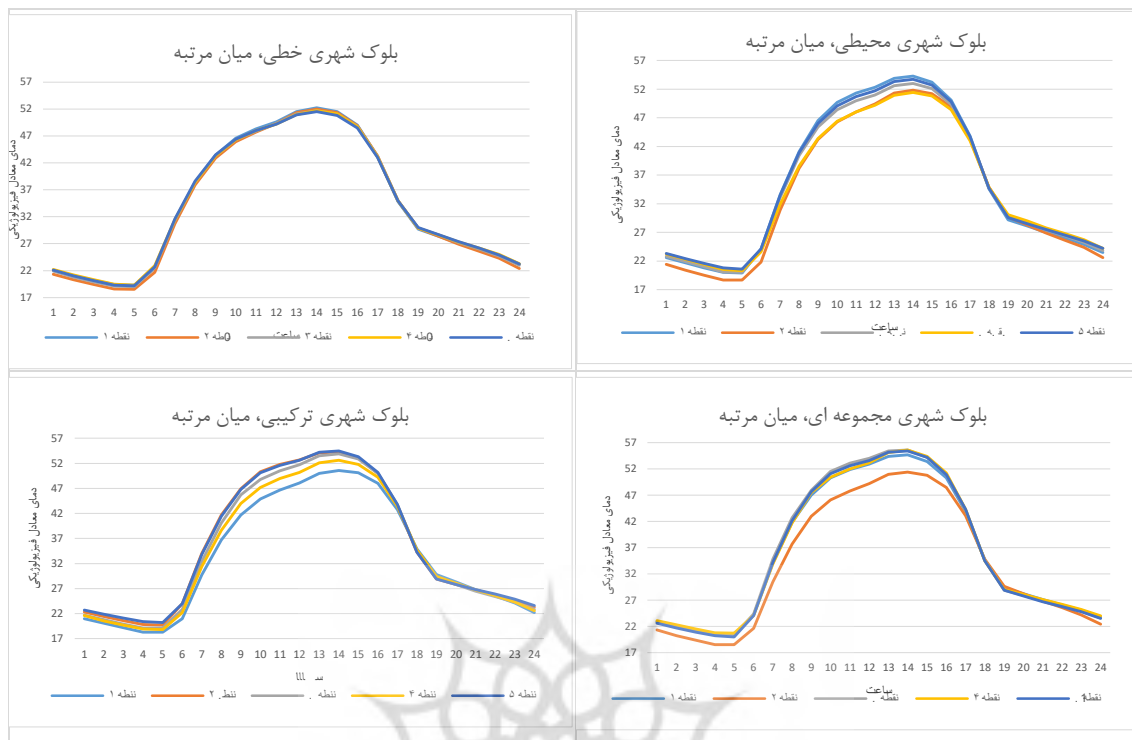
مجتمع مسکونی در حالت کوتاه مرتبه: چهار مدل انتخاب شده در حالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه شبیه سازی شده است و داده های به دست آمده مطابق شکل ۴ در محدوده دمای معادل فیزیولوژیکی را در ۲۴ ساعت در نقاط مشخص شده مطابق جدول ۲ بررسی شده است. در بلوک شهری محیطی نقطه ۲ شرایط بحرانی تری دارد و نقطه ۴ تا حدی شرایط بهتری را دارد. در این فرم سرعت باد در نقطه ۴، بیشترین سرعت را دارد، سایه اندازی ساعات ابتدایی صبح بیشتر می باشد. در بلوک شهری خطی تمام نقاط از نظر تغییرات دمای معادل فیزیولوژیکی در حالت مشابه قرار دارند و اختلاف چشم گیری مشاهده نمی شود، این یکسانی در شرایط آسایش تا حد زیادی به علت فرم خطی و عدم سایه اندازی در نقاط مختلف سایت می باشد. در حد جزئی نقطه ۴ شرایط بهتری از لحاظ آسایش حرارتی دارد که به دلیل کشیدگی فرم سایت و جهت گیری باد غالب، سرعت باد در قسمت شرقی بیشتری است. در حالت کوتاه مرتبه دو بلوک خطی و محیطی بیشترین سرعت باد را نسبت به دو شکل دیگر دارند؛ که علت این امر فرم سایت های می باشد که مسیر حرکت بدون مانع برای باد ایجاد شده است.



شکل ۴. دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط بررسی شده در مجتمع های مدل شده در حالت کوتاه مرتبه

در بلوک شهری مجموعه‌ای، نقطه ۳ بهترین شرایط را از لحاظ آسایش حرارتی دارد. در این نقطه در بعضی از ساعات بحرانی دمای معادل فیزیولوژیکی در حدود ۱ تا ۴ واحد نسبت به سایر نقاط اختلاف دارد؛ در این نقطه از سایت در ساعات ابتدایی و انتهایی تابش خورشید می‌توان شاهد بیشترین سایه‌اندازی مطابق شکل ۳ بود. نقطه ۱ بدترین شرایط را از لحاظ آسایش حرارتی دارد در این نقطه سرعت باد و سایه‌اندازی نیز نسبت به سایر نقاط کمتر می‌باشد. سایر نقاط در این بلوک شرایط یکسان دارند. نقاط در بلوک ترکیبی نیز شرایطی شبیه بلوک مجموعه‌ای دارند. در این بلوک نقطه ۳ بهترین شرایط آسایش حرارتی را دارد، در این نقطه در بعضی از ساعات بحرانی دمای معادل فیزیولوژیکی در حدود ۱ تا ۲ واحد نسبت به سایر نقاط اختلاف دارد؛ زیرا که به علت فرم سایت در این نقطه در بیشتر ساعات سایه‌اندازی وجود دارد. در حالت کوتاه مرتبه با توجه به نتایج می‌توان گفت نقاطی در سایت‌های منتخب که بیشترین سرعت باد و سایه‌اندازی را دارند، دارای شرایط بهتری از لحاظ حرارتی هستند. در حالت کوتاه مرتبه دو مدل بلوک شهری مجموعه‌ای و ترکیبی به علت سایه‌اندازی بیشتر از لحاظ آسایش حرارتی عملکرد بهتری دارند. در حالت کوتاه مرتبه بلوک شهری مجموعه‌ای به علت داشتن ساعات کمتر بحرانی (استرس گرمایی قوی تا شدید) و ساعات بیشتر در محدوده آسایش حرارتی مطلوب و استرس گرمایی متوسط بهترین شرایط را دارا می‌باشد. پس از حالت مجموعه‌ای، بلوک شهری ترکیبی بیشترین ساعات استرس گرمایی متوسط را در حالت کوتاه مرتبه دارد همچنین بلوک شهری خطی و محیطی در شرایط نسبتاً یکسان قرار دارند.

مجتمع مسکونی در حالت کوتاه مرتبه: چهار مدل انتخاب شده در حالت میان مرتبه ۶ طبقه شبیه‌سازی شده است و داده‌های به دست آمده مطابق شکل ۵ در بلوک محیطی نقطه ۴ دارای شرایط بهتر آسایش حرارتی نسبت به سایر نقاط می‌باشد و دمای معادل فیزیولوژیکی نزدیک به ۱ تا ۶ واحد در بعضی ساعات نسبت به سایر نقاط در سایت کاهش یافته است. در این نقطه به علت کشیدگی سایت سرعت باد افزایش یافته و از سوی دیگر در صبح دارای سایه می‌باشد. در این بلوک نقطه ۱ به علت عدم سایه‌اندازی مطابق شکل ۴ دارای شرایط بحرانی‌تری است. در بلوک شهری خطی نقاط مختلف شرایط تقریباً یکسانی دارند؛ این به علت عدم سایه‌اندازی در سایت است. در بلوک شهری مجموعه‌ای، نقطه ۲ بهترین شرایط آسایش حرارتی را دارد، که نزدیک به ۴ واحد در دمای معادل فیزیولوژیکی در بعضی ساعات بحرانی نسبت به سایر نقاط کاهش دارد، این نقطه دارای بیشترین سرعت باد نسبت به سایر نقاط است. سایر نقاط در این سایت شرایط تقریباً مشابه از نظر دمای معادل فیزیولوژیکی و سرعت باد دارند.

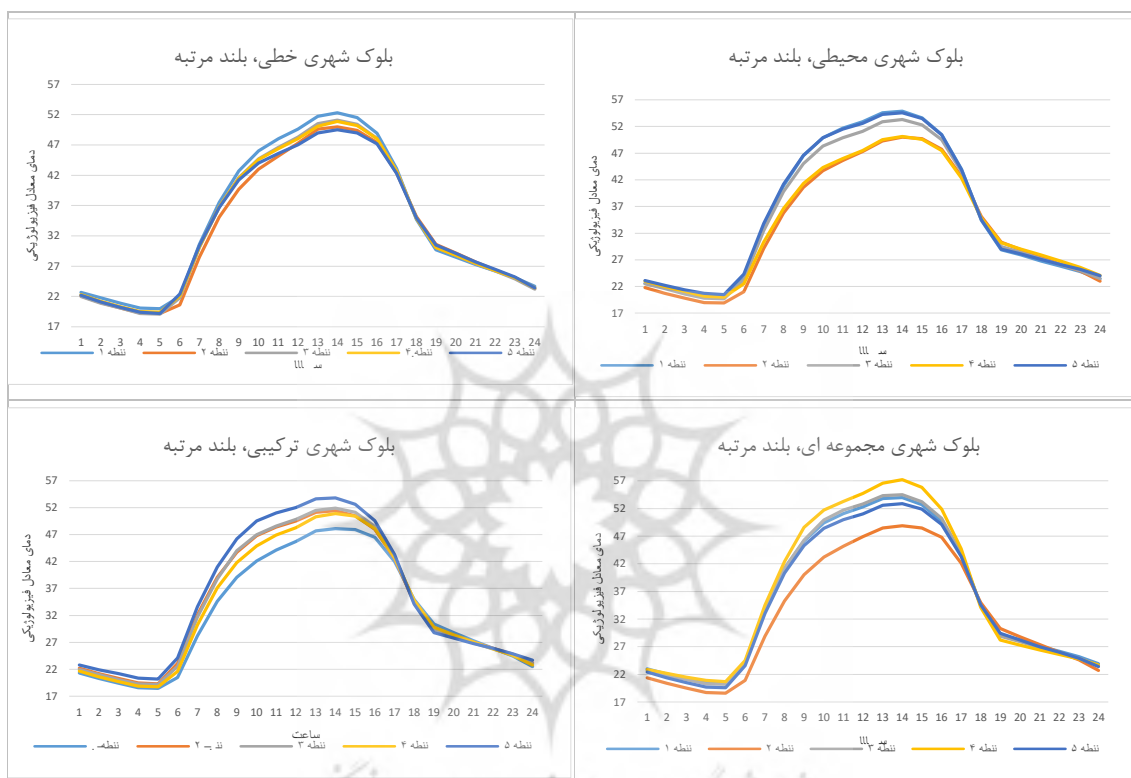


شکل ۵. دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط بررسی شده در مجتمع‌های مدل شده در حالت میان مرتبه

این بلوک شهری در حالت میان مرتبه بیشترین ساعات بحرانی و دمای معادل فیزیولوژیکی را دارد، که نشان می‌دهد این فرم در حالت میان مرتبه از لحاظ آسایش حرارتی کارایی مناسبی ندارد. در بلوک ترکیبی نقطه ۱ دارای بهترین شرایط هست، که این نقطه در ساعات بحرانی از ۲ تا ۴ واحد در دمای معادل فیزیولوژیکی دارای کاهش نسبت به سایر نقاط می‌باشد؛ علت این امر این است که این نقطه بیشترین سرعت باد را نسبت به سایر نقاط در این سایت دارد. سایر نقاط در این سایت شرایط نامطلوبی از نظر دمای معادل فیزیولوژیکی دارند. در حالت میان مرتبه نیز نقاطی در سایت‌های منتخب که بیشترین سرعت باد و سایه‌اندازی را دارند، دارای شرایط بهتری از لحاظ حرارتی هستند. زیرا که با افزایش ارتفاع در این دو فرم نسبت ارتفاع به عرض، تأثیر مهمی بر شرایط حرارتی دارد، و با افزایش سبب کاهش کیفیت فضای باز مورد بررسی در سایت‌ها می‌شود.

مجتمع مسکونی در حالت بلند مرتبه: چهار مدل در حالت بلند مرتبه ۱۲ طبقه شبیه سازی شده است و داده‌های به دست آمده مطابق شکل ۶ می‌باشد. در بلوک محیطی در این حالت نقاط ۱ و ۵ شرایط بحرانی تری از نظر آسایش حرارتی دارند؛ در این دو نقطه ۱ تا ۵ واحد در بعضی از ساعات بحرانی دمای معادل فیزیولوژیکی نسبت به سایر نقاط افزایش می‌یابد، زیرا که این دو نقطه دارای کمترین سرعت باد هستند. در بلوک خطی اکثر نقاط شرایط مشابهی به علت عدم سایه‌اندازی مطابق شکل ۶ دارند؛ با اختلاف جزئی نقاط ۲ و ۵ شرایط بهتری دارند. در نقطه ۲ بیشترین سرعت باد و در نقطه ۵ بیشترین سایه‌اندازی وجود دارد. در بلوک مجموعه‌ای نقطه ۲ بهترین شرایط آسایش حرارتی

را دارد؛ در این نقطه دمای معادل فیزیولوژیکی اکثر ساعات بین ۱ تا ۸ واحد نسبت به سایر نقاط کاهش می یابد و سرعت باد بیشتر از سایر نقاط سایت است. در بلوک ترکیبی نقطه ۲ شرایط بهتری نسبت به سایر نقاط دارد، این نقطه دمای معادل فیزیولوژیکی در اکثر ساعات بین ۱ تا ۶ واحد نسبت به سایر نقاط کاهش می یابد. نقطه ۵ شرایط بحرانی تری نسبت به سایر نقاط در این سایت دارد، در این نقطه می توان شاهد کمترین سرعت باد بود.



شکل ۶. دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط بررسی شده در مجتمع های مدل شده در حالت بلند مرتبه

در بلوک مجموعه ای با افزایش ارتفاع در اکثر نقاط دمای هوا در حدود $0/4$ درجه سانتی گراد به علت سایه اندازی کاهش یافته است. در بلوک خطی با افزایش ارتفاع سرعت باد و رطوبت در اکثر نقاط افزایش یافته است. در حالت بلندمرتبه نقاطی در سایت های منتخب که بیشترین سرعت باد و سایه اندازی را دارند، دارای شرایط بهتری از لحاظ حرارتی هستند. در حالت بلند مرتبه دو مدل بلوک شهری محیطی و خطی از لحاظ آسایش حرارتی عملکرد بهتری دارند. در حالت بلندمرتبه بلوک محیطی و خطی به علت کشیدگی فرم دارای سرعت باد بالاتر و شرایط مطلوب تری در آسایش حرارتی است، زیرا که سرعت باد سبب تخلیه حرارت جذب شده در سایت می شود.

۳.۲. بررسی سایه اندازی با توجه به فرم و ارتفاع مجتمع های مسکونی

در این پژوهش نیز با افزایش ارتفاع سایه اندازی مطابق با شکل ۷ در مجتمع های مورد بررسی نشان داد که سبب کاهش دما و بهبود شرایط آسایش حرارتی می شود. در دو فرم مجموعه ای و ترکیبی افزایش ارتفاع سبب کاهش

سرعت باد و بدتر شدن شرایط آسایش حرارتی شده است. نکته قابل ذکر دیگر از بررسی داده‌های به دست آمده این است که تغییرات دمای معادل فیزیولوژیکی تا حد زیادی مطابق تغییرات درجه دمای هوا می‌باشد، و با تغییرات رطوبت نسبت عکس دارد؛ در نقاط با دما و سرعت باد یکسان هر کدام که رطوبت کمتری داشته باشند، میزان دمای معادل فیزیولوژیکی کمتر و قابل قبول‌تری دارند. در حالت ترکیبی، کوتاه مرتبه در نقطه ۱ در ساعت ۹ و ۱۸ سرعت باد در حدود ۰/۶۴ متر بر ثانیه و دما به ترتیب ۳۱/۵۶ و ۳۶/۰۴ سانتی گراد و رطوبت ۲۷/۳۹ و ۱۶/۴۹ درصد می‌باشد؛ ساعت ۹ به علت افزایش رطوبت در استرس گرمایی خیلی قوی و ساعت ۱۸ در حالت استرس متوسط گرمایی قرار دارد. روشن (۲۰۱۹) میزان آسایش حرارتی فضای باز دمای معادل فیزیولوژیکی پرداخته است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. نتایج پژوهش بادی (۲۰۱۱) نیز چهار مدل معمولی با هندسه‌های مختلف با جهت باد تأثیر باد با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.



شکل ۷. سایه اندازی مجتمع‌های مدل‌سازی شده

اما درحالی که دمای هوا در نقاط یکسان باشد، سرعت باد بالاتر و رطوبت پایین‌تر سبب بهبود شرایط آسایش می‌شود. در بلوک شهری مجموعه‌ای در نقطه ۲ در ساعت ۹ و ۲۱ دمای هوا تقریباً مشابه و به ترتیب ۳۱/۶۲۳ و ۳۱/۷۳۹ سانتی گراد می‌باشد، در این دو نقطه رطوبت به ترتیب ۲۷/۸۳۳ و ۲۰/۸۵ درصد، سرعت باد ۰/۶۰۵ و ۰/۶۷۴ متر بر ثانیه می‌باشد. در این حالت ساعت ۹ در حالت استرس گرمایی خیلی قوی و ساعت ۲۱ در حالت استرس متوسط گرمایی قرار دارند.

آمار استنباطی: جهت تحلیل داده‌های کمی (داده‌های حاصل از نرم‌افزار ENVI-met)، با استفاده از نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS22 مورد آزمون قرار گرفته است. بر طبق نتایج جدول ۴ با استفاده از آزمون فریدمن ترتیب وزن بندی و رتبه‌بندی نقاط بحرانی بر اساس فرم‌های (ترکیبی، مجموعه‌ای، خطی، محیطی) را نشان می‌دهد که در نوع ترکیبی سطح معناداری نقاط بحرانی برابر ۰/۰۰۰ در سطح ۹۵ درصد معنادار شده است و مقدار آزمون کای دو برابر با ۱۰۸/۰۲۳ و در الگوی ترکیبی مقدار کای دو برابر ۸۴/۷۸۹ و در الگوی خطی مقدار آزمون کای دو برابر با ۴۲/۴۸۳ نوع محیطی مقدار آزمون کای دو برابر با ۴/۲۳۷ شده است.

جدول ۴. وزن بندی و رتبه بندی نقاط بحرانی براساس فرم (ترکیبی، مجموعه‌ای، خطی، محیطی)

سطح معناداری	کای دو	درجه آزادی	میانگین رتبه	رتبه	نقاط بحرانی	
۰/۰۰۰	۱۰۸/۰۲۳	۴	۴/۱۴	۱	نقطه پنج	رتبه
			۳/۷۶	۲	نقطه دو	
			۲/۶۹	۳	نقطه چهار	
			۲/۶۴	۴	نقطه سه	
			۱/۷۸	۵	نقطه یک	
۰/۰۰۰	۸۴/۷۸۹	۴	۳/۶۳	۱	نقطه یک	مجموعه‌ای
			۳/۶۰	۱	نقطه چهار	
			۳/۵۳	۲	نقطه سه	
			۲/۴۷	۳	نقطه پنج	
			۱/۷۶	۴	نقطه دو	
۰/۰۰۰	۴۲/۴۸۳	۴	۳/۸۲	۱	نقطه یک	خطی
			۳/۱۲	۲	نقطه چهار	
			۲/۹۷	۳	نقطه سه	
			۲/۹۴	۴	نقطه پنج	
			۲/۱۵	۵	نقطه دو	
۰/۰۰۰	۴۰/۲۷۳	۴	۳/۷۱	۱	نقطه پنج	محیطی
			۳/۴۰	۲	نقطه یک	
			۳/۰۶	۳	نقطه سه	
			۲/۶۵	۴	نقطه چهار	
			۲/۱۹	۵	نقطه دو	

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

همچنین مطابق جدول ۵ با استفاده از آزمون فریدمن ترتیب وزن بندی و رتبه‌بندی نقاط بحرانی براساس ارتفاع ساختمانها (بلند مرتبه، میان مرتبه و کوتاه مرتبه) را نشان می‌دهد که در ارتفاع بلند مرتبه سطح معناداری نقاط بحرانی برابر ۰/۰۰۰ در سطح ۹۵ درصد معنادار شده است و مقدار آزمون کای دو برابر با ۲۵/۷۱۱ و در ارتفاع میان مرتبه سطح معناداری نقاط بحرانی برابر ۰/۰۰۰ در سطح ۹۵ درصد معنادار شده و مقدار آزمون کای دو برابر با ۳۷/۶۹ شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در ارتفاع کوتاه مرتبه سطح معناداری نقاط بحرانی برابر ۰/۰۰۰ در سطح ۹۵ درصد معنادار شده و مقدار آزمون کای دو برابر با ۹/۶۲ شده است.

جدول ۵. وزن بندی و رتبه بندی نقاط بحرانی براساس ارتفاع ساختمانها (بلند مرتبه، میان مرتبه و کوتاه مرتبه)

سطح معناداری	کای دو	درجه آزادی	میانگین رتبه	رتبه	نقاط بحرانی	
۰/۰۰۰	۲۵/۷۱۱	۴	۳/۳۷	۱	نقطه پنج	بلند مرتبه
			۳/۲۰	۲	نقطه یک	
			۳/۱۵	۳	نقطه چهار	

سطح معناداری	کای دو	درجه آزادی	میانگین رتبه	رتبه	نقاط بحرانی	
			۲/۹۶	۴	نقطه سه	
			۲/۳۲	۵	نقطه دو	
۰/۰۰۰	۳۷/۶۹	۴	۳/۵۸	۱	نقطه پنج	میان مرتبه
			۳/۱۸	۲	نقطه چهار	
			۳/۰۷	۳	نقطه سه	
			۲/۹۲	۴	نقطه یک	
			۲/۲۴	۵	نقطه دو	
۰/۰۰۰	۹/۶۲	۴	۲/۳۴	۱	نقطه یک	کوتاه مرتبه
			۳/۱۱	۲	نقطه سه	
			۲/۹۹	۳	نقطه پنج	
			۲/۸۲	۴	نقطه دو	
			۲/۷۳	۵	نقطه چهار	

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

نهایتاً بر طبق نتایج جدول ۶ با استفاده از آزمون کروکسکال والیس به بررسی میانگین تأثیرگذاری در انواع فرم‌های (ترکیبی، مجموعه‌ای، خطی، محیطی) بر حسب انواع ارتفاع (بلندمرتبه، میان مرتبه و کوتاه مرتبه) پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که بین میانگین انواع فرم‌ها و انواع ارتفاع تفاوت معنادار وجود دارد این ارتباط بین فرم و ارتفاع در ساختمان‌های میان مرتبه در فرم‌های خطی بیشتر است.

جدول ۶. میانگین تأثیر فرم‌های (ترکیبی، مجموعه‌ای، خطی، محیطی) بر حسب انواع ارتفاع (بلندمرتبه، میان مرتبه و کوتاه مرتبه)

سطح معناداری	کای دو	درجه آزادی	میانگین رتبه	رتبه	انواع گونه‌های مسکونی	
۰/۰۰۰	۴/۴۱۹	۳	۵۰/۷۳	۱	مجموعه‌ای	بلند مرتبه
			۴۹/۹۰	۲	محیطی	
			۴۶/۸۸	۳	ترکیبی	
			۴۶/۵۰	۴	خطی	
۰/۰۰۰	۳/۳۹۲	۳	۵۲/۹۴	۱	خطی	میان مرتبه
			۵۱/۰۶	۲	محیطی	
			۴۷/۹۸	۳	ترکیبی	
			۴۶/۰۲	۴	مجموعه‌ای	
۰/۰۰۰	۲/۱۱۳	۳	۴۹/۳۵	۱	ترکیبی	کوتاه مرتبه
			۴۹/۱۹	۲	مجموعه‌ای	
			۴۸/۵۲	۳	محیطی	
			۴۶/۹۴	۴	خطی	

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

۴. بحث

پس از بررسی فرم و ارتفاع در ۴ فضای باز مجموعه های مسکونی و تحلیل نتایج بدست آمده نشان داد که نوع شکل، فرم و هندسه بلوک های شهری و تأثیر ارتفاع در ایجاد نوع تابش و حرکت باد در میزان بهره وری ساکنین تأثیر گزار است، همانطور که در تحقیق کانترز (۲۰۱۲)، کروف و رادبرگ (۲۰۱۸) نیز به این نتایج اشاره شده است. همان گونه که بادی (۲۰۱۱) و (۲۰۰۸) بیان می کنند هندسه ساختمان بیشترین تأثیر را بر جهت و سرعت باد دارد و راتی (۲۰۰۵) نیز ارتفاع را تأثیرگذارترین پارامتر بر راحتی آسایش حرارتی می داند. در این پژوهش نیز نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده ها نشان می دهد که در فضای باز مجتمع های مسکونی در حالت کوتاه مرتبه دو مدل بلوک شهری های ترکیبی و مجموعه ای به علت سایه اندازی بیشتر از لحاظ آسایش حرارتی عملکرد بهتری دارند. در حالت میان مرتبه فرم محیطی به علت سرعت باد بیشتر و سایه اندازی و فرم خطی به علت سرعت باد بالاتر، شرایط مطلوب تری از نظر آسایش حرارتی و کمترین ساعات بحرانی را دارند. در فرم بلوک های ترکیبی و مجموعه ای در حالت میان مرتبه، افزایش ارتفاع سبب کاهش حرکت باد در سایر نقاط شده و کارایی این دو فرم کاهش می یابد. در حالت بلند مرتبه بلوک های محیطی و خطی به علت کشیدگی فرم دارای سرعت باد بالاتر و شرایط مطلوب تری در آسایش حرارتی است، زیرا که سرعت باد سبب تخلیه حرارت جذب شده در سایت می شود. در نهایت با توجه به گونه های مختلف موجود در مجتمع های مسکونی در شهر شیراز خطی، مجموعه ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) تجزیه و تحلیل اثرات فرم و ارتفاع بلوک ها در چهار فرم مجتمع های مسکونی در شهر شیراز صورت گرفت یافته های پژوهش ثابت کرد که جهت گیری و ارتفاع بلوک ها، نسبت عرض به ارتفاع، در ایجاد و طول سایه اندازی و از سوی دیگر در کمک به سرعت و مسیر باد موثر هستند؛ که هر دو فاکتور فرم و ارتفاع ارتباط مهمی با پارامترهای موثر در آسایش حرارتی فضای باز دارند و نقش به سزایی در تعدیل دما در محیط را ایجاد می کنند. راتی (۲۰۱۹)، ریچنز (۲۰۱۷) و چاتزیپالکا (۲۰۱۶) به نقش فرم در فضاهای مسکونی و یانگ (۲۰۱۲) ارتفاع بلوک بر راحتی حرارتی اشاره کرده اند. همچنین تأثیر زاویه اقلیمی و جهت گیری مجموعه های مسکونی با تناسب ارتفاع و فرم قابل تغییر است. نتایج پژوهش گوده (۲۰۱۹) نیز در این راستا با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. فضاهای باز با استفاده از عناصر اقلیمی، درختان، وجود آب و رطوبتی مناسب را در فضا ایجاد کرده اند و در مجموعه های میان مرتبه و بلند مرتبه و میان مرتبه نتایج متفاوتی نسبت به فرم و ارتفاع نشان داده است که در نهایت مجموعه های میان مرتبه در فرم های خطی نتایج مطلوب تری را نشان داده است. سزن (۲۰۱۹) نیز شرایط آسایش را در فضای باز در شرایط تابستان در ENVI-met بررسی کرده اند و شکل خطی می توان گفت بیشترین آسایش حرارتی را در فضای باز داشته است که با نتایج این پژوهش مطابقت داشته است. این در حالی است توجه به قرارگیری نوع باز شوها، اندازه، استفاده مناسب از مصالح، رنگ سبب بهبود شرایط در فضاهای بسته نیز می شود که در این پژوهش به فضاهای داخلی اشاره نشده است و ضرورت دارد در پژوهش های آتی نیز به آن پرداخته شود. ۵. نتیجه گیری

با مطرح شدن پارامترهای متعددی در گونه‌های مجموعه‌های مسکونی شهر شیراز، شاخص‌های متعددی به طور همزمان قادر به تأثیرگذاری بر مصرف انرژی می‌شوند در این پژوهش تنها به تأثیرگذاری ارتباط فرم و ارتفاع بلوک‌های شهری در فضاهای باز میانی پرداخته شده است. نهایتاً پس از بررسی داده‌های به دست آمده از شبیه‌سازی چهار الگوی مجتمع‌های مسکونی با ارتفاع‌های مختلف نتایج نشان داد که اثرات فرم و شکل با افزایش و کاهش ارتفاع در بلوک مسکونی نتیجه متفاوتی را ایجاد می‌کند و یک گونه نمی‌تواند در ارتفاع متفاوت شرایط مطلوبی را به لحاظ حرارتی ایجاد کند و تأثیر قابل توجهی در شرایط حرارتی فضای باز میانی بلوک‌های مسکونی داشته است. و نمی‌توان به عنوان یک الگوی ثابت از آن استفاده کرد. نهایتاً گونه‌های مسکونی با ارتفاع متناسب قابلیت استفاده بهینه جهت استفاده ساکنین را بوجود می‌آورد. اگر چه محققان در پژوهش‌های پیشین فرم ساختمان مربع شکل را الگوی بهینه نام برده‌اند، ولی در پژوهش حاضر با توجه تناسب و ارتفاع بلوک‌ها، نسبت عرض به ارتفاع، از یک سو در ایجاد و طول سایه‌اندازی در گونه‌های متداول امروزی تأثیر متفاوتی دیده شده است. تناسب بین فاصله بلوک‌ها با طول سایه‌های ایجاد شده باعث ایجاد حرکت باد می‌شود به گونه دیگر می‌توان گفت با افزایش ارتفاع نیاز به افزایش فاصله میان بلوک‌ها، افزایش نسبت عرض به ارتفاع، است. نکته دیگری که با توجه به داده‌ها و بررسی‌های انجام شده می‌توان به آن اشاره کرد، ایجاد نقاط سایه‌دار و غیرسایه (سرد و گرم) و فشردگی فرم و ارتفاع زیاد در مجموعه‌های مسکونی باعث عدم حرکت باد خواهد شد. بنابراین فرم گونه‌های موجود مجموعه‌های مسکونی در شهر شیراز با افزایش ارتفاع و یا کاهش ارتفاع ارتباط مستقیمی در استفاده ساکنان از فضای باز میانی مورد استفاده در مجموعه‌های مسکونی خواهد داشت. لذا طراحان می‌توانند با طراحی بهینه و مطلوب مطابق با موقعیت جغرافیایی و نوع آب هوا در مجتمع‌های مسکونی با افزایش ارتفاع و یا کاهش ارتفاع در گونه‌های مختلف سکونتی مطابق با فرم امکان بهره‌روی مناسب‌تری را در سطح شهر برای ساکنین بوجود آورند.

کتاب‌نامه

1. Amiriparyan, P., & Kiani, Z. (2016). Analyzing the homogenous nature of central courtyard structure in formation of Iranian traditional houses. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 905-915.
2. Bady, M., Kato, S., & Huang, H. (2008). Towards the application of indoor ventilation efficiency indices to evaluate the air quality of urban areas. *Build Environ*, 43, 1991-2004.
3. Bady, M., Kato, S., Takahashi, T., & Huang, H. (2011). Experimental investigations of the indoor natural ventilation for different building configurations and incidences. *Build Environ*, 46, 65-74.
4. Chatzipoulka, C., Compagnon, R., & Nikolopoulou, M. (2016). Urban geometry and solar availability on façades and ground of real urban forms: using London as a case study. *Sol Energy*, 138, 53-66.
5. Coccolo, S., Kampf, J., Scartezzini, J. L., & Pearlmutter, D. (2016). Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. *Urban Climate*, 18, 33-57.
6. De Lieto Vollaro, A. (2014). Numerical study of urban canyon microclimate related to geometrical parameters. *Sustainability*, 6(11), 7894-7905.

7. Esch, M. M. E., Looman, R. H. J., & Bruin-Hordijk G. J. de. (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.
8. Fanga, Z., Lin, Z., Mak, Ch. M., Niu J., & Tsee, K. (2018). Investigation into sensitivities of factors in outdoor thermal comfort indices. *Building and Environment*, 128, 129-142
9. Fay, R., Treloar, G., Iyer-Raniga, U. (2010). Life- cycle energy analysis of buildings: a case study. *Building Research Information*, 28, 31-41.
10. Georgakis, C., & Santamouris, M. (2006). Experimental investigation of air flow and temperature distribution in deep urban canyons for natural ventilation purposes. *Energy Build*, 38, 367-76.
11. Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., & Ghaffarian A. (2015). Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates. *Building and Environmen*, 87, 154-168.
12. Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., & Al-Obaidi, K. (2019). Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia. *Science of the Total Environment*; 666, 1327-1345.
13. Givoni, B. (1989). *Urban design in different climates*. Switzerland: World Meteorological Organization. WMO/TD- No. 346, World Climate Applications Programme (WCAP), No.10.
14. Guedouh, M S., Zemmouri, N., Hanafi, A., & Qaoud, R. (2019). Passive Strategy Based on Courtyard Building Morphology Impact on Thermal and Luminous Environments in Hot and Arid Region. *Energy Procedia*; 157, 435-442.
15. Haapio, A. (2012). Towards sustainable urban communities. *Environ Impact Assess Rev*, 32, 165-9.
16. Hachem, C., Athienitis, A., & Fazio, P. (2011). Parametric investigation of geometric form effects on solar potential of housing units. *Sol Energy*, 85, 1864-77.
17. Hachem, C., Athienitis, A., & Fazio, P. (2012). Evaluation of energy supply and demand in solar neighborhood. *Energy and Build*, 49, 335-47.
18. Herrmann, J., & Matzarakis, A. (2012). Mean radiant temperature in idealised urban canyons-examples from Freiburg, Germany. *International journal of biometeorology*; 56, 199-203.
19. Hoppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75.
20. Jenks, M., Burton, E., & Williams, K. (1996). *The compact city: a sustainable urban form?* London: E & FN Spon.
21. Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco. *Build. Environ*; 41,1326-1338.
22. Kanters, J., & Horvat, M. (2012). Solar energy as a design parameter in urban planning. *Energy Proc*, 30, 1143-1152.
23. Knowles, R. (1985). *Sun rhythm form*. USA: Mit Press.
24. Kovats, R. S., & Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 41-55.
25. Lin. T. P.(2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Build. Environ*, 44 (10), 2017-2026.
26. Littlefair, P. (1998). Passive solar urban design: ensuring the penetration of solar energy into the city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2, 303-26.
27. Luederitz, C., Lang, DJ., & Von Wehrden, H. (2013). A systematic review of guiding principles for sustainable urban neighborhood development. *Landscape and Urban Planning*; 118, 40-52.

28. Matzarakis, A., & Mayer, H. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*; 43, 76-84
29. Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments - application of the RayMan model. *Int. J. Biometeorology*; 51, 323-334.
30. Morello, E., & Ratti, C. (2013). DEMs. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33, 26-34.
31. Nasrollahi, N., Hatami, M., Khastar, R., & Taleghani, M. (2017). Numerical evaluation of thermal comfort in traditional courtyards to develop new microclimate design in a hot and dry climate. *Sustainable Cities and Society*, 35, 449-467.
32. Nazarian, N., Acero, J. A., & Norford, L. (2019). Outdoor thermal comfort autonomy: Performance metrics for climate-conscious urban design. *Building and Environment*; 155, 145-160.
33. Nazarian, N., Sin, T., & Norford, L. (2018). Numerical modeling of outdoor thermal comfort in 3D. *Urban Climate*, 26, 212-230.
34. Neuman, M. (2005). The compact city fallacy. *Journal of Planning Education and Research*, 25, 11-26.
35. Newman, P. W. G., & Kenworthy, J. R. (1992). Is there a role for physical planners? *Journal of the American Planning Association*, 58, 353-362.
36. Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Analysis across Different European Countries. *Building and Environment*; 41, 1455-1470.
37. Oke, T. R. (1976). The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. *Atmosphere*, 14, 268-77.
38. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*; 108, 1-24.
39. Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate, *Energy Build*, 11, 103-113.
40. Okeil, A. (2010). A holistic approach to energy efficient building forms. *Energy and Buildings*, 42(9), 1437.
41. Potchter, O., Cohen, P., Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2018). Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. *Science of the total Environment*, 631, 390-406.
42. Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and Build*, 37, 762-76.
43. Ratti, C., Raydan, D., & Steemers, K. (2003). Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy Build*, 35, 49-59.
44. Ratti, C., & Richens, P. (2004). Raster analysis of urban form. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(2), 297-309.
45. Rode, P., Keim, C., Robazza, G., Viejo, P., & Schofield, J. (2014). Cities and energy: urban morphology and residential heat-energy demand. *Environ Plan B: Plan Des*, 41(1):138-62.
46. Rodríguez-Algeciras, J., Tablada, A., & Matzarakis A. (2018). Effect of asymmetrical street canyons on pedestrian thermal comfort in warm-humid climate of Cuba. *Theoretical and Applied Climatology*, 133, 663-679.
47. Roshana, Gh., Almomenina, H. S., Hirashimab, S. Q. S., & Attiac, S. (2019). Estimate of urban thermal environment. *Urban Climate*, 27, 8-23.
48. Sanaieian, H., Tenpierik, M., Linden, K., Mehdizadeh Seraj F., & Mofidi Shemrani. S. M. (2014). Review of the impact of urban block form on thermal performance. *solar access and ventilation. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 551-560.
49. Sattrup, P. A., & Stromann-Andersen, J. (2013). Building typologies in Northern European cities: daylight, solar access, and building energy use. *J Architect Plan Res*, 30(1), 56-76.

50. Sozen, I., & Oral, G. K. (2019). Outdoor thermal comfort in urban canyon and courtyard in hot arid climate: A parametric study based on the vernacular settlement of Mardin. *Sustainable Cities and Society*; 48, 101398.
51. 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. *Build Environ*, 41, 94-108.
52. Vartholomaios, A. (2017). A parametric sensitivity analysis of the influence of urban form on domestic energy consumption for heating and cooling in a Mediterranean city. *Sustain Cities Soc*, 28, 135-45.
53. Vega –Azamar, R. E., Glaus, M., Hausler, R., Oropeza-García N. A., & Romero López, R. (2013). An emergy analysis for urban environmental sustainability assessment, the Island of Montreal, Canada. *Landscape and Urban Planning*, 118, 18-28.
54. Wania, A., Bruse, M., Blond, N., & Weber, C. (2012). Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. *Journal of Environmental Management*, 94, 91-101.
55. Wissen Hayek U., & Grêt-Regamey, A. (2012). Collaborative urban modelling platform—facilitating incorporating of ecosystem services into planning for sustainable urban patterns. Leipzig: TEEB Conference.
56. Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., & Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: a systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 89-90, 193-203.
57. Yang, X., Li, Y., & Yang, L. (2012). Predicting and understanding temporal 3D exterior surface temperature distribution in an ideal courtyard. *Build Environ*, 57, 38-48.
58. Younsi, S. A., & Kharrat, F. (2016). Outdoor thermal comfort: Impact of the geometry of an urban canyon in a Mediterranean subtropical climate: Case study Tunis, Tunisia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 689-700.
59. Yuen, B., & Wong, N. H. (2005). Resident perceptions and expectations of rooftop gardens in Singapore, *Landsc. Urban Plan*, 73, 263-276.
60. Zhanga, J. I., Shabunko, V., Rong Tay, S. E., & Sun H, Y. (2019). Thomas Reindl Impact of urban block typology on building solar potential and energy use efficiency in tropical high-density city. *Applied Energy*, 240, 513-533.