فصلنامه مطالعات مدیریت شهری
سال سیزدهم/ شماره چهل و ششم/ تابستان ۱۴۰۰

بررسی تاثیر مورفولوژی مجتمع‌های مسکونی بر آسایش حرارتی فضای باز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

نازنین دهناد
گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران. *nazanin.dehnad@gmail.com*
باقرکریمی*
گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران. (نویسنده مسئول)
b.karimi@iaubushehr.ac.ir
جمال الدین مهدی نژاد
گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید رجایی، تهران، ایران.
mahdinejad@sru.ac.ir

چکیده

مقدمه و هدف پژوهش: شناخت متغیرهای اقلیمی مؤثر بر آسایش حرارتی و مورفولوژی ایجاد شده در فضاهای باز مجتمع‌های مسکونی امکان ارائه راهکارهای مناسب جهت افزایش کیفیت محیط‌های باز را به وجود آورد. لذا هدف از این پژوهش شناخت بررسی هندسه فرمی و ساختار شکلی مجتمع‌های مسکونی بر میزان آسایش حرارتی فضاهای باز جهت افزایش کیفیت محیط و استفاده کاربران ایجاد شده است.

روش شناسی: این پژوهش به لحاظ هدف تحقیق کاربردی است، از نظر روش‌شناسی روش تحقیق کمی است. چهار فرم از گونه‌های رایج مجتمع‌های مسکونی شهری در شهر شیراز با الگوی خطی، مجموعه‌ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی(مختلط) انتخاب شده است و در سه حالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه، میان مرتبه ۶ طبقه و بلند مرتبه ۱۲ طبقه، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

روش انجام پژوهش: با در نظر گرفتن فرم و جهت‌گیری‌ها در چهار الگوهای مختلف در وضع موجود شبیه‌سازی شده است و از طریق بررسی نتایج منتج از شبیه‌سازی با فرم‌های هندسی مختلف، به تحلیل داده‌ها و سنجش آنها با استفاده از نرم‌افزار ENVI-met پرداخته شده است سپس با استفاده از داده‌های اقلیمی در نرم‌افزار ریمن، دمای معادل فیزیولوژیکی به دست آمده است.

یافته‌ها وبحث: یافته‌ها نشان داد که در حالت کوتاه مرتبه فرم بلوک‌های ترکیبی و مجموعه‌ای به علت سایه‌اندازی بیشتر از لحاظ آسایش حرارتی عملکرد بهتری دارند. درحالت میان مرتبه فرم محیطی به علت سرعت باد بیشتر و سایه‌اندازی و فرم خطی به علت سرعت باد بالاتر، شرایط مطلوب‌تری از نظر آسایش حرارتی و کمترین ساعات بحرانی را دارند. در فرم بلوک‌های ترکیبی و مجموعه‌ای در حالت میان مرتبه، افزایش ارتفاع سبب کاهش حرکت باد در سایر نقاط شده و کارایی این دو فرم کاهش می‌یابد. در حالت بلند مرتبه بلوک‌های محیطی و خطی به علت کشیدگی فرم دارای سرعت باد بالاتر و شرایط مطلوب‌تری در آسایش حرارتی است. نهایتا با توجه به تفاوت در مورفولوژی مجتمع-های مسکونی در میزان آسایش حرارتی و بهره برداری محیط تاثیرگذار خواهد بود.

واژه‌گان کلیدی: مجتمع‌های مسکونی، آسایش حرارتی، دمای معادل فیزیولوژیکی، انویمت، ریمن.

مقدمه

با پیشرفت و رشد روز افزون جمعیت شهری، توسعه فضاها امری اجتناب‌ناپذیر بوده است. تغییرات فرمی در بلوک‌های مسکونی و عدم تطابق آن با ویژگی‌های اقلیمی، افزایش تقاضای انرژی مصرفی ساختمان‌ها را به دنبال داشته است. عدم تناسب صحیح بین فرم‌ها و گونه‌های مختلف و ارتفاع آنها باعث از بین رفتن فضای مطلوب شده است. در واقع این‌گونه به نظر می‌رسد بین تناسب، هندسه فرمی، ساختار شکلی در مجتمع‌های مسکونی بر ایجاد آسایش حرارتی فضای باز در جهت ارتقا راحتی انسان‌ها رابطه تاثیرگذار است و می‌توان این-چنین استدلال نمود که نتایج متفاوتی را برای محققان روشن سازد. این در حالی است که رابطه بین شکل شهرها و عملکرد محیطی از دیدگاه‌های مختلف در گذشته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در نتایج ارائه شده شواهد قانع کننده‌ای وجود دارد که نشان می-دهد، شکل و موقعیت بلوک‌های شهری نه تنها برمیکرو اقلیم، بلکه برعملکرد انرژی هم تاثیر می‌گذارد (Zhanga et al, 2019. Sanaieian et al, 2014). برطبق نظر اوک، ویژگی‌های مختلف شهرنشینی، به عنوان مثال هندسه شهری، شامل خیابان‌بندی‌ها و فرم مجتمع‌های مسکونی مصالح ساختمانی، بر تعادل انرژی شهری تاثیر می‌گذارد. از سوی دیگر جزیره گرمایی شهری[1](UHI) نیز یک پدیده پذیرفته شده است که عمدتا در لایه تاج پوشش شهری دیده می‌شود (Oke, 1976). چنین نگرانی‌های جهانی در مورد آسایش حرارتی و استرس گرما نیاز به تجزیه و تحلیل جامع و دقیق، با هدف پیش بینی و کاهش اثرات نامطلوب وقایع گرمایی برای افزایش قابلیت زندگی شهری، دارد (Nazarian et al, 2019). پارامترهایی که تا حد زیادی بر شرایط حرارتی شهر تاثیر می‌گذارد، سرعت باد و شدت تابش می باشند(Amiriparyan & Kiani, 2016). مطالعات مختلف نشان داده است که ساختارهای شهری می‌توانند این پارامترها را تغییردهند و بنابراین تأثیرات مهم بر آسایش حرارتی در فضای‌باز دارند (Johansson, 2006. Rodríguez-Algeciras et al, 2018).

مجتمع‌های مسکونی به عنوان بخشی از بلوک‌های شهری از عوامل تعیین‌کننده ساختار و هندسه شهری می‌باشند، بنابراین بر پارامترهای اقلیمی و آسایش حرارتی تاثیرگذارند. در این راستا با توجه به اینکه شهر شیراز سرعت بالایی در ساخت وساز مجتمع‌های مسکونی دارد، و از سوی دیگر در بررسی مطالعات و مقالات موجود خلا مطالعاتی در این زمینه دیده می‌شود، از این رو مقاله حاضر با بر هندسه فرمی و ساختار شکلی مجتمع‌های مسکونی در شهر شیراز بر میزان آسایش حرارتی فضاهای باز میانی پرداخته است. تا بتوان با استفاده از نتایج به دست آمده، به ساختار بهینه و مطلوب‌تری در مجتمع‌های مسکونی در شهرشیراز دست یافت.

ادبیات پژوهش

آسایش‌حرارتی: آسایش حرارتی در محیط زیست یک عامل حیاتی است که بر سلامت و رفاه شهروندان تاثیر می‌گذارد. بر این اساس، تجزیه و تحلیل جامع مورد نیاز است تا اطمینان حاصل شود که معیارهای قابل قبول راحتی حرارتی در محیط های شهری تعریف شده است (Zhang et al, 2019). به عنوان اولین گام برای مبارزه با تنش شدید حرارتی در مناطق شهری، دست-یابی به آسایش حرارتی، یعنی احساس انسان از محیط حرارتی، در فضای داخلی و فضای بازشهری برای دست-یابی به بافت شهری زیست‌پذیر بسیار مهم است. دستیابی به پیش‌بینی دقیق و اندازه‌گیری آسایش حرارتی در فضای‌باز پیچیده است، 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 (Nazarian etal, 2018). نیکولوپلو[2] و همکارانش بیان می‌کنند که آب و هوا و فرهنگ می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای در درک افراد از محیط تاثیرگذار باشند. مطالعه‌ای مبتنی بر پرسشنامه سنجش حرارتی افراد در اروپا، اختلاف بین درجه حساسیت خنثی حرارتی در فضای باز بین آتن (۲۳ درجه سانتیگراد) و فرایبورگ (۱۳ درجه سانتیگراد) را نشان می‌دهد (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006). مطالعات انجام شده توسط پوتچر[3] و همکارانش در زمینه ادراک حرارتی در اقلیم‌های مختلف نشان می‌دهد که محدوده‌های خنثی حرارتی مختلف برای مناطق آب و هوایی گرم (۲۴-۲۶ درجه سانتی گراد) و سرد (۱۵-۲۰ سانتی گراد) است (Potchter et al, 2018). یونسی[4] و همکارش پارامترهای نسبت ابعاد و جهت‌گیری برای دره

های شهری را بررسی کرده‌اند و دریافتند که نسبت ابعاد بالاتر و جهت‌گیری شمالی- جنوبی باعث افزایش آسایش حرارتی می‌شود (Younsi & Kharrat, 2016). غفاریان حسینی[۵] و همکارانش به منظور اندازه‌گیری‌های زمینه‌ای وشبیه‌سازی‌های پارامتری برای ارزیابی ویژگی-های خرد اقلیم درمحوطه دانشگاهی در هوای گرمسیری کوالالامپور مالزی مطالعاتی انجام داده‌اند. شبیه‌سازی در انویمت[۶] و ایسوی[۷] نشان می‌دهد که در بسیاری از فضاهای مورد مطالعه، میزان ناراحتی گرمایی بالا است و نیاز به بازسازی موثر فضای باز در مناطق گرمسیری، از طریق توجه کافی به تأثیرات مهم سایه و پوشش گیاهی دارد که می‌تواند منجر به دستیابی به فضای باز با سطح آسایش حرارتی بالاتر شود (Ghaffarianhoseini etal, 2019).

دمای معادل فیزیولوژیکی: یکی از محبوب‌ترین شاخص‌های حرارتی، دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) است. مطالعات متعددی گزارش داده‌اند که دمای معادل فیزیولوژیکی[۸] (PET) یک برنامه کاربردی است که کمک می‌کند به فهم و درک راحت‌تر برای کاربرانی که با اصطلاحات مدرن بوم شناختی انسانی آشنا نیستند، از جمله طراحان شهر، معماران، سیاست‌گذاران و افراد نامتخصص (PET) را می‌توان با استفاده از نرم افزارهایی همچون ریمن[۹]، که در موسسه هواشناسی دانشگاه فرایبورگ آلمان توسعه یافت، محاسبه کرد (Lin, 2009. Matzarakis et al, 2007). دمای معادل فیزیولوژیکی یک شاخص آسایش حرارتی است که مخصوصا برای تحلیل آسایش حرارتی در فضای باز مناسب است (Hoppe, 1999). در مقایسه با شاخص متداول‌تر آسایش حرارتی یعنی تخمین میزان رضایت[۱۰] (PMV) که عمدتا برای فضاهای داخلی طراحی شده است،PET به لحاظ بررسی برای پارامترهای فیزیولوژیکی واقعی و شارحرارتی جامع‌تر است (Matzarakis & Mayer, 1999).

برطبق مطالعات کوکلاو[۱۱] و همکارانش مقیاس حرارتی دمای معادل فیزیولوژیکی(PET) می‌تواند با توجه به آب و هوا متفاوت باشد (Coccolo et al, 2016). پژوهش انجام شده توسط فنگا[۱۲] و همکارانش تحلیلی از حساسیت عوامل مختلف، از جمله عوامل فردی و پارامترهای فیزیکی محیط حرارتی است. نتایج نشان داده‌اند که بین دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) و دمای عملیاتی ارتباط خطی قوی وجود دارد (Fanga et al, 2018). در این مطالعه سزن[۱۳] و همکارش شرایط آسایش در فضای باز در شکل خطی و حیاط مانند برای شرایط تابستان در ماردین، ترکیه در انویمت را 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. همچنین جهت‌گیری شمال- جنوب با نسبت ۱: ۲ شرایط بهتر آسایش حرارتی را درحیاط فراهم می‌کند(Sozen & Oral, 2019).

بر اساس مطالعات انجام شده توسط غلامرضا روشن و همکارانش میزان آسایش حرارتی فضای باز در نقاط اقلیمی ایران تخمین زده شده است. در این مطالعه برای 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 (Roshana et al, 2019).

پیشینه پژوهش

بلوک‌های شهری جزء اساسی ساختار شهرها هستند که تأثیر قابل توجهی در تجربیات، درک و نگرش مردم نسبت به محیط زندگی‌شان دارند (Zhanga et al, 2019). نتایج تحقیقات یانگ[۱۴] و همکارانش بر محیط گرمایی اطراف بلوک‌های شهری در طول تابستان و زمستان در آب و هـوای پکن نشان داده است که ارتفاع

Index thermal sensation/stress	SET* (°C) (Gagge et al., 1986)	PT (°C) (Staiger et al., 2012)	PET (°C) (Matzarakis and Mayer, 1996)	UTCI (°C) (after Bröde et al., 2012)
Extreme cold stress	–	−39 >	–	< −40
Very strong cold stress	–	−39 to −26	–	−27 to −40
strong cold stress	–	−26 to −13	< 4	−13 to −27
Moderate cold stress	–	−13 to 0	4–8	0 to −13
Slight cold stress	< 17	0 to 20	8–18	9 to 0
Comfortable	17–30	20 to 26	18 to 23	9 to 26
Moderate heat stress	30–34	26 to 32	23–35	26 to 32
Strong heat stress	34–37	32 to 38	35–41	32 to 38
Very strong heat stress	> 37	> 38	> 41	38 to 46
Extreme heat stress	–	–	–	> 46

شکل ۱: دسته بندی کلی حساسیت در چهار شاخص
(Roshana et al, 2019)

بلوک تاثیرگذارترین پارامتر و سطح البدو کم اثرترین پارامتر بر راحتی حرارتی است (Yang et al, 2012). همچنین محققان استدلال می‌کنند، هندسه شهری بر مقدار تابش خورشید در ساختمان و محیط اطراف تاثیرگذار است (Ratti et al, 2005).

در پژوهش انجام شده توسط گوده[15] و همکارانش مدل‌ها در سه گروه ۱ طبقه، ۲ طبقه و ۵ طبقه بدونه حیاط و حیاطدار با نسبت‌های متفاوت با نرم‌افزار دیزاین بیلدر[16]بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که نوع ساختمان حیاط دار با حیاط عمیق به لحاظ نور روز و حفاظت از ساختمان، مانند نوعی عایق، در هوای گرم و خشک بهتر عمل می‌کند. همچنین عمق حیاط، نسبت بازشوها و جهت‌گیری تاثیرات زیادی بر کارایی حیاط دارد (Guedouh et al, 2019). وارتولاموس[17] از طریق مطالعه پارامتری بلوک‌های شهری متفاوت، تأثیر شکل شهری بر مصرف انرژی مسکونی را برای گرمایش و سرمایش در شرایط آب و هوایی مدیترانه مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان دادند که تراکم و جهت‌گیری جنوبی، عامل اصلی کلیدی طراحی محله کم انرژی است (Vartholomaios, 2017). همچنین بسیاری از محققان بیان می‌کنند که مورفولوژی ساختمان به طور مستقیم در دسترسی به تابش خورشید در محیط داخلی و محیط خارجی اثر دارد (Hachem et al, 2011. Hachem et al, 2012). الگوهای جهت‌گیری و همسایگی نه تنها بر روی دسترسی به خورشید تأثیر می‌گذارد، بلکه الگوهای جریان هوا و سرعت باد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، قرار دادن ساختمان‌ها در محل و الگوهای استفاده از زمین به شدت هوا و دمای تابشی محیط اطراف بلوک‌های شهر تاثیر می‌گذارد (Morello & Ratti, 2009. ASHRAE standard 55-2010. Ratti & Richens, 2004). تابش خورشیدی جزء مهمی از آب و هوا است و برای راحتی حرارتی انسان، در فضای داخلی و خارجی بسیار مهم است(Van Esch et al, 2012. Knowles 1985). ساختمان و مورفولوژی محله بیشترین تاثیر را در دسترسی به انرژی خورشیدی دارند (Fay et al, 2010& Givoni, 1989. Haapio, 2012). کانگرز[18] و همکارش اشکال هندسی بلوک‌های شهری و پتانسیل استفاده از خورشیدی را در چهار بلوک شهری در جنوب سوئد بررسی کردند. آنها دریافتند که مورفولوژی بر بهره‌وری از انرژی خورشیدی تاثیر قابل توجه‌ای دارد (Kanters & Horvat, 2012). مطالعه چاتزیپالکا[19] و همکارانش بر۲۴ فرم شهری از لندن، نشان می‌دهد که ارتباط قابل توجهی بین هندسه شهری و قابلیت دسترسی به خورشید با توجه به عرض جغرافیایی وجود دارد (Chatzipoulka et al, 2016). با توجه به جریان هوا در مقیاس خیابان‌ها، می‌توان گفت هندسه دره‌ها (نسبت ارتفاع به عرض) عامل اصلی تهویه هوا می‌باشد (Ali-Toudert & Mayer, 2006). در دره‌های عمیق، تغییرات سرعت باد می‌تواند مهم باشد زیرا که منجر به اختلاف دمای زیادی می‌شود (حدود ۵ درجه سانتیگراد). این اختلاف دما ممکن است بر روی بارهای گرمایش و خنک‌کننده ساختمان‌ها تاثیر زیادی بگذارد (Georgakis & Santamouris, 2006). بادی[20]و همکارانش چهار مدل معمولی با هندسه‌های مختلف با جهت باد متفاوت مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که هندسه ساختمان‌ها و جهت باد عوامل بسیار مهمی هستند که میزان تهویه طبیعی ایجاد شده در حوزه‌های شهری را تعیین می‌کند (Bady et al, 2008. Bady et al, 2011).

روش پژوهش

این پژوهش به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی است، از نظر روش شناسی روش تحقیق کمی است. از آنجا که مطالعه در فضای باز نیاز به بررسی پارامترهای زیادی دارد و امکان کنترل پارامترهای اقلیمی و برهم کنش آنها وجود ندارد، در این مقاله به بررسی تعدادی از اصلی‌ترین پارامترها پرداخته شده است. بدین منظور با 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. در این پژوهش سعی در بررسی پارامترهای مورفولوژیک تاثیرگذار 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. به منظور انتخاب حجم نمونه از نمونه‌گیری احتمالی کنترل شده استفاده شده است که با در نظر گرفتن تناسب، فرم هندسی، ساختار شکلی، ارتفاع و

جهت‌گیری‌ها در الگوهای مختلف در وضع موجود شبیه-سازی شده، از طریق بررسی نتایج منتج از شبیه‌سازی سناریوهای مختلف الگوهای مختلف بلوک‌شهری در سه حالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه، میان مرتبه ۶ طبقه و بلندمرتبه 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 ساعت۱۷،۰۰ بعدازظهر در تاریخ هفت مرداد سال ۱۳۹۹ انجام شده است. با استفاده از داده‌های دمای هوا، سرعت باد، رطوبت به دست آمده از نرم افزار انویمت در نرم‌افزار ریمن[۲۱]، 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.

- **شناخت محدوده مورد مطالعه**

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 جهت بادهای مطلوب جنوب غربی، دارای ویژگی خاصی است-(de Lieto Vollaro, A., et al. 2014). این شهر با سرعت زیاد در حال گسترش و حرکت به سوی مجتمع سازی مسکونی است. 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 تناسب، فرم هندسی و ساختار شکلی، ارتفاع مجتمع‌های مسکونی بر آسایش حرارتی جهت ارتقآ راحتی ساکنین و استفاده بهینه در بین ساکنان پرداخته‌اند. در این پژوهش به منظور انتخاب حجم نمونه از نمونه‌گیری احتمالی کنترل شده استفاده شده است. برای انتخاب مجتمع‌های مسکونی شیراز بر اساس پژوهشی که تقی‌پور وسلطان‌زاده انجام شده است، و بر پایهٔ معیارهای مختلف، دسته‌بندی شده است. تعیین نحوه چیدمان مجتمع‌های مسکونی در شیراز، مبتنی بر رویکرد شکلی و موضع شناسانه است. فرم هندسی مجتمع‌های مسکونی و ساختار فضای باز آنها مورد بررسی قرار گرفت وچهار فرم مجتمع‌های مسکونی با الگوی خطی، مجموعه‌ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) مطابق شکل ۲ انتخاب شده است. سپس چهار مجتمع مسکونی با گونه‌های مشخص شده برای امکان مقایسه اثر پارامترهایی همچون جهت‌گیری قرارگیری، مساحت وارتفاع و... یکسان سازی شده‌اند.

با توجه به اینکه بهترین جهت‌گیری مطابق مطالب گفته شده در مرور ادبیات برای اقلیم‌های 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.

مطابق شکل ۲ و ۳ بلوک شهری اول به صورت محیطی، بلوک‌شهری دوم شکل خطی، بلوک شهری سوم شکل مجموعه‌ای و بلوک شهری چهارم به صورت ترکیبی انتخاب شده است. این چهار بلوک شهری در سه حالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه، میان مرتبه ۶ طبقه و بلند مرتبه۱۲ طبقه با نرم‌افزار انویمت[۲۲] با توجه به داده‌های اقلیمی شهر شیراز درگرم‌ترین روز سال ۲۰۲۱، ۲۹ جولای ۷ مرداد ماه ۱۴۰۰ مطابق جدول ۲ شبیه‌سازی شده‌اند. در نرم‌افزار انویمت قابلیت بررسی متغیرهای مختلف برای بلوک‌های شهری با فرم‌های هندسی مختلف وجود دارد. انویمت یک نرم‌افزار شبیه‌سازی شهری می‌باشد که توسط دکتر مایکل بروس توسعه یافته است، این نرم‌افزار توانایی کافی برای محاسبه‌ی خرد اقلیم‌ها، در شهرهایی با ساختار پیچیده، را براساس اصول و مبانی دینامیک سیالات و ترمودینامیک دارا می-باشد(Yuen & Wong, 2005). نرم‌افزار انویمت در مطالعات متعددی برای ارزیابی اثرات ویژگی‌های شهرها بر محیط زیست آنها مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین برای مطالعه آسایش حرارتی در فضای‌باز در طراحی یک خیابان و رفتار حرارتی سطوح مختلف زمین مورد استفاده قرار گرفته است (www.envi-met.de). از جمله مطالعات انجام شده با این نرم‌افزار می‌توان به بررسی اثرات جهت‌گیری وH/W (نسبت ارتفاع به عرض) حیاط‌ها بر پارامترهایی از جمله PMV و UTCI به عنوان شاخص‌های آسایش حرارتی در شهر شیراز توسط نصرالهی و همکاران (Nasrollahi,et al, 2017) اشاره داشته است.

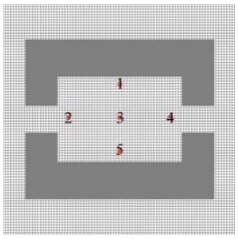
جدول ۱: داده‌های ورودی برای شبیه‌سازی

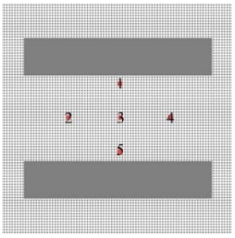
داده های ورودی در نرم افزار ENVI-met	
دمای اولیه بر اساس درجه کلوین	۲۹۵
سرعت باد m/s	۳
جهت وزش باد بر حسب درجه	۹۰

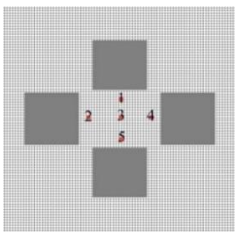
مجتمع مسکونی ایثار	مجتمع مسکونی دراک	مجتمع مسکونی غزال	مجتمع مسکونی گلدشت

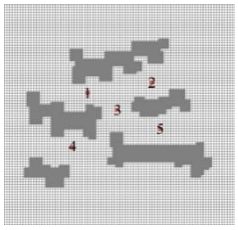
شکل ۲: تصاویر ماهواره‌ای از مجتمع‌های انتخاب شده

محیطی	خطی	مجموعه‌ای	ترکیبی









شکل ۳: مدل های شبیه‌سازی شده در نرم افزار انویمت

سپس با استفاده از داده‌های دمای هوا، سرعت باد، رطوبت به دست آمده از نرم افزار انویمت در نرم‌افزار ریمن[۲۳]، 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 در نرم افزار اکسل[۲۴] مورد بررسی و مقایسه مطابق جدول ۱ قرار گرفته‌اند. جهت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق از استدلال منطقی بهره گرفته شده است.

یافته‌های پژوهش

پس از بررسی پیشینه پژوهش و مطالعه گونه‌های متداول مجتمع‌های مسکونی از هرگونه یک مجتمع متناسب در شهر شیراز انتخاب شد. پس از مطالعات میدانی از شرایط هر ۴ مجتمع مسکونی در سه حالت کوتاه مرتبه، میان مرتبه و بلندمرتبه مدلسازی شدند. پس از اجرای مدلسازی، خروجی‌های مدل اقلیمی توسط نرم‌افزار ENVI-met برای دو مقطع زمانی در ساعت ۹،۰۰ صبح و ساعت۱۷،۰۰ بعدازظهر در تاریخ هفت مرداد سال ۱۳۹۹ محاسبه و داده‌های عددی به وسیله نرم‌افزار *excel* خروجی گرفته شده است تمامی خروجی ها در سطح عابران پیاده در ارتفاع ۱/۵۰گرفته شده است و در ۵ نقطه نسبت به جهت جغرافیایی به دست آمده است. یافته‌های حاصل از آنالیز مجتمع‌های مسکونی با الگوی خطی، مجموعه‌ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) مورد بحث قرار می‌گیرد.

جدول ۲: محدوده‌های دمای معادل فیزیولوژیکی

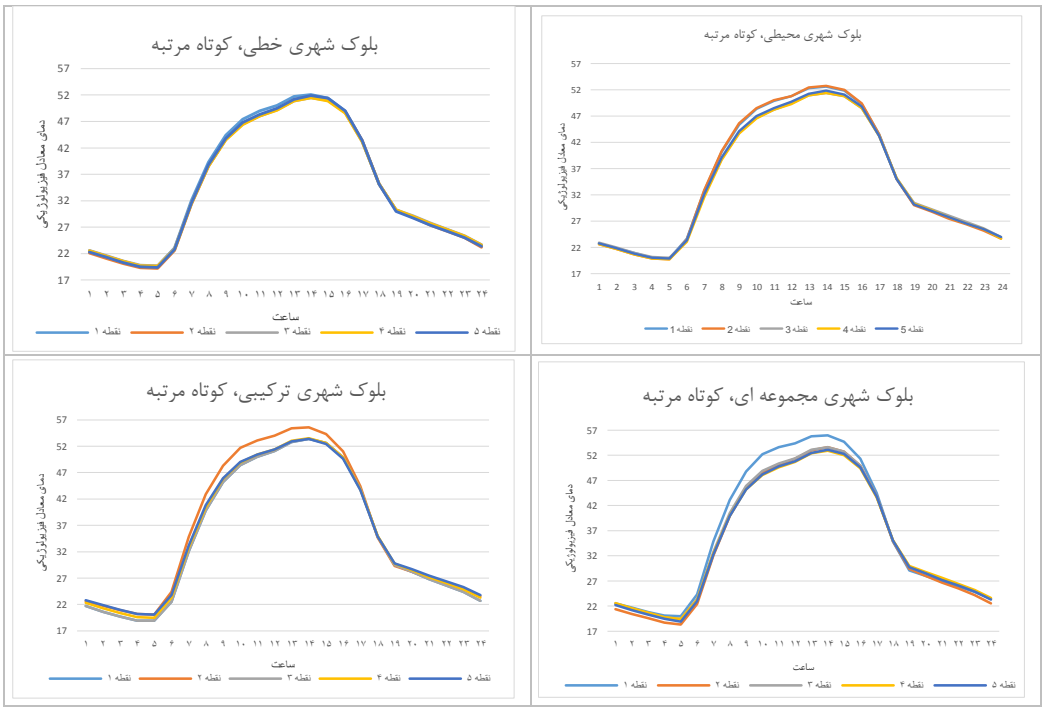
دمای معادل فیزیولوژیکی		
محدوده‌های قابل قبول	۱۸- ۸	استرس سرمایی کم
	۲۳- ۱۸	آسایش حرارتی
	۳۵- ۲۳	استرس گرمایی میانگین
محدوده‌های بحرانی	۴۱- ۳۵	استرس گرمایی قوی
	>۴۱	استرس گرمایی خیلی قوی
	> ۵۰	استرس گرمایی شدید

۱. بررسی تاثیر پارامترهای آسایش حرارتی در مجتمع-های مسکونی

- مجتمع مسکونی در حالت کوتاه مرتبه

چهار مدل انتخاب شده درحالت کوتاه مرتبه ۳ طبقه شبیه‌سازی شده است و داده‌های به دست آمده مطابق نمودار ۱ 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 بحرانی‌تری دارد و نقطه ۴ تا حدی شرایط بهتری را دارد. این به این دلیل است که در این فرم سرعت باد در نقطه ۴، بیشترین سرعت را دارد، از سوی دیگر به علت سایه‌اندازی بیشتر مطابق شکل ۴ در این نقطه از سایت در ساعات ابتدایی صبح می‌باشد. در بلوک شهری خطی تمام نقاط از نظر تغییرات دمای معادل فیزیولوژیکی در حالت مشابه قرار دارند و اختلاف چشم-گیری مشاهده نمی‌شود، این یکسانی در شرایط آسایش تا حد زیادی به علت فرم خطی و عدم سایه‌اندازی در نقاط مختلف سایت می‌باشد. اما در حد جزئی نقطه ۴ شرایط بهتری از لحاظ آسایش حرارتی دارد که این نیز به علت افزایش سرعت باد در این نقطه از سایت می-باشد، زیرا که به دلیل کشیدگی فرم سایت وجهت گیری باد غالب، سرعت باد در قسمت شرقی بیشتری است. درحالت کوتاه مرتبه دو بلوک خطی و محیطی بیشترین سرعت باد را نسبت به دو شکل دیگر دارند؛ که علت این امر فرم سایت‌های می‌باشد که مسیر حرکت بدون مانع برای باد ایجاد شده است.

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 می-توان شاهد بیشترین سایه اندازی 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 سایه-اندازی وجود دارد. در حالت کوتاه مرتبه با توجه به نتایج می‌توان گفت نقاطی در سایت‌های منتخب که بیشترین سرعت باد و سایه اندازی را دارند، دارای شرایط بهتری از لحاظ حرارتی هستند. در حالت کوتاه مرتبه دو مدل بلوک شهری مجموعه‌ای و ترکیبی به علت سایه اندازی بیشتر از لحاظ آسایش حرارتی عملکرد بهتری دارند. در حالت کوتاه مرتبه بلوک شهری مجموعه‌ای به علت



نمودار۱: دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط بررسی شده در مجتمع‌های مدل شده در حالت کوتاه مرتبه

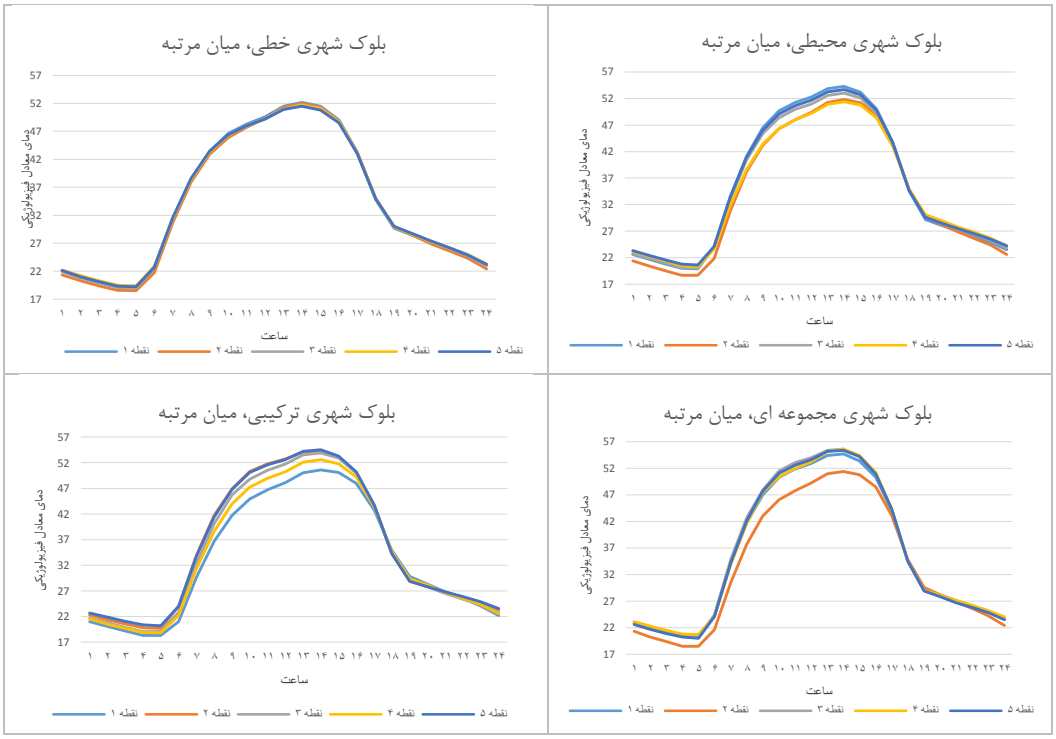
داشتن ساعات کمتر بحرانی (استرس گرمایی قوی تا شدید) و ساعات بیشتر در محدوده آسایش حرارتی مطلوب و استرس گرمایی متوسط بهترین شرایط را دارا می باشد. پس از حالت مجموعه‌ای، بلوک شهری ترکیبی بیشترین ساعات استرس گرمایی متوسط را درحالت کوتاه مرتبه دارد همچنین بلوک شهری خطی و محیطی در شرایط نسبتا یکسان قرار دارند.

– مجتمع مسکونی درحالت کوتاه مرتبه

چهار مدل انتخاب شده در حالت میان مرتبه ۶ طبقه شبیه سازی شده است و داده‌های به دست آمده مطابق نمودار ۲ می‌باشد. در بلوک حیاط مرکزی 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 سایه اندازی مطابق شکل ۴ دارای شرایط بحرانی‌تری است. در بلوک شهری خطی نقاط مختلف شرایط تقریبا یکسانی دارند؛ این به علت عدم سایه‌اندازی در سایت است.

در بلوک شهری مجموعه‌ای، نقطه۲ 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 تقریبا مشابه از نظر دمای معادل فیزیولوژیکی و سرعت باد دارند.

این بلوک‌شهری 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 سایه اندازی را دارند، دارای شرایط بهتری از لحاظ حرارتی هستند.

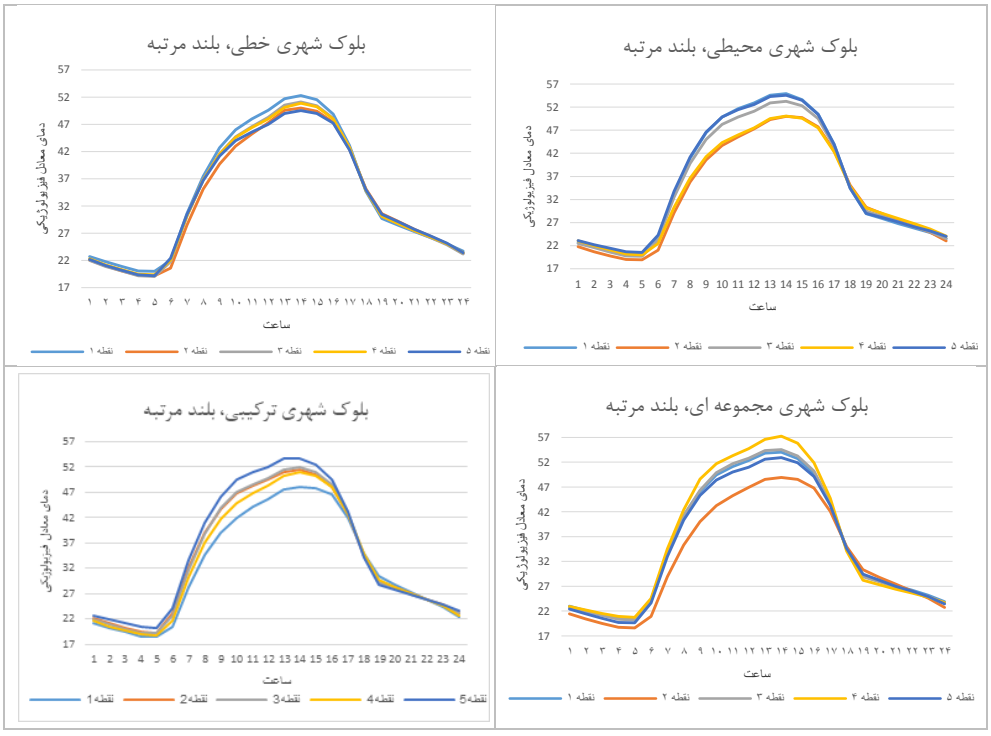


نمودار ۲: دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط بررسی شده در مجتمع‌های مدل شده در حالت میان مرتبه

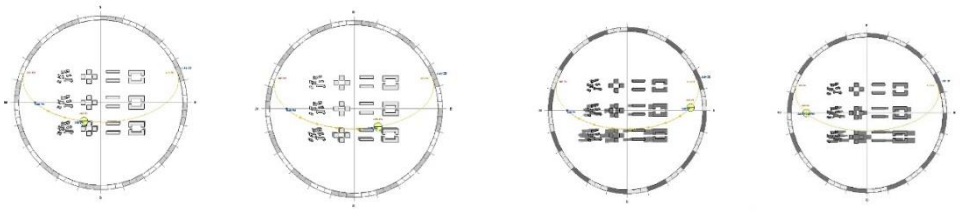
- مجتمع مسکونی در حالت بلند مرتبه

چهار مدل انتخاب شده درحالت بلند مرتبه ۱۲ طبقه شبیه سازی شده است و داده‌های به دست آمده مطابق نمودار ۳ می‌باشد. در بلوک محیطی در این حالت نقاط ۱و ۵ شرایط بحرانی‌تری از نظر آسایش حرارتی دارند؛ در این دو نقطه ۱تا 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 ۴ دارند؛ با اختلاف جزیی نقاط ۲ و ۵ شرایط بهتری دارند. در نقطه ۲ بیشترین سرعت باد و در نقطه ۵ بیشترین سایه اندازی وجود دارد. در بلوک نقطه‌ای می‌توان شاهد بود که 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 می‌یابد، زیرا که در این نقطه 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 می‌یابد. نقطه ۵ شرایط بحرانی‌تری نسبت به سایر نقاط در این سایت دارد، در این نقطه می‌توان شاهد کمترین سرعت باد بود. در بلوک مجموعه‌ای با افزایش ارتفاع در اکثر نقاط دمای هوا در حدود ۰/۴ 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 بلند مرتبه نقاطی در سایت‌های 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 می‌شود، با افزایش ارتفاع سایه‌اندازی مطابق شکل ۴ در مجتمع‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد که این سبب کاهش دما و بهبود شرایط آسایش حرارتی می‌شود. در دو فرم مجموعه‌ای 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.



نمودار ۳: دمای معادل فیزیولوژیکی در نقاط بررسی شده در مجتمع‌های مدل شده در حالت بلند مرتبه



شکل ۴: سایه اندازی بر روی مدل‌سازی مجتمع‌های مسکونی

در حالت ترکیبی، کوتاه مرتبه در نقطه ۱ می‌توان مشاهده کرد که در ساعت ۹ و ۱۸ سرعت باد مشابه در حدود۰/۶۴ متر بر ثانیه و دما به ترتیب ۳۱/۵۶و ۳۶/۰۴ سانتی‌گراد 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. اما در حالتی که دمای هوا در نقاط یکسان باشد، سرعت باد بالاتر و رطوبت پایین‌تر سبب بهبود شرایط آسایش می‌شود. به طور مثال در بلوک شهری مجموعه‌ای در نقطه ۲ در ساعت ۹ و ۲۱ دمای هوا تقریبا مشابه و به ترتیب۳۱/۶۲۳ و ۳۱/۷۳۹ سانتی گراد می‌باشد، در این دو نقطه رطوبت به ترتیب ۲۷/۸۳۳ و ۲۰/۸۵ درصد، سرعت باد ۰/۶۰۵و ۰/۶۷۴ متر بر ثانیه می‌باشد. در این حالت ساعت ۹ در حالت استرس- گرمایی خیلی قوی و ساعت ۲۱ درحالت استرس متوسط گرمایی قرار دارند. در این پژوهش نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در فضای باز مجتمع‌های مسکونی درحالت کوتاه مرتبه دو مدل بلوک شهری‌های ترکیبی و مجموعه‌ای با توجه به ساختار شکلی و فرم هندسی با بوجود آوردن سایه‌اندازی بیشتر از لحاظ آسایش حرارتی عملکرد بهتری دارند. در حالت میان‌مرتبه فرم محیطی به علت سرعت باد بیشتر و سایه‌اندازی و فرم خطی به علت سرعت باد بالاتر، شرایط مطلوب‌تری از نظرآسایش حرارتی و کمترین ساعات بحرانی را دارند. در فرم بلوک-های ترکیبی و مجموعه‌ای درحالت میان مرتبه، افزایش ارتفاع سبب کاهش حرکت باد در سایر نقاط شده و کارایی این دو فرم کاهش می‌یابد. درحالت بلند مرتبه بلوک‌های محیطی و خطی به علت کشیدگی فرم دارای سرعت باد بالاتر و شرایط مطلوب‌تری در آسایش حرارتی است، زیرا که سرعت باد سبب تخلیه حرارت جذب شده در سایت می‌شود. در نهایت با توجه به گونه‌های مختلف موجود در مجتمع‌های مسکونی در شهر شیراز خطی، مجموعه‌ای منظم و نامنظم، مرکزی (محیطی) و ترکیبی (مختلط) تجزبه و تحلیل اثرات فرم و ارتفاع بلوک‌ها در چهار فرم مجتمع‌های مسکونی در شهر شیراز صورت گرفت یافته‌های پژوهش ثابت کرد که جهت‌گیری و ارتفاع بلوک‌ها، نسبت عرض به ارتفاع، در ایجاد و طول سایه‌اندازی و از سوی دیگر در کمک به سرعت و مسیر باد موثر هستند؛ که هر دو فاکتور تناسب و فرم هندسی ارتباط مهمی با پارامترهای موثر در آسایش حرارتی فضای باز دارند و نقش به سزایی در تعدیل دما در محیط را ایجاد می‌کنند.

پس از بررسی این پژوهش از دو منظر قابل توجه است. نخست، جهت استقرار و زاویه چرخش فرم مجتمع‌های مسکونی؛ دوم، تاثیر تناسب و فرم هندسی مجتمع‌های مسکونی بر آسایش اقلیمی

- جهت استقرار و زاویه چرخش فرم مجتمع‌های مسکونی

جهت استقرار فضاهای مسکونی در شهر شیراز در راستای شمال شرق - جنوب غرب و یا شمال غرب - جنوب شرق است. جهت استقرار عموما به عواملی چون تابش، بادهای مناسب، ظرفیت خرد اقلیم و فضای سبز بستگی دارد. ولی تابش خورشید و وزش باد، به علت اینکه در اختیار بشر نبوده، نمی‌توان جهت و وضعیت آن را تغییر داد، جهت‌گیری ساختمان را بر مبنای آنها تعیین شده است. بر این اساس، جهت تعیین زاویه بهینه‌ی جهت‌گیری ساختمان‌ها نسبت به جهات جغرافیایی بر اساس میزان چرخش نسبت به شمال مورد بررسی قرارگرفته است. برای دست‌یابی به جهت‌گیری و زاویه اقلیمی بهینه و تاثیر آن در فضای باز مجموعه‌های مسکونی به بررسی عوامل مختلفی چون موقعیت آن، شرایط اقلیمی، فرم و تناسبات، تراکم و فشردگی اطراف از شاخص‌های مورد توجه است. می‌توان گفت به لحاظ اقلیمی تمهیدات بیشتری چون وجود گیاهان با انتظام فضایی در ایجاد رقص نور و سایه؛ وجود در جهت تعدیل هوا باید در نظر گرفت. زاویه اقلیمی به شدت انرژی دریافتی بر روی جداره‌های بلوک‌های مسکونی

تاثیرگذاشته است و همچنین جهت‌گیری بر سایه‌اندازی و میزان دریافت تابش، میانگین سرعت باد و دمای هوا در طول شبانه‌روز در فضای باز مجموعه‌های مسکونی تاثیرگذار است. در نهایت تاثیر زاویه اقلیمی و جهت-گیری مجتمع‌های مسکونی با تناسب ارتفاع و فرم قابل تغییر است و در نهایت در مجموعه‌های میان مرتبه نتایج بهتری را نشان می‌دهد.

- *تاثیر تناسب و فرم هندسی مجتمع‌های مسکونی بر آسایش اقلیمی*

بر اساس یافته‌های مورد تحلیل تناسب و فرم هندسی در ارتفاع ساختمان‌های مسکونی باعث تفاوت در تابش مستقیم خورشید بر جداره‌ها و فضای باز بین آنها می‌گردد و بر افزایش سایه‌اندازی تاثیرگذار است که می-تواند شرایط حرارتی متفاوتی را ایجاد کند. تاثیر تناسب هندسی بر آسایش حرارتی عابران پیاده در فضای باز مجتمع‌های مسکونی در شهر شیراز تاثیرگذار به نظر می‌رسد و تأثیر زیادی بر شرایط آسایش حرارتی ، راحتی و سلامت مردم دارد.

از طرفی فضاهای باز با استفاده از عناصر اقلیمی و درختان و وجود آب و رطوبتی مناسب را در فضا ایجاد کرده‌اند و در مجتمع‌های میان مرتبه، بلندمرتبه و میان مرتبه نتایج متفاوتی نسبت به فرم و تناسب هندسی نشان داده است. همچنین این تاثیر از طریق قرارگیری، اندازه و نوع بازشوها، سبب بهبود شرایط در فضای بسته نیز می‌شود در این پژوهش به فضاهای داخلی اشاره نشده است و ضرورت دارد در پژوهش‌های آتی نیز به آن پرداخته شود.

نتیجه‌گیری

شاخص‌های متعددی به طور همزمان قادر به تأثیرگذاری برآسایش حرارتی می‌باشند، براساس بررسی-های صورت گرفته شاخص‌هایی همچون جهت‌گیری-ساختمان‌ها، تابش و میزان نور خورشید، جهت‌گیری باد، تناسب ساختمان‌ها، ارتفاع و فرم هندسی، در گونه‌های مجتمع‌های مسکونی شهر شیراز مورد توجه است. در این پژوهش به‌تاثیرگذاری عوامل موثر بر مورفولوژی مجتمع-های مسکونی و پارامترهای موثر بر آسایش حرارتی پرداخته شد. نهایتا پس از بررسی شبیه‌سازی ۴ الگوی مجتمع‌های مسکونی نتایج متفاوتی بدست آمد این نتایج حاکی بر آن است که تناسب، فرم هندسی، ساختار شکلی، ارتفاع و فاصله بین بلوک مجتمع‌های مسکونی تأثیر قابل توجهی را در شرایط حرارتی فضای باز میانی مجتمع‌های مسکونی داشته است. با توجه به اینکه طول سایه‌اندازی به هندسه‌های فرمی، تناسب و ارتفاع ایجاد شده متکی است، در هر مجتمع مسکونی نتایج متفاوتی را حاصل داشته است از طرف دیگر تابش مستقیم خورشید بر جداره‌های ساختمان و فضای باز و همچنین مسیر ورود باد غالب که موجب حرکت باد می‌شود، آسایش حرارتی متفاوتی را برای عابران رقم می‌زند.

با بررسی داده‌های به دست آمده از شبیه‌سازی ۴ فرم متفاوت هندسی مجتمع‌های مسکونی در زمینه آسایش حرارتی نتایج کلی زیر به دست آمده است:

- 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.
- جهت‌گیری و ارتفاع بلوک‌ها، نسبت عرض به ارتفاع، از یک سو در ایجاد و طول سایه‌اندازی که هر دو فاکتور اثر مهمی در آسایش حرارتی در فضای باز دارند.
- تناسب بین فاصله بلوک‌ها با طول سایه‌های ایجاد شده و 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 تناسب فرم هندسی مجموعه‌های مسکونی در شهر شیراز می‌تواند ایجاد آسایش حرارتی متفاوتی را برای استفاده ساکنان از فضای باز در پی داشته باشد. لذا توجه به این عوامل می‌تواند باعث بهبود در تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای پایدار، برای شهرسازان و معماران می‌شود.

منابع و ماخذ

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.

Haapio A. (2012). Towards sustainable urban communities. Environ Impact Assess Rev; 32,165-9.

Hachem C, Athienitis A, Fazio P. (2011). Parametric investigation of geometric form effects on solar potential of housing units. Sol Energy; 85,1864 -77.

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.

Jenks M, Burton E, Williams K. (1996). The compact city: a sustainable urban form? E & FN Spon, London, 1996. https://doi.org/10.4324/9780203362372.

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.

Kanters J, Horvat M. (2012). Solar energy as a design parameter in urban planning. Energy Proc; 30,1143-52.

Knowles R. (1985). Sun rhythm form. USA: Mit Press.

Lin T.P.(2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions, Build. Environ; 44 (10), 2017–2026.

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.

Matzarakis A, Mayer H. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. International Journal of Biometeoroly; 43, 76-84

Matzarakis A, Rutz F, Mayer H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environemnts - application of the RayMan model, Int. J. Biometeorology; 51,323–334.

Morello E, Ratti C. (2009). Sunscapes: 'Solar envelopes' and the analysis of urban DEMs. Computers, Environment and Urban Systems; 33, 26-34.

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 Vol 35.pp 449-467.

Nazarian N, Acero JA, Norford L. (2019). Outdoor thermal comfort autonomy: Performance metrics for climateconscious urban design. Building and Environment; 155,145-160.

Nazarian N, Sin T, Norford L. (2018). Numerical modeling of outdoor thermal comfort in 3D. Urban Climate; 26 , 212–230.

Nikolopoulou M. Lykoudis S. (2006). Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Analysis across Different European

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. Build Environ; 41, 94-108.

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.

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.

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.

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.

de Lieto Vollaro, A. (2014). Numerical study of urban canyon microclimate related to geometrical parameters. Sustainability, 6(11), 7894-7905.

Esch M.M.E.van, 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.

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

Fay R, Treloar G, Iyer-Raniga U.)2010(. Life-cycle energy analysis of buildings: a case study. Building Research Information; 28:31–41.

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.

Ghaffarianhoseini A, BerardiU, 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.

Givoni B. (1989). Urban design in different climates. Switzerland: World Meteorological Organization. WMO/TD- No. 346; World Climate Applications Programme (WCAP) - No. 10.

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.

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.

Yuen B, Wong N. H. (2005). Resident perceptions and expectations of rooftop gardens in Singapore, Landsc. Urban Plan; 73 , 263-276.

Zhang F, de Dear R, Hancock P. (2019). Effects of moderate thermal environments on cognitive performance: a multidisciplinary review, Appl. Energy ;236, 760–777.

Zhanga Ji, 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.

یادداشت‌ها

[1] *Urban Heat Island*
[2] *Nikolopoulou M*
[3] *Potchter O*
[4] *Younsi SA*
[5] *Ghaffarianhoseini A*
[6] *Envi-met*
[7] *IES-VE*
[8] *Physiological Equivalent Temperature*
[9] *RayMan*
[10] *Predicted Mean Vote*
[11] *Coccolo S*
[12] *Fanga Z*
[13] *Sozen I*
[14] *Yang X*
[15] *Guedouh M S*
[16] *DesignBuilder*
[17] *Vartholomaios A*
[18] *Kanters J*
[19] *Chatzipoulka C*
[20] *Bady M*
[21] *RayMan*
[22] *Envi-met*
[23] *RayMan*
[24] *Excel*

Countries. Building and Environment; 41, 1455-1470.

Oke TR. (1976). The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. Atmosphere; 14:268-77. [8] Oke TR. (1982). The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society; 108,1-24.

Potchter O, Cohen P, Lin TP, 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.

Ratti C, Baker N, Steemers K. (2005). Energy consumption and urban texture. Energy and Build; 37,762–76.

Ratti C, Richens P. (2004). Raster analysis of urban form. Environment and Planning B: Planning and Design; 31(2), 297-309.

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.

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.

Roshana Gh, Almomenina HS, Hirashimab S.Q.S, Attiac S. (2019). Estimate of outdoor thermal comfort zones for different climatic regions of Iran, Urban Climate; 27, 8-23.

Sanaieian H, Tenpierik M, Linden K, Mehdizadeh Seraj F, Mofidi Shemrani SM. (2014). Review of the impact of urban block form on thermal performance, solar access and ventilation. Renewable and Sustainable Energy Reviews; 38, 551-560.

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.

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.

Vega -Azamar RE, Glaus M, Hausler R, Oropeza-García NA, Romero López R. (2013). An emergy analysis for urban environmental sustainability assessment, the Island of Montreal, Canada. Landscape and Urban Planning; 118:18-28.

Wissen Hayek U, Grêt -Regamey A. (2012). Collaborative urban modelling platform–facilitating incorporating of ecosystem services into planning for sustainable urban patterns. TEEB Conference. Leipzig, Germany.

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.