

فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۸، شماره پیاپی ۲۹، بهار ۱۳۹۷

شاپای چاپی: ۶۷۳۵-۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱-۲۴۲۳

<http://jzpm.miau.ac.ir>

سنجش تأثیر هندسه شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرد اقلیم؛ (مورد پژوهی: فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت شیراز)

سیناکرمی راد؛ کارشناس ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

محمدعلی آبادی: استادیار گروه معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

امین حبیبی: استادیار گروه معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۰

صص ۱۶۱-۱۷۲

دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

چکیده

از نکات قابل توجه در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و طراحی شهری، توجه به آسایش حرارتی عابران پیاده در طراحی مجموعه‌های شهری است. شناخت رابطه بین متغیرهای اقلیمی مؤثر بر آسایش حرارتی و هندسه ساختار شهری ایجادشده در فضاهای شهری، امکان ارائه راهکارهای مناسب جهت افزایش کیفیت محیط‌های باز را به وجود می‌آورد. یکی از این عوامل کلیدی بر آسایش حرارتی، دمای متوسط تابشی می‌باشد، که نسبت به بقیه عوامل اقلیمی بیشترین تأثیر بر آسایش حرارتی بیرونی در فضاهای باز شهری نیز دارد. از این رو فرضیه پژوهش با تمرکز بر "هندسه شهری و عوامل شکل دهنده‌ی آن (ضریب دید آسمان، تناسبات دره شهری، جهت‌گیری) که تأثیر بسزایی در تعیین و ایجاد شرایط آسایش حرارتی بیرونی در فضای باز شهری دارد"، شکل گرفته‌است. در این راستا، روش تحقیق به کار رفته در این مقاله به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و به لحاظ روش‌شناسی روش تحقیق کمی است. لذا تحقیق بر پایه‌ی دو راهبرد استدلال منطقی تجزیه و تحلیل منابع کتابخانه‌ای از یک سو و سنجش کمی، بر پایه‌ی نرم‌افزار (*ENVI-met 4 basic*) از سوی دیگر بنا شده است؛ که به تحلیل فضای باز مجموعه مسکونی منتخب (گلدشت شیراز) می‌پردازد. در این پژوهش، با انتخاب نه نقطه در سایت مورد نظر به بررسی متغیرهای اقلیمی پرداخته که بر اساس آن با به دست آوردن شاخص آسایش حرارتی *PMV* به مقایسه عوامل هندسه شهری بین نقاط مذکور پرداخته شده است. تجزیه و تحلیل اطلاعات رأس دو ساعت ۹ و ۱۷ صورت گرفته‌است. که به ترتیب ضریب $R=0.86$ و 0.84 در این رابطه افزایش "دمای متوسط تابشی" منجر به افزایش "استرس حرارتی" محیط شده و بنابراین کاهش آسایش حرارتی را برای عابران پیاده در پی خواهد داشت. در پایان یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد توجه به چگونگی طراحی هندسه شهری و عوامل تأثیرگذار آن از قبیل ضریب دید آسمان، تناسبات دره شهری و جهت‌گیری در خلق فضاهای باز شهری باکیفیت در فصول گرم سال اهمیت شایانی دارد.

واژه‌های کلیدی: خرداقلیم شهری، هندسه شهری، آسایش حرارتی بیرونی، *ENVI-met*

بیان مسأله:

در سال‌های اخیر رشد جمعیت جهان به شدت رو به افزایش است. کلان‌شهرها به وجود آمدند و به شهرهای میلیونی تبدیل گردیده‌اند (Fent, 2008). وظیفه معماران و طراحان شهری، در تطبیق افزایش تعداد جمعیت جهانی در مناطق شهری (که ۳٪ از سطح زمین را پوشش می‌دهد)، بسیار چالش برانگیز شده است، خصوصاً اگر هدف بر پایه‌ی فرآیند طراحی پایدار باشد. علاوه بر این؛ مطالعات و بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی معمولاً در فرآیند طراحی شهری مورد اهمال و کوتاهی قرار گرفته است. این عامل می‌تواند به علت کمبود فعالیت‌های میان رشته‌ای و محدودیت‌های انتقال دانش در فعالیت‌های طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای معماران و برنامه‌ریزان شهری باشد (Jamei and Rajagopalan, 2015:907). چگونگی بهره‌گیری معماران و شهر سازان از مطالعات اقلیمی باعث جلوگیری از شکل‌گیری پدیده‌ی جزیره گرمایی (UHI) می‌شود. این پدیده منجر به ایجاد نوسانات هوایی و تغییر سطح درجه حرارت در مراکز شهری در طول روز و شب نسبت به مناطق پیرامونی شهر می‌شود؛ بررسی این مسئله در مناطق مختلف شهری در سراسر جهان نشان از رابطه‌ی عمیق با محل و منطقه‌ی آب و هوایی، فرم شهری، ابنیه و پوشش گیاهی هر سایت دارد (Targhi and Van Dessel, 2015:1155). (Salata, Golasi, Vollaro, and Vollaro, 2015:32)

فضاهای باز عمومی در زندگی امروزی در برگرفته‌ی بخش عظیمی از فعالیت‌های روزمره فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی است. فضاهای باز موفق، مردم را به گذران اوقات و ایجاد زندگی در محیط شهری دعوت می‌کنند. ایجاد شرایط آسایش حرارتی فضای بیرونی می‌تواند باعث تشویق به پیاده‌روی در شهرها شده و بهبود سلامت عمومی و هوای پاک را به دنبال داشته باشد (Targhi and Van Dessel, 2015:1153). بخش زیادی از این تعاملات که بین ساختمان‌ها اتفاق می‌افتد، متأثر از شرایط محیطی مکان مورد نظر است. عوامل محیطی - فیزیکی چون جابه‌جایی هوا، توزیع دما، دریافت پرتوهای خورشیدی، خرداقلیم یک فضای شهری را شامل می‌شوند (Szűcs, 2013:52). این معیارها مجموعاً در تبیین آسایش حرارتی محیط بیرونی تأثیرگذار هستند. با توجه به سابقه طولانی‌تر معماری در مقایسه با طراحی شهری، بسیاری از پژوهش‌های گذشته، روش‌ها و معیارهای سنجش آسایش حرارتی در فضاهای داخلی را به فضاهای بیرونی تعمیم می‌دادند (Coronel and Alvarez, 2001:265). این در حالی بود که فضاهای باز واقعی خصوصیات متفاوتی داشتند. روش‌های متعددی به‌عنوان شاخص آسایش حرارتی از سال ۱۹۸۰ تاکنون بیان شده است (PMV^۱, PET^۲, PPD^۳, UCHI^۴). در این پژوهش از شاخص PMV جهت تعیین آسایش حرارتی استفاده شده است. در روش‌های جدید بر اهمیت برجسته اشعه تابشی بر تعادل گرمایی بدن انسان تأکید شده است (Toudert, 2005:325). و تأثیراتی که کالبد فضاهای شهری از طریق دمای متوسط تابشی بر روی آسایش حرارتی عابر پیاده می‌گذارند مورد توجه قرار گرفته است (Krüger, Minella, and Rasia, 2011:76). تحقیقات حاکی از آن است که ساختار و پیکربندی شهری شامل محیط طبیعی و مصنوعی، باعث شکل‌گیری شرایط خرداقلیم متفاوت می‌گردد (Charalampopoulos, Tsiros, Chronopoulou-Sereli, & Matzarakis, 2013:218).

این خصوصیت که تحت عنوان هندسه شهری در اغلب موارد مطرح شده است متغیرهای مختلفی را در برمی‌گیرد. از طرفی برای تحلیل شرایط آسایش حرارتی خرداقلیم یک منطقه شهری توجه به انتخاب مدل‌های شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عموماً مدل‌های اقلیمی شهری، بر اساس مقیاس جغرافیایی دسته‌بندی می‌شوند (شکل ۱). مدل‌ها بر اساس زمینه‌ی کالبدی و دقت دمایی و فضایی‌شان تفاوت دارند (hunter, 1995:23). مدل‌های دره‌های شهری^۵، جریان‌های انرژی را بر اساس شکل مقطع عرضی خیابان یا بناهای هم‌شکل و هم‌ارتفاع، سطوح خشک، پوشش گیاهی و گرمای ذخیره‌شده در بافت مصالح

¹ Urban Heat Island

² Thermal comfort

³ Predicted Mean Vote

⁴ Physiological Equivalent Temperature

⁵ Predicted Percentage Dissatisfied

⁶ Universal Thermal Climate Index

⁷ Urban Canyons

ساختمانی، پیش‌بینی می‌کنند (Herbert et al., 1998:268). از آنجایی که مدل‌های ایجاد شده در *ENVI-met* یکی از مناسب‌ترین مدل‌ها برای تحلیل خرداقلیم شهری است، لذا در این پژوهش با انتخاب این مدل به بررسی عوامل تأثیرگذار هندسه شهری بر آسایش حرارتی بیرونی، در سایت انتخابی گلدشت پرداخته شده است. تا این فرضیه که "هندسه شهری و عوامل شکل دهنده‌ی آن (ضریب دید آسمان، تناسب دره شهری، جهت‌گیری) تأثیر بسزایی در تعیین و ایجاد شرایط آسایش حرارتی بیرونی در فضاهای باز شهری دارد." مورد راستی آزمایشی قرار گیرد. برای تأیید یا رد فرضیه طرح شده، پاسخ به سؤال ذیل ضروری می‌نماید:

- ۱- عوامل مؤثر بر هندسه شهری کدامند؟
- ۲- نقش "دمای متوسط تابشی" به‌عنوان عامل اثرگذار بر هندسه شهری در ایجاد شرایط آسایش حرارتی بیرونی به چه میزان می‌باشد؟
- ۳- آیا رابطه‌ی معناداری بین دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی (*PMV*) وجود دارد؟

پیشینه نظری تحقیق:

رابطه بین فاکتورهای طراحی شهری و آسایش حرارتی عابران پیاده، در سال‌های اخیر مورد استقبال محققین بسیاری بوده است (Jamei and Rajagopalan, 2015; Middel, Hüb, Brazel, Martin, and Guhathakurta, 2014). تعدادی از مطالعات در زمینه‌ی تأثیر جریان باد بر طراحی شهری صورت پذیرفته است که اثرگذاری تهویه بر تغییرات دمایی و آسایش حرارتی را گزارش می‌دهد (Timothy R Oke, 1982; Szűcs, 2013). تأثیر طراحی شهری بر دریافت تابش خورشیدی و اثرات آن بر آسایش حرارتی عابران پیاده، بخشی از مطالعات را به خود اختصاص داده است. (Al-Kurdi and Awadallah, 2015; Lin, 2010; Matzarakis and Hwang, 2010). از جمله سایر جنبه‌های مطالعه در این حوزه بررسی تأثیر عوامل هندسه شهری مانند نسبت ارتفاع به پهنا، جهت‌گیری، ضریب دید آسمان^۲ و گشودگی‌های شهری بر آسایش حرارتی بوده است (Ali-Toudert and Bougiatioti, Evangelinos, Poulakos, and Zacharopoulos, 2008; Behzadfar, Manaam; 2011; Mayer, 2007; Andrade and Alcoforado, 2008). عملکرد ساختمان‌ها و نوع مصالح و خصوصیت‌های فیزیکی آن‌ها نیز مورد اشاره قرار گرفته است (Tahbaz, Jaliliyan, 2016; ۲۰۰۹; Santamouris et al., 2012). تأثیر پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در سطوح مختلف فضای باز شهری در پارک‌ها، خیابان‌ها و حیاط نیز مورد سنجش قرار گرفته است (Lin, Tsai, Hwang, and Matzarakis, 2012; Yilmaz and Matzarakis, 2015). در ایران مطالعات اندکی در مورد خرداقلیم شهری انجام پذیرفته است. در شیراز با توجه به اقلیم گرم و خشک خود، مطالعاتی در این زمینه انجام نشده است، همچنین توجه به آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در مجتمع‌های مسکونی مورد غفلت قرار گرفته است. با توجه به تفاوت شرایط اقلیمی ایجاد شده در هر خرداقلیم شهری، هر پژوهش در این زمینه می‌تواند نتایج قابل ملاحظه‌ای را برای مطالعه و تحلیل پژوهشگران ایجاد نماید.

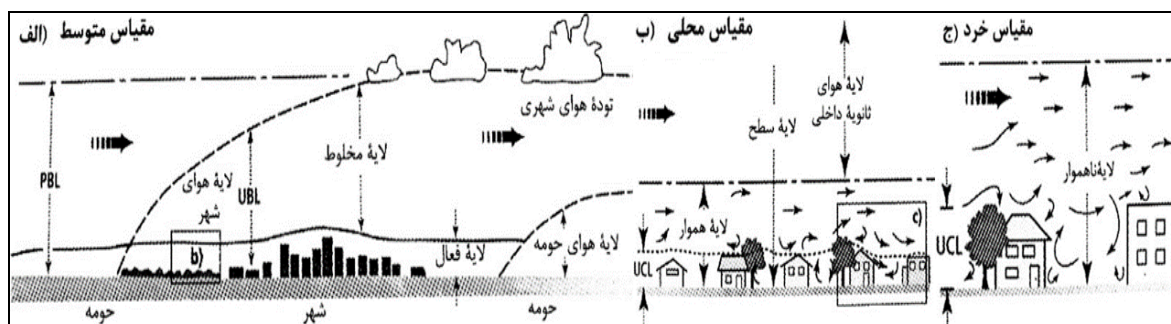
خرد اقلیم شهری: تغییرات اقلیم شهری باعث توجه خاص به اقلیم شهری در جهت برنامه‌ریزی‌های پایدار شهری شده است. مدل‌های خرداقلیم شهری می‌تواند دانش اقلیم، در سطح بلوک‌های ساختمانی را فراهم کند (Heldens, Heiden, Esch, 2017:106). جهت تحلیل‌های خرداقلیم شهری عوامل مختلفی وجود دارد که این عامل مؤثر خود شامل هندسه‌ی خیابان، جهت‌گیری، ارتفاع به پهنا دره‌های شهری (*H/W*) است. علاوه بر عوامل فوق، شاخصه‌ی ضریب دید آسمان (*SVF*) و نقش آن در آسایش حرارتی خرداقلیم، یک بعد جدید به مطالعات شهری اضافه کرده است. این عوامل می‌توانند خرداقلیم‌های متفاوتی را از لحاظ آسایش حرارتی به‌وجود آورند (Targhi and Van Dessel, 2015:1154). (Middel et al., 2014). برای خرداقلیم شهری در مناطق گرم و خشک تحقیقات سایه‌های بیشتر بر سطح خیابان را برای شرایط گرم تابستانی نشان می‌دهند (Al-Kurdi and Awadallah, 2015:43). می‌توان مقیاس‌های اقلیم

^۱ در این تحقیق، از نسخه *ENVI-met 4 Basic* (عرضه شده در سال ۲۰۱۶)، استفاده گردیده است.

^۲ Sky View Factor

شهری فضای باز را در سه گروه، ۱. اقلیم میانه شهری^۲، ۲. اقلیم محلی شهری^۳، ۳. اقلیم خرد فضاهای باز^۱ تقسیم کرد. (شکل

(۱)



شکل ۱- مقیاس‌های اقلیم شهری: (الف) مقیاس میانه (ب) مقیاس محلی (ج) مقیاس خرد (Oke, 2006).

عوامل مؤثر بر هندسه شهری:

در مطالعات شهری، خیابان‌ها با ویژگی‌های هندسی خاص خود و به دلیل شباهتشان به فرم هندسی دره‌های طبیعی به‌عنوان "دره‌های شهری" شناخته می‌شوند. دره شهری را می‌توان "به فضای بازی که در مناطق شهری مترامک بین خیابان‌های محدودشده از طریق دو ردیف از بلوک‌های ساختمانی، ایجادشده است"، تعریف کرد (de Lieto Vollaro, De Simone, Romagnoli, Vallati, and Botillo, 2014:7895). دره‌های شهری ۲/۳ فضاهای شهری را اشغال و از همین رو نقش مهمی در تعادل تابشی و آسایش حرارتی بیرونی ایفا می‌کنند. هندسه دره‌های شهری نقش اساسی در صرفه‌جویی ۳۰٪ انرژی در ساختمان‌های تجاری و ۱۹٪ در ساختمان‌های مسکونی ایفا می‌کنند. دره‌های شهری و تأثیرشان بر آسایش حرارتی عابران پیاده از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی، شبیه‌سازی‌ها و مطالعات تونل‌های باد مورد بررسی و آزمایش وسیع قرار گرفته‌اند (Jamei, Rajagopalan, Seyedmehmoudian, and Jamei, 2016:1004). شرایط حرارتی در دره‌های شهری یک موضوع مهم برای خرداقلیم شهری است، که در میزان مصرف انرژی ساختمان‌ها اثرگذار و تأثیر زیادی بر شرایط آسایش حرارتی و سلامت مردم دارد.

نسبت ارتفاع به پهنا (H/W): یکی از عوامل کلیدی هندسه دره شهری نسبت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان است که به نسبت میانگین ارتفاع ساختمان‌ها در محدوده‌ی مورد نظر به پهناي آن خیابان تعریف می‌شود (Tim R Oke, 1988:104). اگر نسبت ارتفاع به پهنا برابر یک باشد، محدوده شهری دارای دره شهری یکنواخت با عمق متوسط است و اگر این نسبت به ۰/۵ نزدیک شود دارای دره شهری کم‌عمق و اگر برابر با ۲ باشد دره شهری عمیقی را شامل می‌شود (Ahmad, Khare, and Chaudhry, 2005:703). مطالعات متعددی در زمینه‌ی آسایش حرارتی بیرونی رابطه‌ی مستقیم میان آسایش حرارتی عابر پیاده و نسبت ارتفاع به پهنا را نشان می‌دهد. دلیل اصلی این ارتباط، تأثیر مستقیم تابش بر سطح خیابان‌ها است که با افزایش سایه‌اندازی در اقلیم‌های گرم به‌عنوان شاخص اصلی رضایت‌مندی شهری عابران در نظر گرفته می‌شود. خیابان‌های باریک سایه‌اندازی بهتری به‌وسیله ساختمان‌ها برای عابران پیاده نسبت به خیابان‌های پهن ایجاد می‌کنند (Lin et al., 2010:215).

جهت‌گیری خیابان: جهت‌گیری خیابان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های هندسه‌ی شهری است. این پارامتر در تعیین میزان ورود نور و سرعت باد در دره‌های شهری تأثیرگذار است که و در نتیجه آن بر آسایش حرارتی در سطح عابران پیاده تأثیر قابل‌توجهی دارد (Yang, Qian, and Lau, 2013:125). بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که نقش جهت‌گیری خیابان‌ها در آسایش حرارتی عابران پیاده و انتخاب آن کاری دشوار است، به‌خصوص در اقلیم‌های معتدل که در آن یک رابطه نزدیکی بین عملکرد فصل سرد و گرم مورد نیاز است. جهت‌گیری مطلوب بسته به نوع آب و هوای منطقه و نیاز

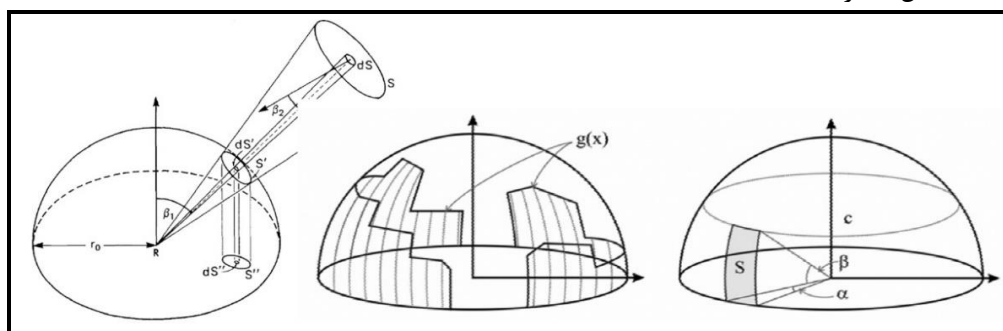
¹ Urban Mesoscale

² Urban Local scale

³ Microclimate

به خورشید یا سایه، نسیم یا جلوگیری از باد، می‌تواند متفاوت باشد (Abreu-Shashua-Bar and Hoffman, 2004:197) (Harbich et al., 2014:338).

ضریب دید آسمان: از عوامل دیگر تأثیرگذار هندسه شهری بر خرداقلیم که رابطه متناظری با ارتفاع و هندسه ساختمان‌ها در بافت شهری دارد، ضریب دید آسمان (SVF) است، به نسبت میزان تابش دریافتی سطح صاف، از نیمکره آسمان که از نقطه مرکزی داده‌شده بر روی سطح دیده می‌شود ضریب دید آسمان گفته می‌شود (Behzadfar, Jamei et al., 2016:1006) (Manaam, 2011:24). این عامل یک عدد بدون بعد بین ۰ تا ۱ است. همچنین یک عامل مهم در ایجاد و کنترل اثر جزیره گرمایی است (T. Oke, Johnson, Steyn, and Watson, 1991:312). در نواحی شهری، ضریب دید آسمان در هر نقطه به دلیل موانع در آسمان شهری کمتر از ۱ است. (شکل شماره ۲).

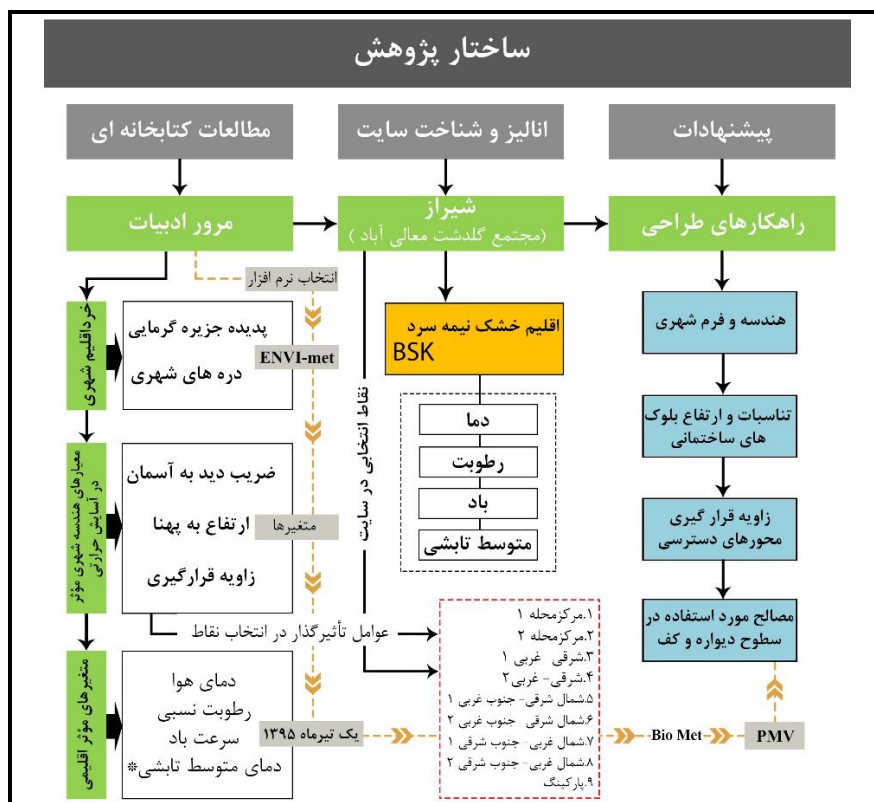


شکل ۲- محاسبات ضریب دید آسمان (Steyn, 1980:225 Unger, 2008)

روش تحقیق:

روش تحقیق به کار رفته در این مقاله به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی است و از نظر روش‌شناسی روش تحقیق کمی است. روش‌های کمی از روش‌ها و تکنیک‌های عینی نظیر آزمایش‌های تصادفی سازی شده، شبه آزمایش، آزمون‌های "عینی" برای مشاهده، شناخت و تبیین رفتارها و پدیده‌ها استفاده می‌کنند که در این مقاله نقش شبیه‌سازی و تحلیل داده‌ها و سنجش با به کارگیری نرم‌افزار ENVI-met^۲ انجام شده است و جهت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق از استدلال منطقی بهره گرفته شده است (Groat, L., and Wang, D. 2010:361).

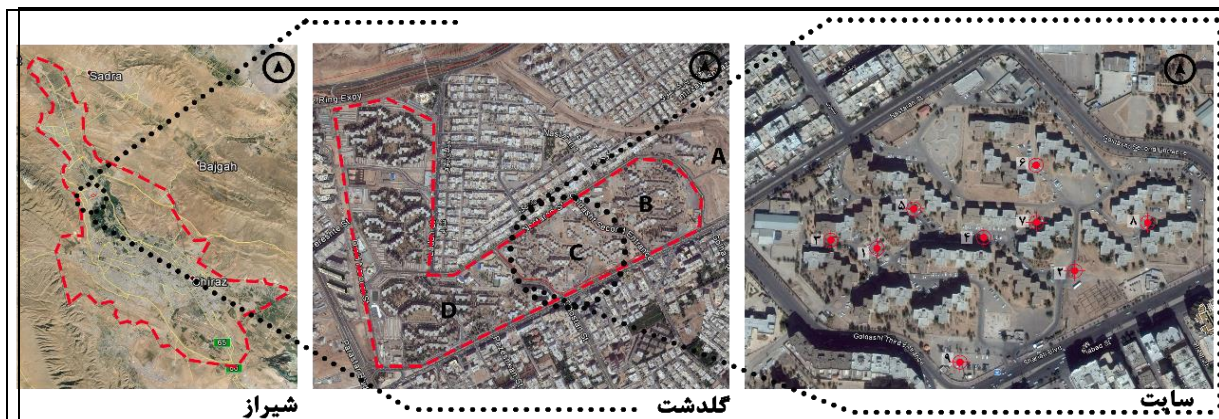
این مقاله بر پایه دستیابی به تأثیرات عوامل هندسی و فرم شهری در طراحی سایت استوار گردیده است، به طریقی که بتواند هرچه بیشتر در کاهش اثرات پدیده جزیره گرمایی و رسیدن به آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری و مجتمع‌های مسکونی بیانجامد. هدف این مقاله پاسخ به این سؤال است که: تأثیر تناسب هندسی و ضریب دید آسمان و دمای متوسط تابشی بر آسایش حرارتی عابران پیاده در فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت چگونه و به چه میزان است؟ در شکل شماره ۳ روند ساختار پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۳- روند ساختار پژوهش. منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵.

مطالعه نمونه موردی و آزمون تحقیق:

این مقاله به بررسی مجتمع مسکونی گل‌دشت، واقع در شهر شیراز (با مختصات $29^{\circ}60'N$ $52^{\circ}53'E$ و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۴۰ متر) استان فارس، ایران، با آب‌وهوای خشک نیمه سرد (بر اساس طبقه‌بندی شاخص کوپن) می‌پردازد. مجتمع مسکونی موردنظر بزرگ‌ترین مجتمع مسکونی شیراز با ۵۰۰۰ واحد مسکونی می‌باشد که در محدوده شمال غربی شیراز واقع شده است. سایت شماره ۴ با توجه دارا بودن خصوصیات هندسی مناسب خود (شکل ۴) به‌عنوان بخشی از تحلیل این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. محدوده انتخاب‌شده با مساحت ۱۲ هکتار و دارای ۵۳ بلوک ساختمانی با طبقات بین ۱۰ (۳۰ متر) تا ۴ طبقه (۱۲ متر) می‌باشد.



شکل ۴- موقعیت سایت و نقاط مورد تحلیل. (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

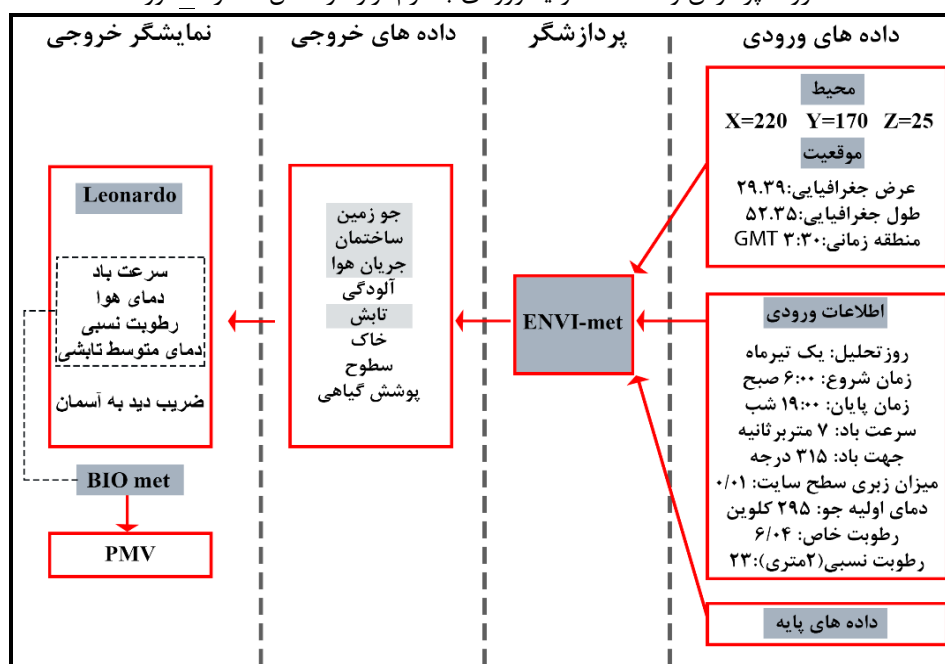
گیرنده‌های مجازی^۱ داده‌های محیطی در ۹ نقطه از محدوده سایت، در مرکز محله‌ها و محورهای دسترسی و پارکینگ قرار گرفته تا هر چه بیشتر تأثیر هندسه فضای باز را بر روی آسایش حرارتی عابران پیاده را داشته باشند. در جدول شماره ۱ موقعیت، جهت‌گیری و عوامل هندسی دیگر نقاط را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات نقاط انتخابی

نقاط	خصوصیت مکانی و جهت‌گیری	ضریب دید آسمان	H/W	مصالح
۱	مرکز محله	۰/۶۲	۰/۱۷	خاک، آسفالت، سیمان
۲	مرکز محله	۰/۸۸	۰/۱۳	خاک، آسفالت
۳	محور شرقی-غربی	۰/۳۸	۰/۶۶	آسفالت، چمنزار
۴	محور شرقی-غربی	۰/۵۲	۰/۵۴	آسفالت، سیمان
۵	محور شمال‌غربی-جنوب‌شرقی	۰/۴۲	۰/۵	آسفالت، سیمان
۶	محور شمال‌غربی-جنوب‌شرقی	۰/۶۳	۰/۲۵	آسفالت، خاک
۷	محور شمال‌شرقی-جنوب‌غربی	۰/۶۲	۰/۳۵	آسفالت، خاک
۸	محور شمال‌شرقی-جنوب‌غربی	۰/۵۳	۰/۴۶	آسفالت
۹	پارکینگ	۰/۸۶	-	آسفالت

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵.

داده‌های آب و هوایی وارد شده به نرم‌افزار بر اساس داده‌های آب و هوایی پنجاه‌ساله (برگرفته از سایت رسمی *Energyplus.com*) شیراز انتخاب شده و با نرم‌افزار *weather tool* مورد بررسی قرار گرفته و خروجی ساعتی گرفته شده است؛ که برای تاریخ یک تیرماه وارد نرم‌افزار *ENVI-met* شود. همچنین برای محاسبه میزان *PMV* با کمک نرم‌افزار *Bio met*^۲ مقادیر آن به دست آمده است. روند پردازش و اطلاعات اولیه ورودی به نرم‌افزار در شکل شماره ۵ آورده شده است.

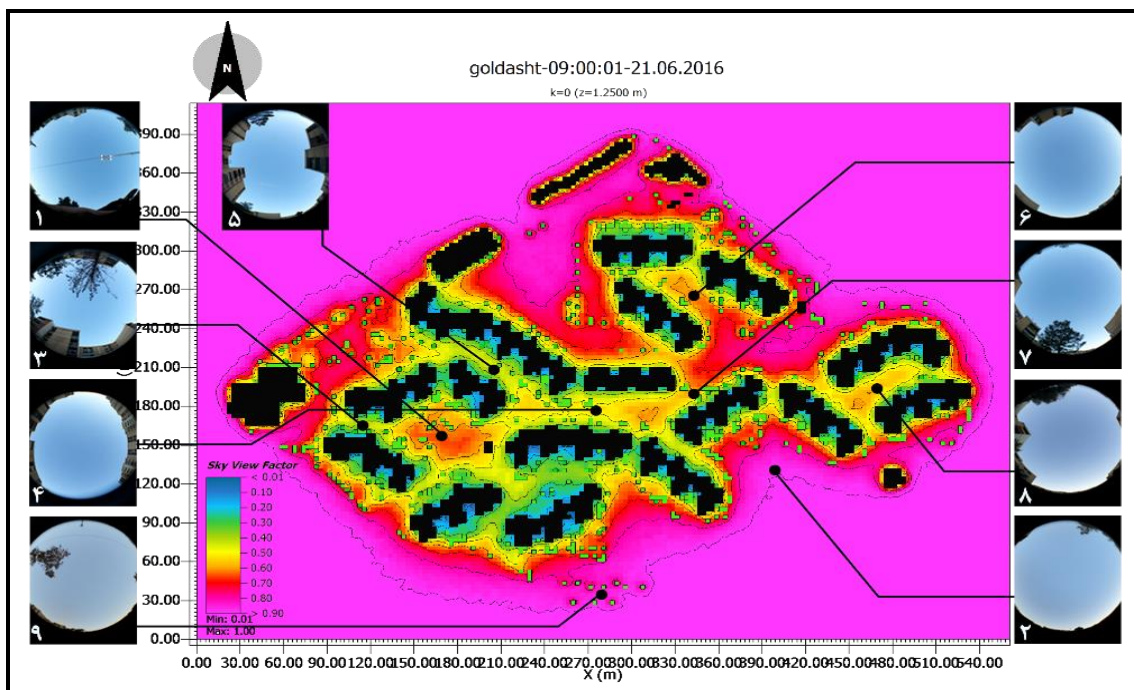


شکل ۵- روند پردازش و اطلاعات ورودی به نرم‌افزار. منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵.

¹ Receptor^۲ یک ابزار محاسبه کننده می‌باشد، که بر اساس داده‌های خروجی نرم‌افزار انوی‌مت و تنظیمات پارامترهای افراد، شاخص آسایش حرارتی انسان را محاسبه می‌کند.

یافته‌های تحقیق:

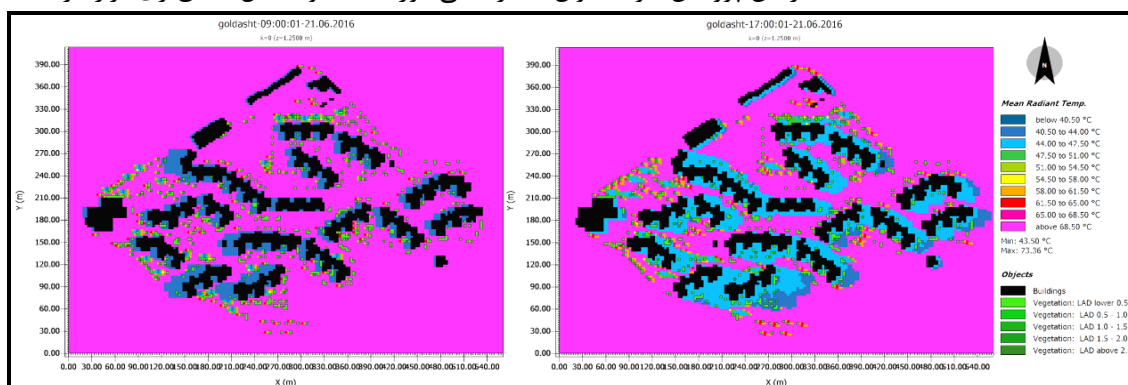
پس از اجرای مدل‌سازی، خروجی‌های مدل اقلیمی توسط نرم‌افزار *ENVI-met* برای دو مقطع زمانی صبح (ساعت ۹:۰۰) و بعدازظهر (ساعت ۱۷:۰۰) در تاریخ یک تیرماه محاسبه و داده‌های عددی به‌وسیله نرم‌افزار *excel* خروجی گرفته‌شده و سپس برای نمایش گرافیکی، با توجه به خروجی‌ها و به کمک نرم‌افزار *Leonardo* قابل‌استخراج گردیده‌اند. تمامی خروجی‌ها در سطح عابران پیاده در ارتفاع ۱/۲۵ گرفته‌شده است. در ۹ نقطه انتخابی، "ضرایب دید آسمان" از طریق شبیه‌سازی به‌دست‌آمده است. این میزان از ۰/۳۸ در محصورترین محور (نقطه شماره ۳) تا ۰/۸۸ در گسترده‌ترین فضا (نقطه شماره ۲) را در برمی‌گیرد. تصاویر این نقاط به‌وسیله لنز *Fisheyes* (جهت تصویربرداری از کره‌ی آسمان) مطابقت داده‌شده است. (شکل شماره ۶)



شکل ۶- مقایسه و نمایش ضریب دید به آسمان در نقاط مورد تحلیل پروژه. منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵.

دمای متوسط تابشی:

نتایج اصلی‌ترین عامل اثرگذار بر هندسه شهری در ایجاد شرایط آسایش حرارتی مناسب را دمای متوسط تابشی بیان می‌کند (Targhi & Van Dessel, 2015). در این پژوهش نیز به‌عنوان معیار اصلی مورد تأکید و تحلیل عمیق‌تری قرار گرفته است.

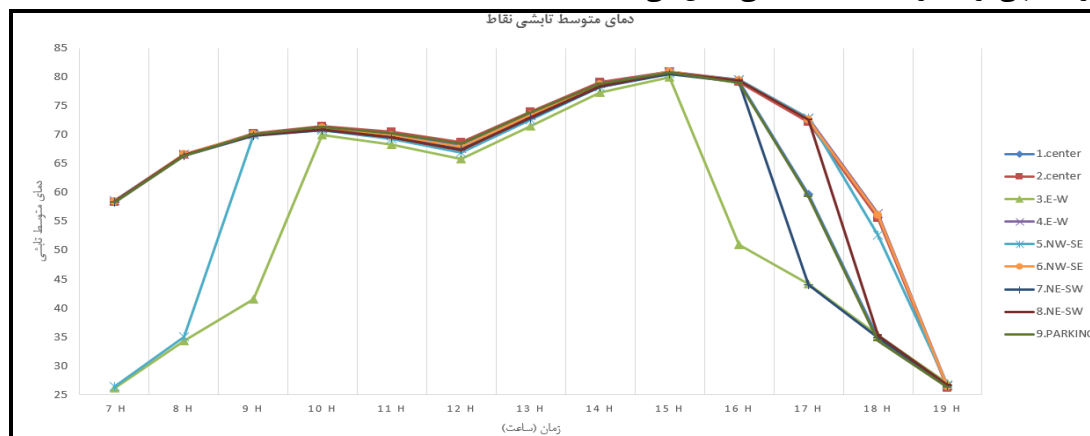


شکل ۷- توزیع دمای متوسط تابشی، ۹ صبح (چپ) و ۱۷ بعدازظهر (راست). منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵.

۱. ابزاری برای نمایش انواع نمودارهای خروجی، از داده‌های شبیه‌سازی‌شده انوی‌مت می‌باشد.

در نمودار بالا دمای متوسط تابشی در دو زمان ۹ صبح و ۱۷ بعدازظهر نمایش داده شده است. در شکل ۸ تغییرات دمای متوسط تابشی از ساعت ۷ صبح تا ۷ شب در بازه طول روز و استفاده عابران از محیط بیرونی خروجی گرفته شده است. همان‌طور که در این نمودار می‌توان دید، در ساعت‌های بین ۱۰ تا ۱۵ دمای تشعشعی برای همه نقاط ثابت است، اما دونقطه ۳ شرایط را می‌توان در سایه‌اندازی ناشی از ساختمان‌های مجاور بر این محورها دانست؛ البته این وضعیت در ظهر به دلیل موقعیت خورشید مستثنا است. در ساعت ۱۵ بعدازظهر دما به بالاترین حد خود در طول روز رسیده و پس از آن با نزدیک شدن به غروب خورشید با سیر نزولی دما مواجه خواهیم بود. این وضعیت در تمامی نقاط مورد مطالعه به همین ترتیب است، اما سرعت تغییرات در دره شهری شرقی-غربی و شمال شرقی-جنوب غربی سریع‌تر و زودتر رخ می‌دهد. این مسئله به دلیل موانع مصنوعی در برابر تشعشعات خورشیدی در این جهات، امری طبیعی و قابل توجیه به نظر می‌رسد.

در بقیه نقاطی که ضریب دید آسمان آن‌ها بیشتر از ۰/۵ و نسبت ارتفاع به پهنا آن‌ها کمتر از ۰/۵ می‌باشد، با جذب نور خورشید در بیشتر طول روز دارای دمای متوسط تابشی یکسانی می‌باشند؛ اما در نقطه شماره ۷ با جهت‌گیری شمال شرقی-جنوب غربی این شرایط به دلیل سایه‌اندازی ساختمان در بعدازظهرها بر محور آن باعث سرد شدن سریع آن دره شهری نسبت به سایر نقاط ذکر شده است. سطح میدان شهری (نقطه ۱ و ۲) و پارکینگ (نقطه ۹) با توجه به خصوصیات هندسی نزدیک به هم رفتار مشابهی از تغییرات دمای تشعشعی نشان می‌دهند.

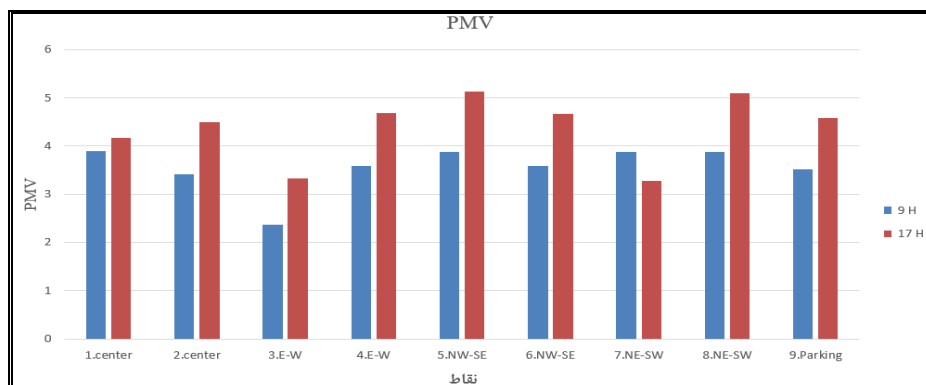


شکل ۸- دمای متوسط تابشی نقاط، در بازه زمانی ۷ صبح تا ۱۹ بعدازظهر. منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵.

با مقایسه ضریب دید آسمان و دمای متوسط تابشی نقاط، می‌توان رابطه معناداری میان این دو عامل پیدا کرد، بنابراین با افزایش میزان "ضریب دید آسمان" در فضاهای باز افزایش تابش مستقیم خورشید و در نتیجه افزایش دمای متوسط تابشی را خواهیم داشت.

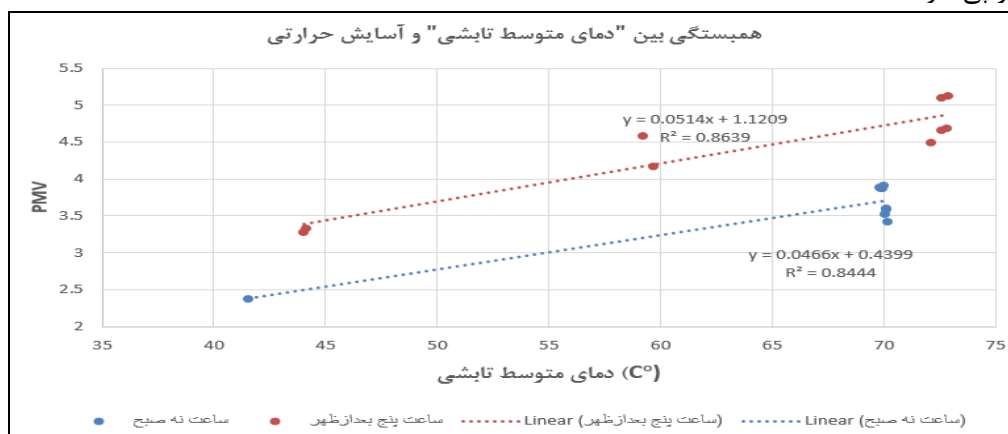
با توجه به نمودار ۸ و مقایسه آن با نمودار ۹ در دو ساعت ۹ و ۱۷ می‌توان تأثیر مستقیم دمای متوسط تابشی بر آسایش حرارتی را متوجه شد، در همه نقاط مقدار آسایش حرارتی بر اساس شاخص PMV ، صبح از مقدار آن در عصر کمتر می‌باشد به جز نقطه شماره ۷ که با توجه به سایه‌اندازی ساختمان مجاور خود در بعدازظهرها آسایش حرارتی بهتری را ایجاد کرده است. نقطه ۳ بهترین شرایط آسایش را در تابستان برای عابران پیاده دارد در صورتی که نقطه ۵ با توجه به ضریب دید آسمان کم نسبت به بقیه نقاط استرس حرارتی^۱ زیادی را برای عابران مخصوصاً در بعدازظهر ایجاد کرده است که این نشان از اهمیت جهت‌گیری در طراحی مجتمع‌های مسکونی دارد.

¹ Heat Stress



شکل ۹- آسایش حرارتی در نقاط انتخابی. منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵.

در بسیاری از مطالعات در زمینه آسایش حرارتی به رابطه معنادار دو عامل آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی تأکید شده است. (Al-Kurdi and Awadallah, 2015; Lin, Matzarakis, and Hwang, 2010). در این پژوهش نیز با توجه به تجزیه و تحلیل اطلاعات صورت گرفته در دو ساعت مورد بررسی که به ترتیب ضرایب $R = 0.84$ و $R = 0.86$ به دست آمده است (شکل ۱۰) نشان از همبستگی معناداری مابین "دمای متوسط تابشی" با "شاخص آسایش حرارتی PMV" دارد. به گونه‌ای که افزایش مقدار دمای متوسط تابشی در فضاهای باز شهری باعث افزایش استرس حرارتی عابران پیاده شده و کاهش آسایش حرارتی را در پی خواهد داشت.



شکل ۱۰- همبستگی دمای متوسط تابشی و آسایش حرارتی. منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها:

هدف این پژوهش سنجش تأثیر عوامل هندسه شهری بر آسایش حرارتی عابران پیاده می‌باشد، عوامل هندسی بررسی شده باعث تفاوت در تابش مستقیم خورشید بر جداره‌ها و سطح شهر می‌شود، این عامل آسایش حرارتی متفاوتی را برای عابران رقم می‌زند. توجه به این عوامل باعث بهبود در تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای پایدار، برای شهرسازان و معماران می‌شود. پیشنهاد می‌شود که در مجتمع‌های مسکونی ساختمان‌های بلند و کوتاه به صورت یکپارچه در کنار یکدیگر قرار گیرند، برای شهرهای اقلیم گرمسیری ساختمان‌های بلند امکان فراهم کردن هوای بهتر در طول روز را برای عابران فراهم می‌آورد. وجود ساختمان‌های میان مرتبه در جنوب که مانع از ورود تابش در زمستان نشود و ساختمان‌های بلند در دو جبهه جنوب غرب و شمال غرب برای جلوگیری از تابش در بعدازظهرهای تابستان پیشنهاد می‌گردد.

توجه به تأثیر جهت‌گیری در مناطق مسکونی برای جلوگیری از تابش، یکی از اصلی‌ترین عوامل می‌باشد، هرچند نباید از مسیر ورود باد غالب که موجب حرکت باد در مجموعه مسکونی می‌شود و آسایش حرارتی را در پی خواهد داشت غافل شد. مجتمع مسکونی گلدشت جهت‌گیری مناسبی نسبت به نسیم‌های موجود در بیشتر اوقات دارد. مصالح سطوح باید در کاهش

دمای محیط مؤثر باشند و همچنین باید تعادلی میان انعکاس و جذب تابش خورشیدی به وجود آورند تا آسایش حرارتی را در طی روز ایجاد کنند و جزیره حرارتی را در طی شب تسکین دهد.

یک درخت در جای مناسب، یک سایبان افقی جهت مقابله با تابش مستقیم و حتی یک فضای بدون مانع در بین ساختمان‌ها برای هدایت باد می‌توانند آسایش حرارتی را برای عابران در پی داشته باشد. یک سایبان بزرگ از درختان در غرب یا شمال غرب هر ساختمان و محور پیاده لازم است تا از تأثیر منفی تابش خورشید با دمای بالا در بعدازظهرهای گرم تابستان جلوگیری کند. با افزایش ساخت‌وساز، تراکم و ارتفاعات ساختمانی در مجتمع‌های مسکونی، باعث تغییر در هندسه و فرم مجتمع‌ها شده و در پی آن تغییر شرایط آب و هوایی خرداقلیم شهری را خواهد داشت.

References:

1. Abreu-Harbach, L. V., et al. (2014). *Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. Theoretical and applied climatology*, 115(1-2), 333-340.
2. Ahmad, K., et al. (2005). *Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections—a review. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93(9), 697-717.
3. Al-Kurdi, N., & Awadallah, T. (2015). *Role of Street-Level Outdoor Thermal Comfort in Minimizing Urban Heat Island Effect by Using Simulation Program, Envi-Met: Case of Amman, Jordan. Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 7(3), 42-49.
4. Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2007). *Thermal comfort in an east-west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. Theoretical and applied climatology*, 87(1), 223-237.
5. Andrade, H., & Alcoforado, M.-J. (2008). *Microclimatic variation of thermal comfort in a district of Lisbon (Telheiras) at night. Theoretical and applied climatology*, 92(3), 225-237.
6. Behzadfar, M., & Manaam, A. (2011). *Sky factor coefficient affects on thermal comfort Users of urban open space, investigation of chosen parks in tehran.*
7. Bougiatioti, F., et al. (2009). *The summer thermal behaviour of "skin" materials for vertical surfaces in Athens, Greece as a decisive parameter for their selection. Solar Energy*, 83(4), 582-598.
8. Charalampopoulos, I., et al. (2013). *Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. Urban Ecosystems*, 16(2), 217-233.
9. Coronel, J., & Alvarez, S. (2001). *Experimental work and analysis of confined urban spaces. Solar Energy*, 70(3), 263-273.
10. de Lieto Vollaro, A., et al. (2014). *Numerical study of urban canyon microclimate related to geometrical parameters. Sustainability*, 6(11), 7894-7905.
11. Fent, T. (2008). *Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations Expert Group Meeting on Social and Economic Implications of Changing Population Age Structures. European Journal of Population/Revue européenne de Démographie*, 24(4), 451-452.
12. Groat, L., & Wang, D. (2002). *Architectural research methods. New York. 361-362. (in Persian)*
13. Heldens, W., et al. (2017). *Integration of remote sensing based surface information into a three-dimensional microclimate model. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 125, 106-124.
14. Horrison, E., & Amirtham, L. (2016). *Role of Built Environment on Factors Affecting Outdoor Thermal Comfort-A Case of T. Nagar, Chennai, India. Indian Journal of Science and Technology*, 9(5).
15. Jamei, E & ,Rajagopalan, P. (2015). *Urban growth and pedestrian thermal comfort. Paper presented at the ASA2015: Living and learning: research for a better built environment: Proceedings of the 49th International conference of the Architectural Science Association.*

16. Jamei, E., et al. (2016). Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002-1017.
17. Krüger, E. L., et al. (2011). Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Building and Environment*, 46(3), 621-634. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.09.006
18. Lin, T.-P., et al. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 221-213,(1)45.
19. Lin, T.-P., et al. (2012). Quantification of the effect of thermal indices and sky view factor on park attendance. *Landscape and Urban Planning*, 107(2), 137-146.
20. Middel, A., et al. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, 122, 16-28.
21. Oke, T., et al. (1991). Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night Part 2: Diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology*, 56-339,(4)358.
22. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
23. Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and buildings*, 11(1), 103-113.
24. Salata, F., et al. (2015). How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study. *Energy and Buildings*, 99, 32-49. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.04.010
25. Santamouris, M., et al. (2012). Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas—design realization and results of the flisvos project. *Building and Environment*, 53, 128-136.
26. Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2004). Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees. *Building and Environment*, 39(9), 1087-1099.
27. Steyn, D. (1980). The calculation of view factors from fisheye-lens photographs: Research note.
28. Szűcs, Á. (2013). Wind comfort in a public urban space—case study within Dublin Docklands. *Frontiers of architectural Research*, 2(1), 50-66.
29. Tahbaz, M., Jalilijan, S., (2016). The role of materials of side walk on open spaces microclimate, field research in campus. *Journal of fine arts, architecture and urbanism*, 70, 21-32. (in Persian)
30. Targhi, M. Z., & Van Dessel, S. (2015). Potential Contribution of Urban Developments to Outdoor Thermal Comfort Conditions: The Influence of Urban Geometry and Form in Worcester, Massachusetts, USA. *Procedia Engineering*, 118, 1153-1161. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.457
31. Toudert, F. A. (2005). Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate. 80.
32. Unger, J. (2008). Connection between urban heat island and sky view factor approximated by a software tool on a 3D urban database. *International Journal of Environment and Pollution*, 36(1-3), 59-80.
33. Yang, F., et al. (2013). Urban form and density as indicators for summertime outdoor ventilation potential: A case study on high-rise housing in Shanghai. *Building and Environment*, 70, 122-137.
34. Yilmaz, A. K. S., & Matzarakis, M. A. I. A. (2015). The role of trees in urban thermal comfort and SkyView Factor.