تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۲

تاثیر مولفه‌های فرم کالبدی شهری بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری (نمونه موردی: اراضی پشت سیلو شهر یزد)

مرجان منتظری
دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
لعلا جهانشاهلو
استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
حمید ماجدی
دانشیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده:
با مطرح شدن نظریه‌های شهر پایدار، شهر اکولوژیکی، بوم شهر، شهر هوشمند و شهر سبز در دهه‌های اخیر، توجه ویژه به طراحی سازگار با طبیعت، پایداری اکولوژیکی و مسائل اقلیمی مد نظر طراحان و برنامه‌ریزان شهری قرار گرفته است؛ تحقیق حاضر با هدف تبیین معیارهای کالبدی موثر بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری و خرد اقلیم تدوین گردیده و بر آن است تا با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی، به استخراج مولفه‌های فرم شهری تاثیرگذار بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در سلسله مراتبی از بنا تا بافت، بپردازد. این تحقیق در بخشی از اراضی سیلو شهر یزد انجام گرفته است. در مرحله اول با روش شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار انوی‌مت میزان دمای متوسط تابشی در نقاط منتخب سایت محاسبه گردیده و سپس آسایش حرارتی بر اساس شاخص PMV برای گروه مشخص در گرم‌ترین روز سال ۲۰۱۵ برآورد شده است. در قسمت دوم با مقایسه آسایش حرارتی و عوامل فیزیکی محیط شامل ارتفاع، محصوریت، پوشش گیاهی و .... معیارهای فرم کالبدی موثر در تحقق آسایش حرارتی شناسایی گردیده‌اند. نتایج نشان می‌دهد ابعاد فضایی، کالبدی و محیطی عناصر تشکیل دهنده فرم شهری چون محصوریت (نسبت ارتفاع به عرض H/W)، ضریب دید به آسمان و الگوی شبکه معابر، مصالح (جنس، رنگ) بام، بدنه و کف، پوشش گیاهی (گونه و تراکم آن)، کاربری و ... از جمله عوامل موثر بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری هستند که توجه به آنها در فرایند برنامه‌ریزی و طراحی شهری، می‌تواند سبب خلق فضاهایی شود که آسایش حرارتی را برای کاربران فراهم کند.

کلمات کلیدی: فرم شهری، آسایش حرارتی بیرونی، فضاهای باز شهری، انوی‌مت

نویسنده مسئول: مرجان منتظری، دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران،
m.montazeri@srbiau.ac.ir

۱- مقدمه:

تاکنون مطالعات بسیاری در راستای مصرف اقتصادی و مقرون به صرفهٔ انرژی در بخش ساختمان و راهکارهای تأمین آسایش حرارتی درونی (تأمین نور، دما، تهویه و آب مناسب) با تاکید بر فرم و نحوه طراحی آنها صورت گرفته است، اما در این میان به طراحی در مقیاس واحد همسایگی و بلوک شهری و کاهش مصرف انرژی در مقیاس شهری کمتر توجه شده است. لذا شکاف بزرگی میان دو مقیاس طراحی خرد و کلان، یعنی طراحی معماری و طراحی شهری وجود دارد. از این رو ضروری به نظر می‌رسد که به بررسی و تحلیل تأثیر ویژگی‌های کالبدی فرم شهری بر میزان مصرف انرژی آنها در مقیاسی فراتر از تک بنا و ایجاد آسایش حرارتی در مقیاس بافت‌های شهری پرداخته شود. به بیان دیگر علاوه بر آنکه لازم است هر یک از ساختمان‌ها به گونه‌ای طراحی شوند که حداقل میزان اتلاف انرژی را داشته باشند و حداکثر آسایش حرارتی را برای ساکنان خود فراهم کنند، بایستی در مقیاسی فراتر از بنا (فضاها و بافت شهری) نحوه ترکیب معابر شهری و فضاهای باز با ساختمان‌ها در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی باشد، به طوری که بتوان با ایجاد تغییراتی در کالبد و چیدمان فضایی به گونه‌ای موثر، آسایش حرارتی را در بافت‌های شهری بهبود بخشید. از سوی دیگر اهمیت حضور انسان و رفتارهای وی در فضاهای شهری در دوران معاصر، که به واسطه آن بسیاری از صاحب نظران، عصر حاضر را «نوبت پرداختن به فضای شهری و آنچه در آن می‌گذرد» می‌دانند (بحرینی و خسروی، ۱۳۹۴ به نقل از Soja, 2010)، لزوم پرداختن به ایجاد محیط مطلوب برای عابران پیاده از طریق تامین آسایش حرارتی برای آنان را دوچندان می‌کند. تحقیقات گسترده‌ای که پیرامون موضوع آسایش حرارتی در دهه‌های اخیر انجام شده است، نیز موید اهمیت پرداختن به این موضوع می‌باشد که در بخش‌های بعدی مقاله به آنها اشاره می‌شود. با توجه به وجود رابطه متقابل و تنگاتنگ بین ساختمان‌ها و محیط خارجی آنها، عواملی چون ساخت و بافت شهری، شکل، ارتفاع و اندازه بناها، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهای باز، اقلیم خرد شهری که منظور همان وضعیت آب و هوایی اطراف ساختمان‌ها است را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به عبارتی، هر عنصر انسان ساخت شهری در بالا و اطراف خود اقلیم مصنوعی خاصی پدید می‌آورد که همواره با آن در ارتباط متقابل قرار می‌گیرد. در مقاله حاضر سعی بر آن است تا ابتدا مفاهیمی چون فرم شهری و عناصر و اجزای تشکیل دهنده آن، آسایش حرارتی فضاهای باز شهری مورد بررسی قرار گیرد و سپس با مروری بر پژوهش‌های انجام شده داخلی و خارجی، به استخراج متغیرهای فرم شهری موثر بر آسایش حرارتی در مقیاس‌های مختلف شهری بپردازد و در ادامه با مطالعه متمرکز بر بخشی از اراضی ۱۷.۵ هکتاری پشت سیلو شهر یزد به شناسایی عوامل تاثیرگذار بر آسایش حرارتی فضای باز شهری پرداخته می‌شود. امید است نتایج این بررسی بتواند به عنوان راهگشایی در برنامه‌ریزی‌های کاهش مصرف انرژی و تامین آسایش حرارتی از طریق مداخله در کالبد و فرم شهری مورد استفاده طراحان و برنامه‌ریزان شهری قرار گیرد و از این طریق بتوان گامی در جهت دست یابی به یک شهرسازی همساز با اقلیم و پایدار برداشت.

۲- بیان مساله:

فرم شهر از جمله مهمترین عواملی است که طراحی شهری می‌تواند با مداخله در ابعاد گوناگون فضایی، کالبدی و محیطی آن، بر میزان وابستگی به سوخت‌های فسیلی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ایجاد محیط‌های مطلوب برای حضور انسان در شهر اثرگذار باشد. شرایط سخت اقلیمی در شهرها از عوامل محدودکننده حضور انسان در فضای شهری و رفتارهای وی می‌باشد. لذا طراحی شهری سعی بر آن دارد تا با نزدیک کردن خرده اقلیم‌ها به منطقه آسایش، فضاهای شهری را برای حضور انسان و وقوع دامنه گسترده‌ای از رفتارهای شهری (اعم از فعالیت‌های ضروری، اختیاری و اجتماعی) در طیف وسیعی از زمان‌ها مناسب‌سازی کند. لذا در راستای تحقق این هدف، بایستی الزامات آب و هوایی اقلیم‌های مختلف و اصول کالبدی- فضایی همساز با آن را شناخت و از طریق آن، خرده

اقلیم‌های فضاهای شهری را به منطقه آسایش انسان نزدیک کرد. همان طور که در الگوهای فرمی-فضایی شهرهای تاریخی ایران در راستای تعدیل شرایط سخت اقلیمی از ابزارهای کالبدی-فضایی همچون تراکم ساختمانی، محصوریت، سطح اشغال، میزان عقب نشینی در همکف و طبقات، جنس مصالح و میزان سبزینگی فضا استفاده شده است (بحرینی و خسروی، ۱۳۹۴: ۴۶۵).

در نظر گرفتن جزئیات بسیاری در طراحی شهری می‌تواند دمای شهر، وضعیت باد و دریافت انرژی تابشی خورشید را برای ساختمان‌ها و فضاهای شهری اصلاح کند و بهبود بخشد. در واقع شاخص‌های مورفولوژی شهری در مقیاس‌های مختلف، نظیر شکل، ارتفاع و ابعاد ساختمان‌ها، مصالح مورد استفاده و رنگ آنها، تراکم ساختمانی و سطح اشغال، قطعه-بندی، اندازه و شکل بلوک، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها، سطح فضاهای باز و جنس و رنگ مصالح کف آنها و ... عواملی هستند که علاوه بر تاثیر در میزان تقاضای انرژی در بافت‌های شهری، بر اقلیم خرد شهری که منظور همان وضعیت آب و هوای اطراف ساختمان‌ها است تأثیر می‌گذارند. لذا این مقاله به طرح این سوال می‌پردازد که فاکتورهای قابل کنترل فرم شهری در حوزه طراحی شهری و تاثیرگذار بر آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس بنا تا بافت شهری چه می‌باشد؟ نظر به این سوال، مقاله بر آن است تا با نیل به هدف شناخت و تبیین عوامل تاثیرگذار بر ایجاد آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری به واسطه تعیین محدوده‌ای به عنوان نمونه موردی پژوهش، پاسخی برای سوال خود پیدا کند.

۳- روش شناسی تحقیق

در مقاله حاضر با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی، و مروری بر پژوهش‌های انجام شده در داخل و خارج کشور و تجربیات مشابه، ابتدا به استخراج مولفه‌های فرم شهری تاثیرگذار بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در سلسله مراتبی از بافت تا بنا، پرداخته می‌شود و به منظور جستجوی این عوامل در نمونه موردی این پژوهش که بخشی از اراضی ۱۷.۵ هکتاری پشت سیلو شهر یزد انتخاب شده، از نرم افزار انوی‌مت بهره گرفته می‌شود. به طوری که در ابتدا پلان محدوده وارد نرم افزار انوی‌مت می‌شود و هر یک از بلوک‌های مسکونی با ارتفاع مشخص در محدوده شبیه‌سازی می‌شود و مصالح جداره‌ها و کف و وضعیت پوشش گیاهی تعیین می‌گردد؛ در مرحله بعد اطلاعات اقلیمی و جغرافیایی مانند موقعیت جغرافیایی، سرعت و جهت وزش باد و ... وارد می‌شوند. سپس آسایش حرارتی بر اساس شاخص PMV برای گروه مشخص در گرم‌ترین روز سال ۲۰۱۵ در پنج نقطه منتخب در سایت محاسبه شده و در نهایت با مقایسه آسایش حرارتی و عوامل فیزیکی محیط شامل ارتفاع، محصوریت، پوشش گیاهی و .... معیارهای فرم کالبدی موثر در تحقق آسایش حرارتی شناسایی گردیده‌اند.

٤- پایه‌های نظری و چارچوب مفاهیم تحقیق

٤-١ فرم، فرم شهری: تعاریف و مولفه‌های آن

بررسی نظریات مختلف در زمینه فرم شهر نشان می‌دهد، رویکردهای مختلفی برای بررسی آن می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. برای نمونه برخی اندیشمندان رویکرد تاریخی را مورد توجه قرار می‌دهند (جیمز موریس)، برخی بر جنبه‌های اجتماعی-فرهنگی تاکید دارند (مامفورد) و بعضی دیگر به رویکرد زیبایی‌شناسانه توجه کرده و عده‌ای در زمینه‌ی فرم شهر، تنها بررسی بافت کالبدی و عملکردهای شهری که معرف فضایی پدیده‌ها هستند را مورد توجه قرار می‌دهند (دانشپور و دیگران، ۱۳۹۲: ۷۴). در اهمیت این مفهوم همین بس که بسیاری از نظریه‌پردازان طراحی شهر را با طراحی فرم شهر یکسان دانسته‌اند (Cuthbert, 2005). لذا می‌توان چنین ادعا کرد که فرم شهر، از مهمترین ابعاد شهرسازان، خصوصاً طراحان شهری می‌باشد. با توجه به محدویت حجم مقاله، به توضیح مختصر تعاریف فرم و فرم شهری از دیدگاه محققان مختلف در قالب جدول ۱ پرداخته شده است. فرم مشخصه‌ای سه بعدی است، بدین معنا که نه تنها در سطح، بلکه در حجم نیز متبلور است. هر کدام از این عناصر شهری که به منزله یک سلول شهری می‌باشند، به تنهایی فرم ویژه خود را دارند. ترکیب مجموعه‌ای از آنها نیز به پدید آمدن یک فرم شهری

منجر می‌شود (پورجعفر و دیگران، ۱۳۹۳: ۹۰ به نقل از حمیدی، ۱۳۷۲: ۴۲۳-۴۲۴). فرم شهر به صورت معمول با تعدادی مشخصات کالبدی و غیرکالبدی شامل: ابعاد، شکل، مقیاس، تراکم، کاربری، نوع ساختمان، بلوک شهری و پخشایش فضای سبز تعریف می‌شود (Dempsey et al, 2010). کرمونا به نقل از کانزن (۱۹۶۰) عناصر کلیدی موثر بر ریخت‌شناسی را بدین شکل برمی‌شمارد: کاربری اراضی، ساختار ساختمان‌ها، الگوهای قطعات تفکیکی، شبکه ارتباطی (کرمونا و دیگران، ۱۳۸۸: ۱۱۸). همان طور که از تعاریف فوق استنباط می‌شود در تعریف فرم شهر، ارتباط تنگاتنگ فرم شهر و عملکرد و فعالیت‌های مختلف شهر وجود دارد. به‌عبارت دیگر توزیع فضایی فعالیت‌های شهری در فرم شهری تاثیرگذار است.

مقیاس مورد بررسی فرم شهر، از ساختمان مجزا، خیابان، بلوک‌های شهری، محله تا شهر است. برای فرم شهر، عناصر متفاوتی را تعریف نموده‌اند. دمپسی این عناصر را پنج دسته می‌داند: تراکم، حمل و نقل، کاربری زمین، نوع ساختمان‌ها و استخوانبندی فضایی (Dempsey et al, 2010). در خصوص عناصر تشکیل دهنده فرم شهری باید گفت، ذکاوت عناصر فرم شهر را در قالب شش گروه ۱- ابنیه ۲- قطعه ۳- بلوک ۴- جداره‌ها ۵- خیابان‌ها ۶- الگوی شبکه معابر معرفی می‌کند. لزلی مارتین نظریه‌پرداز نظم کالبد شهری در کتاب فضای شهر و ساختار[1]عناصر کلیدی فرم شهر را در سه گروه طبقه‌بندی می‌کند: ۱- ساختمان‌ها و نظم استقرار ۲- قطعه و نظم قطعه‌بندی ۳- شبکه خیابان‌ها. در یک نگرش دیگر عناصر به شکل دیگری طبقه‌بندی شده‌اند: ۱- ماده ۲- سازه ۳- فضاها یا اتاق ۴- ساختمان‌ها ۵- قطعات ۶- خیابان‌ها و بلوک‌ها ۷- بافت شهری. طبقه بندی پایه عناصر فرم شهر مبتنی بر مطالعات کانزن است که طی آن عناصر فرم کالبدی به چهار گروه پایه طبقه‌بندی شده‌اند: ۱-عملکرد و فعالیت ۲-ساختار ابنیه ۳-الگوی تفکیک قطعات ۴- الگوی شبکه خیابانی (ذکاوت، ۱۳۹۲: ۷۳-۷۲). در یک جمع‌بندی کلی از دیدگاه‌ها و نظرات مختلف در خصوص عناصر فرم شهر، آنچه که در این پژوهش جهت تبیین مولفه‌های فرم شهری موثر بر آسایش حرارتی مورد بررسی قرار می‌گیرد، در چهار گروه ۱-بنا و قطعه ۲- خیابان و میدان ۳- بلوک شهری ۴- بافت شهری طبقه‌بندی می‌شوند.

٤-۲ آسایش حرارتی

رویکرد دیالکتیک معتقد است انسان همزمان از محیط تاثیر می‌پذیرد و در آن تاثیر می‌گذارد و در انسان شناسی به رویکرد ارگانیزمی[2] معروف است (Reeve et al, 2003)[3]. در این رویکرد، یکی از جنبه‌هایی که انسان تلاش زیادی در راستای تعدیل آن داشته، شرایط بد اقلیمی بوده است. به سادگی می‌توان ادعا کرد که در عمده‌ی مداخلات انسان در طبیعت و به عبارت دیگر در عمده‌ی آثار معماری و شهرسازی تاریخ جهان، ایجاد آسایش اقلیمی به سهولت یافت می‌شود (Rapoport, 1990). در دهه‌های اخیر موضوع آسایش حرارتی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است و این شاید به دلیل بحث فراگیر تغییر اقلیم است. رشد قابل توجه پژوهش‌های انجام شده در رابطه با موضوع "آسایش حرارتی" در چند دهه اخیر طبق نتایج ارائه شده در شکل ۱، موید اهمیت و لزوم پرداختن به این موضوع می‌باشد. این نتایج برگرفته از پژوهشی است که توسط فورجی آرینی و همکاران[4] تحت عنوان "مروری بر آسایش حرارتی انسان در محیط ساخته شده" در تاریخ ۲۰۱۴/۱۱/۲۵ انجام شده است. در این پژوهش مفهوم "آسایش حرارتی" در چهار پایگاه داده الکترونیکی معتبر و مشهور جهانی تحت عناوین ساینس دایرکت[5]، وب آف ساینس[6]، گوگل اسکولار[7]، اسکوپوس[8] جستجو شده است و نتایج آن در جدول ۲ آمده است (Forgiarini Rupp & et al, 2015: 180).

[1] L. Martin, "The Grid as Generator".

[2] Organismic

[3] در جامعه‌شناسی شهری این رویکرد را نخستین بار لفور مطرح می‌کند. در تضاد با این رویکرد، رویکرد مکانیکی (Mechanistic) بر این باور است که محیط در انسان تاثیر می‌گذارد و انسان صرفاً واکنش نشان می‌دهد.

[4] Ricardo Forgiarini Rupp & Et Al

[5] Science Direct

[6] - Web Of Science

[7] Google Scholar

[8] Scopus

جدول (۱): دیدگاه نظریه‌پردازان مختلف در خصوص فرم و فرم شهری

محقق / محققان	تعریف	
آرنهایم (۱۹۷۴)	فرم، شکل قابل رویت محتواست.	فرم
چینگ (۱۹۷۹)	از شکل، اندازه، رنگ، بافت، موقعیت، جهت و ثبات بصری به عنوان هفت ویژگی اصلی فرم نام می‌برد.	
ترانسیک (۱۹۸۶)	فرم شهر در دیدگاهی انتزاعی می‌تواند از طریق تحلیل دوبعدی نقش و زمینه به وسیله فضاهای باز و بسته درک شود.	
کوآن (۲۰۰۵)	فرم را به معنای جانمایی (ساختار و دانه‌بندی)، تراکم، مقیاس (ارتفاع و جرم‌گذاری)، ظاهر(مصالح و جزئیات) و منظر توسعه تعریف کرده و تعریف فرم را یکی از دغدغه‌های ذهنی حرفهٔ معماری در موضوع زیبایی‌شناسی می‌داند.	
کروک (۲۰۰۷)	در تعریف لغت‌نامه فرم آمده است که طریقی که در آن یک چیز زیست می‌کند، عمل می‌کند و خود را آشکار می‌نماید.	
باطنی (۱۳۸۴)	فرم واژهٔ انگلیسی است که دارای بار معنای گسترده‌ای است. فرم صورت ظاهری، شکل، نما، قالب، نوع و گونه معنا شده است.	
جرج بنز (۱۹۷۰)	فرم شهر واقعیتی ایستا است که در هر وضعیتی حالتی پویا برای تغییرات بعدی دارد. فرم و عملکرد در ارتباطی تنگاتنگ با یکدیگرند. اما رابطه این دو هیچگاه مستقیم نبوده و دارای واسطه ای به نام انسان است.	فرم شهری
جبارین (۲۰۰۶)	فرم شهر نتیجه گرد هم آمدن مفاهیم و عناصر متعددی از ساختار شهر، همچون الگوی خیابان، اندازه و شکل بلوک، طراحی خیابان، شکل‌بندی قطعه، پارک‌ها، فضاهای عمومی و غیره.	
حمیدی (۱۳۷۲)	فرم شهر از کلیه عناصر و اجزای کالبدی و قابل رویت شهر شکل می‌پذیرد و متشکل از عناصر طبیعی و مصنوع می‌باشد. فرم شهر ماهیتی ترکیبی و سه بعدی دارد. کوچکترین اجزا و عناصر مصنوع این ترکیب، ساختمان‌ها، شبکه راهها، فضای باز و تاسیسات شهری می‌باشند. عناصر عمده محیط طبیعی، مثل ناهمواری‌های زمین، جریان‌های آبی و پوشش گیاهی در چگونگی و فرم ترکیب عناصر کالبدی دخالت دارند.	
کوین لینچ (۱۳۸۱)	کلیه مظاهر کالبدی و رویت پذیر شهر، فرم شهر می‌باشد. فرم شهر بر اساس عملکردهای درونی شهر شکل می‌گیرد و میزان پراکندگی افراد و روابط بر آن تاثیر دارد. فرم شهر عبارت است از نظم فضایی اشخاصی که مشغول کارند، نتیجه جریان فضایی افراد، کالاها و اطلاعات و خصوصیات فیزیکی که فضا را متناسب با آن فعالیت‌ها تغییر می‌دهند.	
حبیب (۱۳۸۵)	فرم شهر علاوه بر عناصر کالبدی، شامل فعالیت‌ها، جریانات و سیستم‌های حرکتی شهر و حوزه اتفاقات بالقوهٔ شهر با تمام مظاهر مادی و غیرمادی آن است. پس فرم شهر حاصل تعامل میان نیروهای عوامل سازندهٔ آن است. این عوامل عبارتند از عوامل مصنوع، عوامل طبیعی (اقلیم، پوشش گیاهی، آب، مکان، دید و منظر، جنس، نوع، شکل زمین) و عوامل انسانی (اجتماعی، تاریخی، قومی، مذهبی، سیاسی، اقتصادی، فرهنگی، جنبه‌های روانی و عملکردی).	
پاکزاد (۱۳۸۵)	فرم شهر شامل کلیه عناصر محیطی است که انسان به طور بالقوه می‌تواند در ارتباط با آن قرار گیرد. بنابراین کلیه اطلاعات واقعی در محیط شهر، فرم شهر نامیده می‌شود. عناصر تشکیل دهنده فرم شهر می‌تواند مادی یا غیرمادی باشند. به همین خاطر کلیه جنبه‌های عملکردی، اقتصادی، اجتماعی، ارتباطی و کالبدی یک محیط یا یک شهر را شامل می‌گردد.	
ثقه‌الاسلامی (۱۳۹۰)	فرم شهر در حقیقت ظرفی است که امکان می‌دهد فعالیت‌های شهری در آن به وقوع بپیوندد. اهمیت فرم شهر به خاطر عملکردهایی است که می‌تواند برای ساکنین یک شهر انجام دهد و در تحقق اهداف یک شهر نقش داشته باشد. به‌طور نمونه فرم می‌تواند در پایداری شهر، راندمان و کارآیی شهر، ایجاد حس جهت‌یابی در شهر، ایجاد حس ایمنی و موارد دیگر نقش داشته باشد.	
دانشپور و همکاران (۱۳۹۲)	فرم شهر حاصل تعامل کلیه نیروهای شکل دهنده کالبدی شهر و شامل کلیه عناصری محیطی است که انسان به‌طور بالقوه می‌تواند در ارتباط با آن‌ها قرار گیرد. بدین ترتیب فرم شهر با عملکردهای شهر در ارتباطی دوسویه و تنگاتنگ قرار دارد و خصلت ایستا بودن همراه با خصلت پویایی را توأمان داراست.	

آسایش حرارتی توسط آشرا[1] به این صورت تعریف شده است: شرایطی که فرد در آن از گرمای محیط احساس رضایت می‌کند و با ارزیابی ذهنی بررسی می‌شود (Forgiarini Rupp & et al, 2015: 179). دمای آسایش در افراد مختلف بر حسب سن، جنس، رنگ، سلامت و سایر مشخصات فیزیکی تفاوت می‌کند. در استانداردهای مربوطه تنظیم شرایط محیطی، آسایش گرمایی به شرایطی گفته می‌شود که ۸۰٪ مردم از دمای محیط رضایت داشته باشند و نیاز به گرم‌تر و سردتر شدن آن احساس نکنند (طاهباز، ۱۳۹۰: ۳۲). به طور کلی آسایش حرارتی و ارزیابی کیفیت محیطی فضای سرپوشیده تنها به پارامترهای فیزیکی بستگی ندارد؛ بلکه پارامترهای فیزیولوژیکی و روانی بدن انسان نیز به طور پویا در آن تاثیر دارد (Forgiarini Rupp & et al, 2015: 179). در تعریفی دیگر آمده است منظور از آسایش، شرایط گرمایی است که در آن یک فرد از پیاده‌روی در طول یک پیاده‌رو یا از نشستن بر روی یک نیمکت در فضای بیرونی از نظر جسمی و روحی احساس راحتی کند. شش متغیر، آسایش حرارتی بیرونی را تحت تاثیر قرار می‌دهند: تابش خورشیدی که گرما را برای سیستم تنظیم حرارتی انسان فراهم می‌کند، باد، رطوبت و درجه حرارت محیط، سطح فعالیت‌های انسان و لباس‌های آنها (Bosselmann & et al, 1995: 226).

آسایش حرارتی با توجه به نوع محیط به سه دسته تقسیم می‌شود: آسایش حرارتی در فضای باز (بیرونی)، آسایش حرارتی در فضای نیمه باز، آسایش حرارتی در فضای سرپوشیده (داخلی)[2] (Forgiarini Rupp & et al, 2015: 181). آسایش حرارتی در محیط بیرونی به ترمو-فیزیولوژی[3]، فیزیولوژی و تعادل گرمایی بدن انسان وابسته است (Taleghani et al, 2015: 65). آسایش حرارتی در فضای خارجی علاوه بر شرایط اقلیمی، متاثر از محیط ساخته شده اطراف، پوشش سطح زمین، تبخیر و تعرق گیاهان و سایه ایجاد شده توسط عوامل طبیعی و دست‌ساز است (محمودی و دیگران، ۱۳۸۹: ۶۰). بنابراین آسایش حرارتی را می‌توان به سادگی احساس رضایت از محیط تعریف کرد. سطوح فعالیت، پوشاک و میکرواقلیم‌ها (درجه حرارت هوا، رطوبت هوا، باد) از عوامل اصلی تاثیرگذار در آسایش حرارتی هستند.

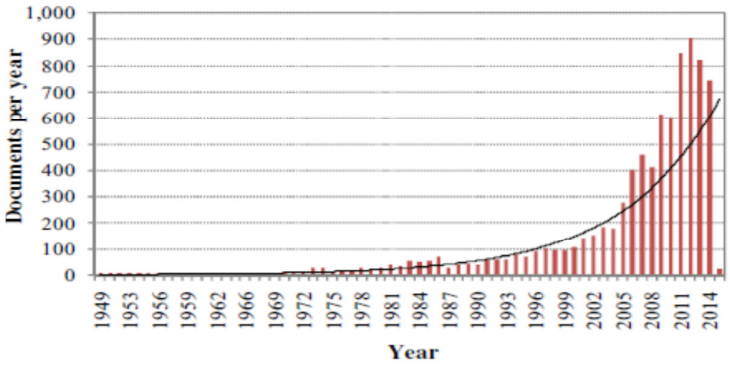
در دهه‌های گذشته مدل‌های متعددی جهت برآورد تعادل انرژی بدن انسان در محیط‌های مختلف به منظور ارزیابی آسایش حرارتی تعریف شده است. این مدل‌ها دربرگیرنده‌ی مولفه‌های هواشناسی و بازتاب محیط اطراف هستند (Fanger,1972;Gagge & Fobelets,1986). فانگر (Fanger,1972) اولین و متداول‌ترین الگو جهت اندازه‌گیری آسایش اقلیم، تحت عنوان متوسط نظرسنجی پیش بینی شده[4] و درصد نارضایتی پیش بینی شده[5] را وضع کرد. اکثر مدل‌ها علاوه بر مولفه‌های هواشناسی شامل دمای متوسط تابشی نیز می‌باشند که در تابستان و در محیط‌های شهری، نقش مهمی در تعادل گرمایی بدن انسان دارد. این دما اثر انرژی تابشی از محیط روی مبادله‌ی تابشی میان یک شخص و محیط احاطه کننده را نشان می‌دهد (حیدری نژاد و دلفانی، ۱۳۸۸: ۳۳). که در این پژوهش شاخص توسط نظرسنجی پیش‌بینی شده و میانگین دمای تابشی مدنظر قرار گرفته است.

[1] Ashrae
[2] Outdoor, Semi-Outdoor Or Indoor Thermal Comfortable
[3] Thermo-Physiology
[4] Predicted Mean Vote (PMV)
[5] Predicted Mean Vote (PPD)

جدول (۲): نتایج جستجوی موضوع "آسایش حرارتی" در پایگاه داده‌های علمی مختلف

پارامتر/پایگاه داده	Google Scholar	Web of Science	Scopus	Science Direct
تعداد نتایج	۵۹۸۰۰	۵۹۷۹	۸۳۰۲	۲۲۸۵
زمینه جستجو	تمامی زمینه ها (غیر انتخابی)	عنوان، چکیده و کلمات کلیدی	عنوان، چکیده و کلمات کلیدی	عنوان، چکیده و کلمات کلیدی
نوع مرتب سازی	ارتباط (غیر انتخابی)	تعداد استنادها	تعداد استنادها	ارتباط
معیار رده بندی	ناشر، نویسنده، تعداد استناد، استناد اخیر	بیشترین تعداد استناد	بیشترین تعداد استناد	بیشترین رخداد موارد جستجو

ماخذ: (Forgiarini Rupp & et al, 2015: 180)



شکل (۱): تعداد مقالات منتشر شده با موضوع "آسایش حرارتی" در سال‌های ۱۹۴۹-۲۰۱۴ Scopus

ماخذ: (Forgiarini Rupp & et al, 2015: 180)

۵- مروری بر متون و استخراج مولفه‌های فرم کالبدی شهری موثر بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری

رابطه متقابل و تنگاتنگی بین ساختمان‌ها و هر عنصر انسان ساخت شهری دیگر و محیط پیرامون آن‌ها وجود دارد. در واقع هر عنصر مصنوع، وضعیت آب و هوای اطراف خود را تغییر می‌دهد. هندسه و مقطع شهر، اندازه و ابعاد شهر، تراکم و فشردگی شهر در مقیاس‌های وسیع‌تر و شکل، ارتفاع و اندازه بناها، جهت‌گیری خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهای باز، پوشش سطح زمین در مقیاس‌های خردتر همگی عواملی هستند که بر اقلیم خرد شهری تاثیرگذارند. اکثر مطالعات موجود در ایران معطوف به آسایش حرارتی در فضای درون ساختمان و به منظور کاهش مصرف انرژی بوده است؛ مطالعات معدودی به آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته‌اند. اما در دهه‌های اخیر مشاهده می‌شود که توجه بیشتری به مطالعات تاثیر فرم شهری بر روی خرده اقلیم فضای باز شده است. اولگی[1] (Olgyay, 1963) و اوک[2] (oke, 1987) اولین پژوهشگرانی بودند که پیرامون رابطه بین معماران و طراحان شهر از دیدگاه کلیماتولوژیک با تاکید بر اثر متقابل بین طراحی شهری و خرده اقلیم تحقیق کردند.گیونی[3] (Givoni, 1998) تاثیرات تیپولوژی شهری را در اقلیم‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌دهد. استیمرز و همکاران[4] (Steemers, 1997) شش نمونه فرم کلی شهری را برای لندن ارائه کردند و تابش خورشید، دسترسی به نور خورشید و محیط ساخته شده را مقایسه کردند.

[1] Olgyay
[2] Oke
[3] Givoni
[4] Steemers Et Al

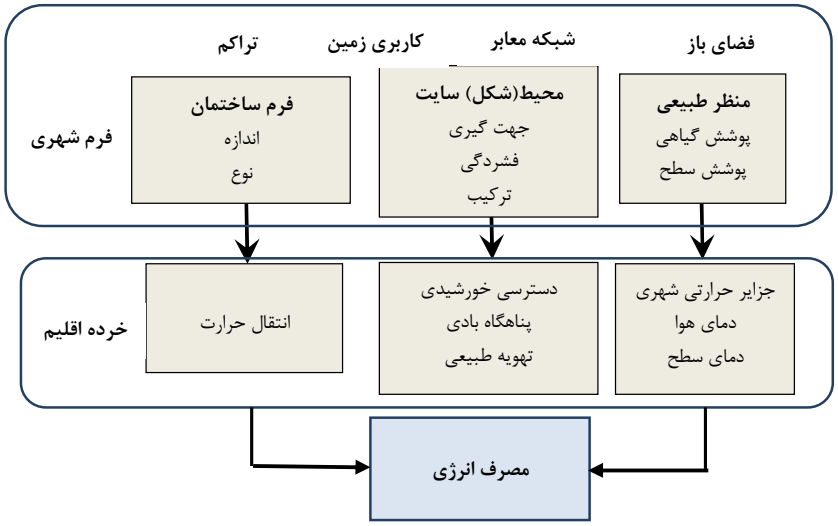
پژوهش آنها توسط راتی و همکاران[1] برای شهر مراکش[2] ادامه داده شد (Ratti, 2003) و این نتیجه حاصل گردید که خانه‌های بزرگ از نظر زیست محیطی در اقلیم سرد مناسب هستند، و تحت شرایط هندسی مشخص مانند کنستانتره خورشیدی عمل می‌کنند و در مقابل بادهای سرد مانند سرپناه عمل می‌کنند. بوربیا و اوبی[3] تاثیر شاخص ارتفاع به عرض (H/W) و عامل دید به آسمان (SVF) یک گروه ساختمانی را در اقلیم فضای باز و دمای سطح در شهر ال اود[4] در الجزایر بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که از طریق کنترل فاکتور (SVF) و معماری خیابان می‌توان از دمای بالا در دالان‌های شهری[5] جلوگیری کرد و این عوامل تاثیر بیشتری در مقیاس محلی نسبت به مقیاس شهری دارند. یک پژوهش جامع در مورد فضاهای باز شهری در مختصات جغرافیایی ۲۶-۳۴ درجه شمالی توسط یزیرو و همکاران[6] (Yezioro, 2006) با استفاده از برنامه Shading انجام شده و به این نتیجه رسیدند که به منظور خنک‌سازی، بهترین جهت‌گیری، حیاط‌های مستطیلی شمالی-جنوبی (وجه بزرگتر در جهت شرقی- غربی) است و چنین اذعان نمودند که جهت شمالی –جنوبی (NS) در مدت زمان خیلی کوتاه، نور خورشید مستقیم را در مرکز حیاط دارد و این یافته‌ها در اقلیم‌های مشابه که تابش خورشید کمتری دارند، قابل تعمیم است. آنها همچنین آسایش حرارتی تابستان را بررسی کرده و نشان دادند که با وجودی که تفاوت دمای هوا بین سطوح سایه و غیرسایه تنها ۰.۵ کلوین بود، اما دمای میانگین تابش بیشتر از ۳۰ درجه کلوین متفاوت بود (Berkovic & Yezioro, 2012). علی تودرت و مایر (Ali-Toudert, 2006)مدل خرده اقلیم انوی مت[7] را برای شبیه‌سازی آسایش حرارتی بیرونی در اقلیم گرم و خشک الجزیره استفاده کرده و تاثیر جهت‌گیری‌های مختلف دالان‌های شهری را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که زمانی‌که نسبت ارتفاع ساختمان یا خیابان به عرض آن (H/W) افزایش می‌یابد، دمای هوا به آرامی کاهش می‌یابد و شاخص PET ارتقاء می‌یابد. جانسون (Johansson, 2006) ارزیابی‌هایی را در فز و موروکو[8] انجام داد و به این نتیجه رسید که طراحی شهری فشرده با دالان‌های شهری عمیق برای تابستان مناسب است، در صورتی‌که در زمستان دالان‌های پهن‌تر برای گرمایش خورشیدی غیرفعال، مناسب‌تر است. بوربیا و بوچریبا (Boucheriba & Bourbia ,2010) دمای سطح و هوای بیرونی را در هفت سایت مختلف با نسبت‌های متفاوت ارتفاع به عرض بین ۱ تا ۴.۸ و ضریب دید به آسمان بین ۰.۰۷۶ و ۰.۵۸۰ در کنستانتین الجزیره ارزیابی کردند. آنها مشاهده کردند که نسبت ارتفاع به عرض بزرگتر، دمای هوا و دمای سطح پایین‌تری دارد. در مناطق با آب و هوای گرم عامل دید به آسمان بیشتر (SVF)، دمای هوای بیرونی بالاتری نیز دارد. همچنین نقش پوشش گیاهی و طراحی خرده اقلیم مناسب در اقلیم گرم و خشک به طور گسترده توسط ارل و همکاران (Erell, 2012) و طالقانی و همکاران (Taleghani et al, 2012, 2014) بررسی شده است. در ادامه با بررسی پژوهش‌هایی که اخیراً پیرامون رابطه میان متغیرهای فرم شهری و خرده اقلیم، آسایش حرارتی و انرژی انجام شده است، به استخراج مولفه‌های فرم کالبدی موثر بر آسایش حرارتی در قالب جدول ۳، پرداخته شده است.

[1] Ratti Et Al
[2] Marrakech
[3] Bourbia And Awbi
[4] El-Oued
[5] Urban Canyon
[6] Yezioro Et Al
[7] ENVI-MET
[8] Fez, Morocco

جدول (۳): خلاصه مطالعات انجام شده در زمینه رابطه میان مولفه‌های فرم شهری، خرده اقلیم، آسایش حرارتی و مصرف انرژی

نام محقق/ محققان	متغیرهای مستقل مورد مطالعه	متغیرهای وابسته مورد مطالعه
Bosselmann & et al (1995)	ابعاد خیابانها و مکان ساختمانها	تابش، باد و آسایش حرارتی
Toudert & et al (2006)	جهت گیری، نسبت دالان‌های شهری، ارتفاع به عرض خیابان‌ها (h/ w)	آسایش حرارتی بیرونی
Bourbia & et al (2010)	ویژگی‌های هندسی خیابان: ارتفاع به عرض عامل نمای آسمان (SVF)، جهت‌گیری (تعریف شده توسط محور طولی آن)	آب و هوای خیابان (دمای خیابان)
Dalman & Salleh (2011)	جهت خیابان، نسبت H/W	آسایش حرارتی (دمای آسایش)
Krüger & et al (2011)	هندسه شهری: آکس‌های خیابان‌ها، ارتفاع ساختمانها و ویژگی‌هایشان	آسایش حرارتی بیرونی کیفیت هوا (پراکندگی آلاینده)
Noori Kakon & (2012) Mishima	فرم خیابان: شکل و ارتفاع، فرم ساختمانها	آسایش حرارتی بیرونی
Yang & et al (2013)	فرم شهری و تراکم	پتاسیل تهویه بیرونی
Paramita , Hiroatsu (2013) Fukuda	ارتفاع به عرض (H/W)، جهت گیری	MRT (میانگین دمای تابشی) Ta (دمای هوا)
Middel & et al (2014)	نوع محوطه سازی، چیدمان ساختمان‌ها	دما، جریان باد
Elnabawi (2014)	فرم شهری	آسایش حرارتی
& et al Sanaieian (2014)	فرم و موقعیت بلوک‌های شهری	عملکرد گرمایی، تابش خورشیدی و تهویه
Zabeti Targhia, Steven Van Dessel (2015)	ارتفاع به عرض (H/W)، ضریب دید به آسمان (SVF)، جهت گیری	UHI جزیره گرمایی شهری (شاخص PET[1])
Taleghani & et al (2015)	فرم‌های حیاط دار	آسایش حرارتی بیرونی در فضاهای شهری، مدت زمان تابش مستقیم، متوسط دمای اشعه تابشی
Yingli Xuan & et al (2016)	فرم‌های متفاوت شهری: نسبت میان فاصله ساختمان به ارتفاع ساختمان ۰.۲۴ و ۰.۳۶ و ۰.۴۸ و ۰.۷۱ و ۰.۹۵ و ۱.۱۹ و ۱.۴۳	سرعت باد، سطح تابش
بهزاد فر و همکاران (۱۳۸۹)	ضریب دید به آسمان (SVF)	آسایش حرارتی فضای باز شهری (میانگین دمای تابشی)
رضازاده و همکارن (۱۳۸۹)	الگوی توده‌گذاری بلوک‌های مسکونی	آسایش حرارتی
محمودی و دیگران (۱۳۸۹)	ضریب دید به آسمان، میزان سایه، فاصله تا ساختمان	آسایش حرارتی فضای باز (PET)
رفیعیان و همکاران (۱۳۹۰)	فرم و تراکم بلوک‌های مسکونی، ویژگی‌های کالبدی ساختمان: فرم پلان ساختمان (ابعاد قطعه)، جهت‌گیری، ارتفاع، تراکم ساختمانی	مصرف انرژی شهر
علی اکبری (۱۳۹۱)	بافت شهری: فرم چیدمان ساختمان‌ها، جزئیات بنا، جهت گیری، فرم پلان ساختمان، ارتفاع، ویژگی‌های فیزیکی و کیفی شبکه معابر، اندازه و تراکم، دسترسی، الگوی کاربری‌ها، محصوریت، اتصال و پیوند	خرداقلیم و انرژی
منشی زاده و همکاران (۱۳۹۲)	ارتفاع ساختمانها	آسایش حرارتی
حاجی پور و همکاران (۱۳۹۳)	تعداد طبقات، کیفیت بنا، عمر بنا، نمای ساختمان، سازه، جهت‌گیری ساختمان، تعداد زوایای آفتاب‌گیر، مساحت	میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی
شمسی پور و دیگران (۱۳۹۳)	کاربری، نحوه توده گذاری ساختمانی، جهت‌گیری توده‌ها، نوع پوشش سطحی معابر، پوشش گیاهی، شبکه آبگذر سطحی	دمای تابشی، دمای پتانسیل، دمای موثر

[1] Physiologically Equivalent Temperature (PET) Index



شکل (۲): تاثیر متغیرهای فرم شهری بر خرده اقلیم و انرژی مصرفی

با مروری بر پژوهش‌های انجام شده داخلی و خارجی، متغیرهای فرم شهری موثر بر آسایش حرارتی در مقیاس‌های مختلف ساختمان مجزا، خیابان، بلوک‌های شهری و محله (بافت شهری) در قالب جداول ۴ الی ۷ تنظیم شده‌اند.

جدول (۴): متغیرهای فرم شهری (مقیاس بنا و قطعه) موثر بر آسایش حرارتی بیرونی

شاخص	توضیح شاخص
میانگین مساحت قطعه	نشان دهنده میانگین ابعاد و اندازه قطعه است و میزان سطح تابش و سایه اندازی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
میانگین بر قطعات	نشان دهنده میانگین میزان سطح دسترسی افراد، نور و تهویه در قطعه است.
میانگین عرض به طول قطعه	نشان دهنده میانگین شکلی قطعات در بلوک در طیف مربع، مستطیل عادی، مستطیل‌های کشیده و اشکال چند ضلعی هست.
تراکم ساختمانی (تعداد طبقات)	نشان دهنده میانگین ارتفاع ساختمان‌ها و سایه اندازی آنها است.
	تراکم ساختمانی بر ایجاد جزایر حرارتی در شهر تاثیرگذار است.
جهت گیری ساختمان‌ها	نشان دهنده موقعیت نسبت به زاویه تابش خورشید است.
مقعر یا محدب بودن نماها	نشان دهنده میزان سطح تابش و سایه اندازی است.
نوع، رنگ و جنس مصالح	نشان دهنده میزان جذب انرژی خورشیدی و سرمایش و گرمایش مورد نیاز برای تعدیل حرارتی درون ساختمان است.
الگوی ساخت	نشان دهنده نحوه ترکیب و چیدمان فضای ساخته شده و فضای خالی در درون یک قطعه است (حیاط مرکزی، یک جبهه، گونه U شکل، گونه L شکل، ساختمان مرکزی) که میزان سطح تابش و سایه اندازی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
پرو خالی	نشان دهنده درصد فضای باز به فضای خالی و سطح دسترسی به نور و نحوه حرکت باد و تهویه طبیعی است.

جدول (۵): متغیرهای فرم شهری (مقیاس خیابان) موثر بر آسایش حرارتی بیرونی

شاخص	توضیح شاخص
عرض مسیرهای پیاده	نشان دهنده میزان سطح تابش و سایه اندازی است.
عرض و طول مسیرها	نشان دهنده میزان سطح تابش و سایه اندازی، جریان باد و کوران باد است.
محصوریت معابر (تناسبات عرض و ارتفاع)	نشان دهنده میزان سطح تابش و سایه اندازی، جریان باد است.
	نسبت ارتفاع به عرض معابر شدت جزیره‌های حرارتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
نظم هندسی شبکه معابر	نشان‌دهنده نظم هندسی شبکه معابر در کنار یکدیگر می‌باشد که می‌تواند به صورت ارگانیک، الگوی شطرنجی، شعاعی، حلقوی و ... باشد و بر جهت و سرعت باد، میزان سطح تابش و سایه‌اندازی تاثیرگذار است.
جنس و رنگ مصالح کف	نشان دهنده میزان جذب و انعکاس انرژی خورشیدی برخوردکننده به سطح می‌باشد.
جهت گیری معابر	نشان دهنده موقعیت نسبت به زاویه تابش خورشید، کوران باد و تهویه است.
نوع و تراکم پوشش گیاهی	نشان دهنده تهویه طبیعی هوا است و شدت جزیره حرارتی به میزان پوشش گیاهی وابسته است.

جدول (۶): متغیرهای فرم شهری (مقیاس بلوک) موثر بر آسایش حرارتی بیرونی

شاخص	توضیح شاخص
مساحت بلوک	نشان دهنده میانگین ابعاد و اندازه بلوک می‌باشد و میزان سطح تابش و سایه‌اندازی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
سطح اشغال	نشان دهنده سطوح اشغال شده در یک بلوک و درصد فضای باز و خالی می‌باشد که بر نحوه حرکت باد و تهویه طبیعی تاثیرگذار است.
تراکم ساختمانی	بیانگر نسبت زیربنا به سطح کل بلوک و در صورت ارتباط با سطح اشغال، نشان‌دهنده حدودی طبقات می‌باشد.
تعداد طبقات در بلوک	نشان دهنده میانگین تعداد طبقات در یک بلوک و ارتفاع بلوکها و میزان سایه اندازی آنها است.
میانگین عرض به طول بلوک	نشان دهنده میانگین شکلی بلوک در طیف مربع، مستطیل عادی، مستطیلهای کشیده و اشکال چند ضلعی هست.
جهت گیری بلوک	نشان دهنده میزان سطح تابش و سایه اندازی و آسایش حرارتی اطراف بلوک است.
فاصله مابین بلوک‌ها	نشان دهنده چیدمان و نحوه ترکیب توده و فضا در کنار یکدیگر و فشردگی آنها و میزان تهویه طبیعی، بهره‌مندی از انرژی خورشید است.
شاخص فضای باز	بیانگر شدت فشار وارده بر فضاهای باز درون بلوک از سوی ساکنان تمام طبقات واقع در بلوک، تهویه طبیعی و سطوح سایه‌انداز است.
مصالح (جنس، رنگ) بدنه و کف بلوک-های شهری	نشان دهنده میزان گرمایش سطوح (میزان جذب و بازتابش نور خورشید) است.
قابلیت نفوذپذیری	تعداد معابر برای رسیدن از معبر اصلی به بلوک مورد نظر قابلیت دسترسی به آن را نشان می‌دهد، و بر جهت و سرعت باد، میزان سطح تابش و سایه اندازی تاثیرگذار است.
	عرض معابر منتهی به بلوک نشان‌دهنده نفوذپذیری بلوک می‌باشد که در این مورد شاخص محصوریت و ضریب دید به آسمان مطرح می‌شود.

جدول (۷): متغیرهای فرم شهری (مقیاس بافت) موثر بر آسایش حرارتی بیرونی

شاخص	توضیح شاخص
مساحت توده و فضا	نسبت میان فضاهای پر و خالی نشان دهنده میزان سایه اندازی، امکان تهویه طبیعی و جریان باد می‌باشد.
نحوه ترکیب توده و فضا	نشان دهنده فشردگی و پراکندگی بافت و وضعیت هوا در بین توده و فضا می‌باشد.
مساحت فضاهای باز	نشان دهنده وضعیت باد در فضای باز از نظر ایجاد شرایط آسایش یا مزاحمت برای افراد است.
نوع کاربری	نشان دهنده منابع تولیدکننده گازهای آلوده و ایجاد جزایر حرارتی در شهر است.
مساحت فضای سبز	نشان دهنده تهویه طبیعی هوا است و شدت جزیره حرارتی نیز به میزان پوشش گیاهی وابسته است.
نظم هندسی شبکه معابر	نشان دهنده نظم هندسی شبکه معابر در کنار یکدیگر می‌باشد که می‌تواند به صورت ارگانیک، الگوی شطرنجی، شعاعی، حلقوی و ... باشد و بر جهت و سرعت باد، میزان سطح تابش و سایه اندازی تاثیرگذار است.

از آنجا که قطعات، خیابان‌ها، فضاهای ساخته شده و فضاهای باز و کاربری اراضی، عناصر تشکیل دهنده بافت هستند که دارای رابطه با یکدیگرند و یک سیستم را تشکیل می‌دهند، لذا می‌توان گفت کلیه مولفه‌ها و شاخص‌های فرم کالبدی از مقیاس بنا تا بلوک شهری در مقیاس بافت نیز می‌تواند مطرح گردد.

شکل (۳): نقشه سایت مورد مطالعه

٦- مطالعه موردی: اراضی ۱۷.۵ هکتاری پشت سیلو شهر یزد

این تحقیق با زمینه شهر یزد و تمرکز در اراضی ۱۷/۵ هکتاری پشت سیلو-یزد انجام شده است که این اراضی در جنوب شهر یزد واقع شده است. این اراضی به دلیل اینکه از توسعه های جدید شهر یزد و از بافت‌های طراحی شده و دارای طرح آماده‌سازی می‌باشد، انتخاب گردیده و با توجه به تنوع فضایی این محدوده، شبیه سازی بر روی بخشی از آن انجام شده است. جهت تبیین مولفه‌های فرم کالبدی موثر بر اسایش حرارتی فضاهای باز شهری، اسایش حرارتی در ۵ نقطه متفاوت در این محدوده مورد بررسی قرار گرفت. این نقاط به نحوی انتخاب شدند که بر اساس ضریب دید به آسمان، جنس کفپوش، فاصله و موقعیت نقاط تا ساختمان، جبهه قرارگیری و فاصله تا درختان و ... محدوده‌های مختلف سایت را مطابق شکل ۶، پوشش دهند. مشخصات ۵ نقطه منتخب سایت به تفکیک در جدول ۹ ذکر گردیده است. در ادامه ابتدا به معرفی معیارهای فرم کالبدی مؤثر در آسایش حرارتی در مقیاس مطالعه پرداخته و در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار انوی‌مت به شبیه‌سازی و تحلیل عوامل اقلیمی در اطراف بلوک‌های واحدهای همسایگی در نمونه موردی پرداخته می‌شود. نتایج این تحلیل سبب ایجاد نگرشی کلی در ذهن طراحان شهری درباره موضوع عوامل تأثیرگذار بر خرداقلیم و آسایش حرارتی محیط تحت تأثیر مولفه‌های فرم کالبدی منجر خواهد شد.

شکل (۴): نقاط منتخب سایت

نقطه A با ۰/۷۸ درصد دید به آسمان، در حیاط مرکزی یک مجتمع آموزشی قرار دارد. مصالح کف محدوده موزاییک می‌باشد. این نقطه از محصوریت پایینی برخوردار است و در سایه درختان مجاور قرار می‌گیرد. نقطه B یک زمین بایر با دید به آسمان ۰/۹۵ است که در مجاورت کاربری درمانی واقع شده و مصالح کف آن خاک است و قسمتی از آن در ساعاتی از روز در سایه درختان بر زمین قرار دارد. نقطه C در قسمت پیاده‌رو یک خیابان شرقی-غربی قرار دارد که مصالح کف خیابان آسفالت و پیاده‌روها با موزاییک فرش شده است و دارای محصوریت ۰/۳ و ضریب دید به آسمان ۰/۶۸ می‌باشد. این نقطه از خیابان فاقد پوشش گیاهی می‌باشد. نقطه D در خیابان شمالی – جنوبی محدوده قرار دارد و به دلیل قرارگیری در مجاورت ساختمانهای سه طبقه، از محصوریت بالاتری برخوردار است و دید به آسمان آن کاهش یافته و حدود ۰/۳۴ می‌باشد و دارای پوشش گیاهی و مصالح کف آسفالت می‌باشد. نقطه E در کف باغچه خاکی سایت قرار دارد که نقش فضای باز مرکزی و فضای سبز محدوده را دارد، ولی هنوز فضای سبز دیده شده در طرح این محدوده، در این قسمت اجرا نشده است و بیشترین دید به آسمان (۰/۹۷) متعلق به این نقطه است.

٦-١ شبیه‌سازی:

به منظور ارزیابی شرایط محیطی در فضای باز و محاسبه آسایش حرارتی، از نرم‌افزار انوی‌مت ۴ استفاده شده است.

شبیه‌سازی با کمک این نرم‌افزار نیاز به وارد کردن مجموعه‌ای از پارامترهای هواشناسی دارد. مقادیر این پارامترها که در فایل پیکربندی[1] این نرم‌افزار تنظیم می‌شوند، در جدول ۹ آمده است.

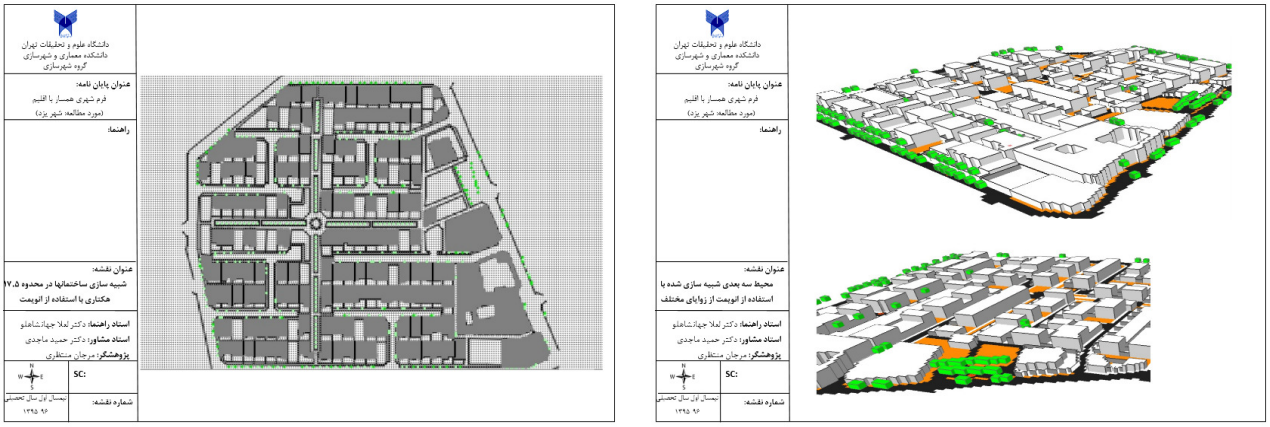
لازم به ذکر است این شبیه‌سازی برای گرم‌ترین روز سال یعنی ۲۶ ام فوریه ۲۰۱۵ مورخ ۵ تیرماه ۱۳۹۴ و به مدت ۶ ساعت (۱۲ الی ۱۸ عصر) انجام شده است. بدین منظور از جدیدترین آمار آب وهوایی ایستگاه سینوپتیک شهر یزد استفاده گردیده است که این اطلاعات از اداره آب و هواشناسی یزد مطابق جدول ۹ برداشت شده است. بدیهی است تدقیق نتایج، ملزم برداشت میدانی اطلاعات هواشناسی است.

جهت شروع فرایند شبیه‌سازی، ابتدا محدوده مورد مطالعه به طور کامل در نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است (شکل ۵). بدین ترتیب که داده‌های مربوط به شمای کالبدی محدوده در فایل ورودی محدوده تنظیم می‌شوند؛ در این قسمت اطلاعات مربوط به ارتفاع ساختمان‌ها، عرض خیابان، نوع، مکان و ارتفاع درختان و پوشش گیاهی و نوع خاک، وارد شده و به داده‌های هواشناسی در فایل پیکربندی متصل می‌شوند.

[1] Configuration Wizard

جدول (۸): مشخصات (ویژگی‌های فرم کالبدی) نقاط منتخب سایت

نقاط منتخب	مشخصات	کاربری	محصوریت H/W	ضریب دید به آسمان SVF	مصالح	جهت‌گیری	پوشش گیاهی
A	حیاط مرکزی	آموزشی	۰/۱	۰/۷۸	موزاییک	شمال غربی- جنوب شرقی	دارد
B	زمین	بایر	ندارد	۰/۹۵	خاک	شمال شرقی- جنوب غربی	ندارد
C	خیابان شرقی- غربی	معبر	۰/۳	۰/۶۸	آسفالت	شرقی- غربی	ندارد
D	خیابان شمالی-جنوبی	معبر	۰/۶	۰/۳۴	آسفالت	شمالی-جنوبی	دارد
E	فضای باز مرکزی	میدان محلی	ندارد	۰/۹۷	خاک	-	ندارد



شکل (۵): شبیه‌سازی بخشی از محدوده ۱۷.۵ هکتاری در نرم افزار انوی‌مت

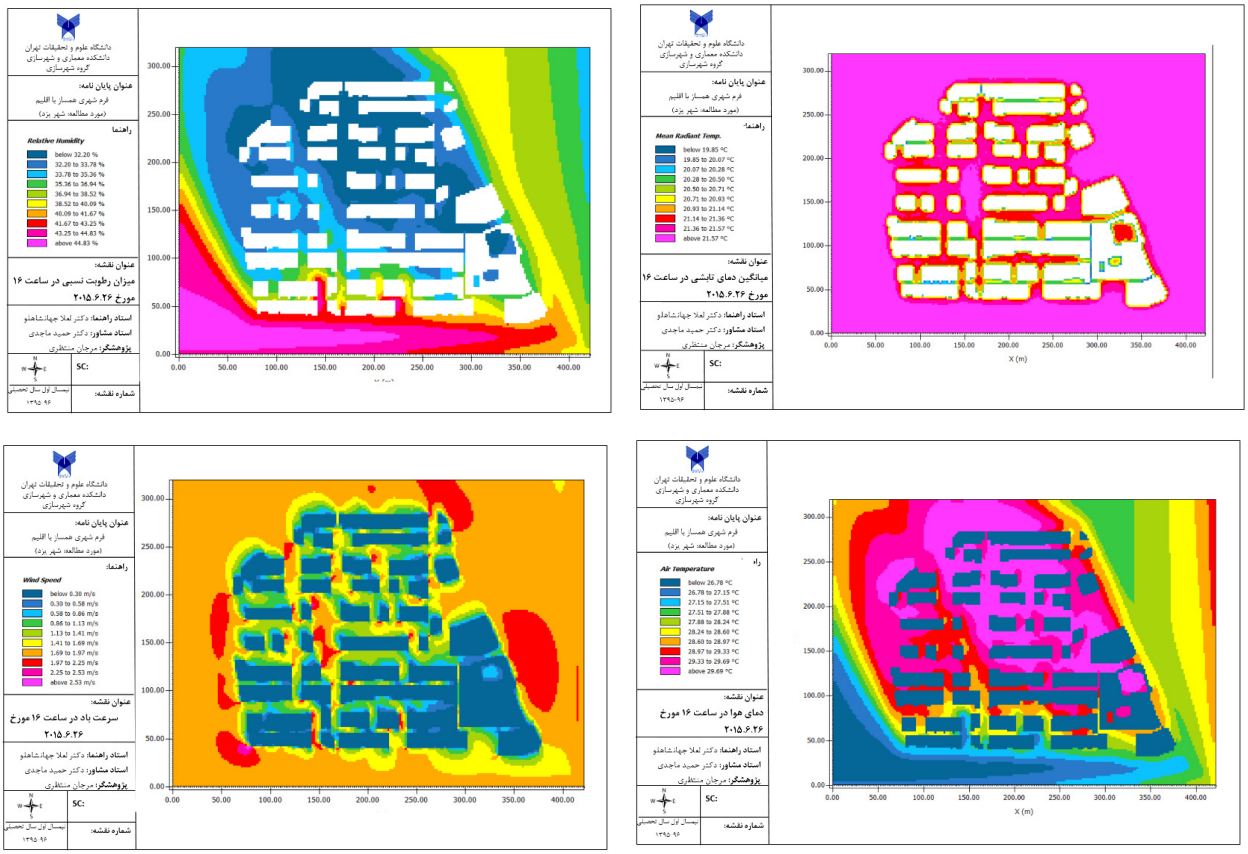
جدول (۹): پارامترهای هواشناسی مربوط به گرم‌ترین روز سال -۵ تیرماه ۱۳۹۴ وارد شده در فایل پیکربندی

پارامتر هواشناسی	مقدار کمی
Wind speed measured in 10 m height (m/s) سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین	۲.۹
Wind direction (deg) جهت باد	۱۵۰
Roughness length at measurement site طول زبری در سایت مورد نظر	۰.۰۱
Initial temperature of atmosphere (k) دمای اولیه جو	c۳۵.۸۳ k = ۳۰۸.۹۸
Specific humidity at model top (2500m) رطوبت ویژه در ارتفاع ۲۵۰۰ متری	۷
Relative humidity in 2m (%) رطوبت نسبی در ارتفاع ۲ متری	۱٤

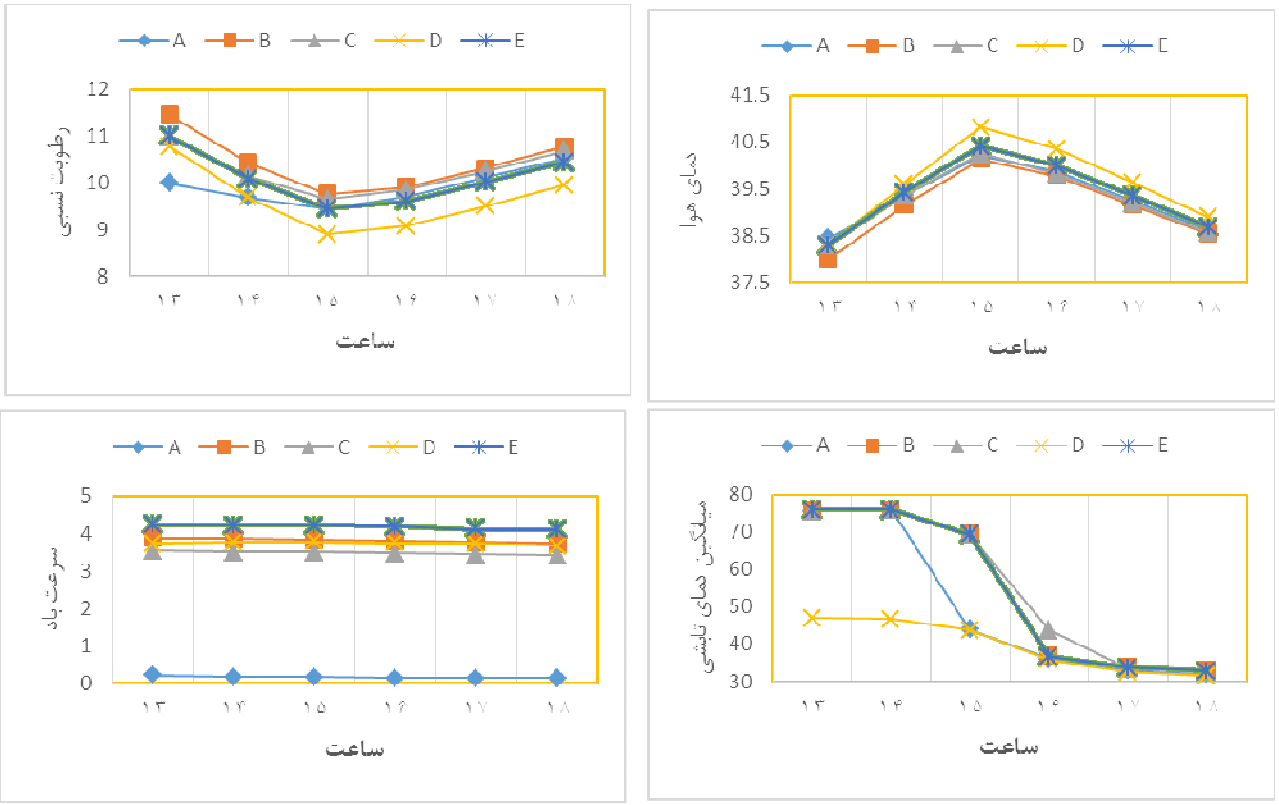
ماخذ: اداره آب و هواشناسی یزد، ۱۳۹۵

جدول (۱۰): نتایج شبیه سازی درجه حرارت، سرعت باد، رطوبت نسبی و میانگین دمای تابشی نقاط منتخب مربوط به ساعت ۱۶ در روز ۱۵م تیرماه ۱۳۹۴

نقاط منتخب	مشخصات	درجه حرارت C	سرعت باد m/s	رطوبت نسبی %	میانگین دمای تابشی
A	حیاط مرکزی	۳۹.۸۶	۰.۱۴	۹.۷۱	۳۶.۱۹
B	زمین باز	۳۹.۷۷	۳.۷۹	۹.۹۲	۳۶.۸۹
C	خیابان شرقی- غربی	۳۹.۸۳	۳.۴۷	۹.۸۵	۴۳.۷۸
D	خیابان شمالی-جنوبی	۴۰.۳۵	۳.۷۵	۹.۰۸	۳۵.۹۲
E	فضای باز مرکزی	۴۰	۴.۱۸	۹.۶۱	۳۶.۷۱



شکل (۶): نتایج شبیه‌سازی مقادیر دمای هوا، سرعت باد، میانگین دمای تابشی و رطوبت نسبی در ساعت ۱۶ روز ۱۵م تیرماه ۱۳۹۴

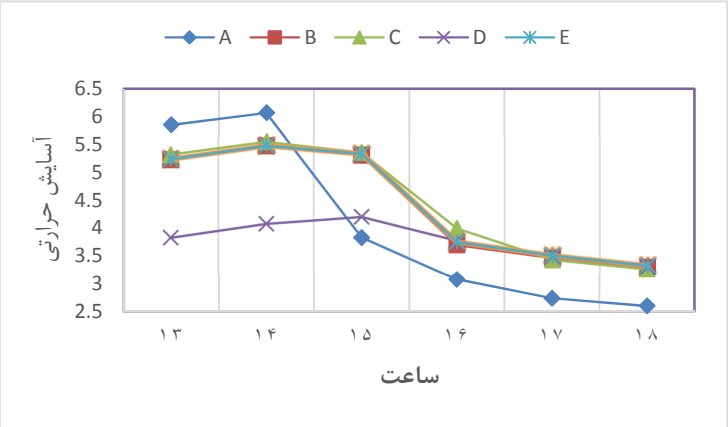


شکل (۷): نتایج شبیه‌سازی دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای تابشی و سرعت باد در نقاط پنجگانه سایت در ساعت ۱۳-۱۸ ۵ام تیرماه ۱۳۹۴

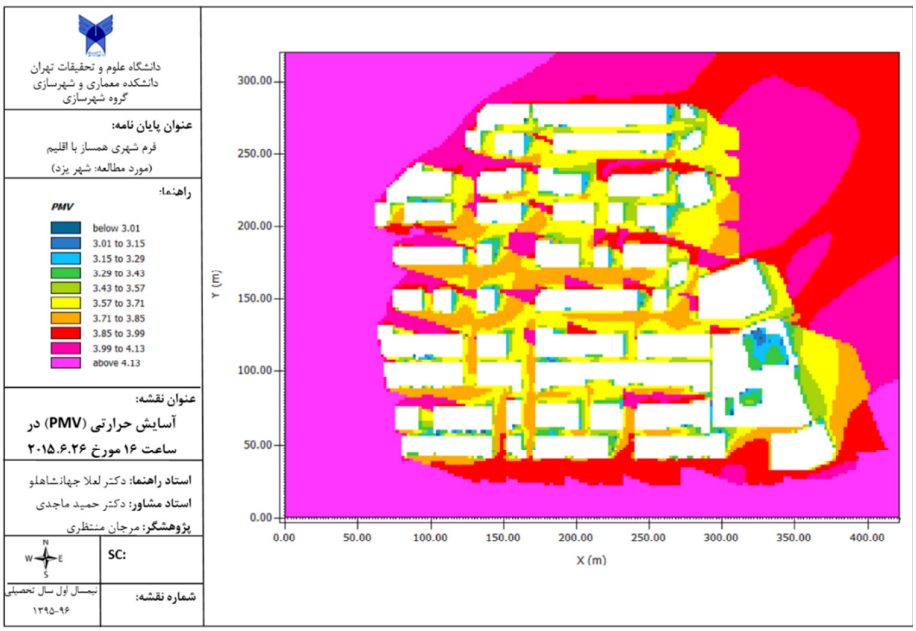
۶-۲ یافته‌های تحقیق:

نتایج شبیه‌سازی شرایط آب و هوایی در محیط کالبدی مورد نظر شامل متوسط دمای تابشی، سرعت باد، جهت باد، دمای سطح، شاخص آسایش، رطوبت نسبی هوا در قالب شکل ۶ و ۷ به نمایش گذاشته شده است. به سبب اینکه معمولا بیشینه دمای روزانه تیر در ساعت ۱۶ رخ می‌دهد، نتایج شبیه‌سازی در این ساعت بیان شده و از طرفی چون میانگین قد انسان بین حالت ایستاده و نشسته ۱.۴۰ متر است، سنجش شبیه‌سازی در این ارتفاع انجام شده است.

نمودار سرعت باد نشان می‌دهد که سرعت باد در اطراف تمامی نقاط منتخب سایت به غیر از نقطه A که مربوط به حیاط مرکزی یک واحد اموزشی می‌باشد، تقریبا مقدار یکسانی را به خود اختصاص داده و این نشان دهنده این نکته است که مولفه‌های فرم کالبدی در مقیاس خرد، چندان بر سرعت باد تاثیرگذار نبوده‌اند. لازم به ذکر است محاسبه آسایش حرارتی علاوه بر مولفه‌های هواشناسی و موقعیت مکانی تابع سن، جنسیت و میزان پوشش و سطح فعالیت کاربران نیز است. جمعیت مورد مطالعه این تحقیق طبق پیش فرض نرم‌افزار انوی‌مت، افراد مذکر ۳۵ ساله با فعالیت راه رفتن آهسته و میزان متابولیسم ۱۶۴ (W/m^2) است. ضریب رسانایی لباس افراد ۰.۹ در نظر گرفته شده است. نمودارهای تصویر ۷، نشان دهنده تأثیر ویژگی‌های کالبدی فرم شهری بر ایجاد آسایش حرارتی می‌باشد.



شکل (۸): آسایش حرارتی نقاط منتخب سایت در ساعات مختلف روز ۱۵ام تیرماه ۱۳۹۴



شکل (۹): شرایط آسایش محیطی در ساعت ۱۶ عصر روز ۱۵ام تیرماه ۱۳۹۴ بر اساس تحلیل با نرم افزار انوی مت

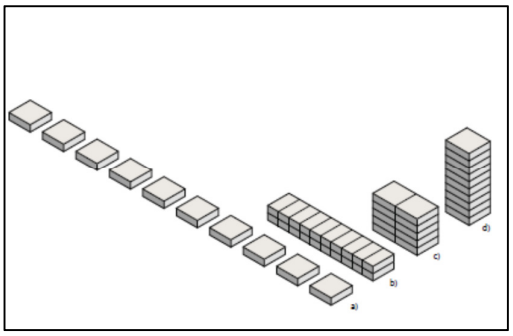
جدول (۱۰): شاخص آسایش حرارتی نقاط منتخب مربوط به ساعت ۱۶ در روز ۱۵ام تیرماه ۱۳۹۴

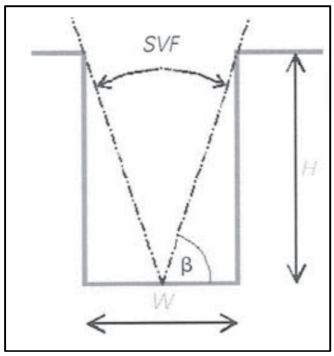
نقاط منتخب	A	B	C	D	E
آسایش حرارتی PMV	۳.۰۷	۳.۷۰	۳.۹۹	۳.۷۷	۳.۷۵

نتایج ارائه شده در جدول ۱۱ نشان می‌دهد در نقاط مختلف سایت که هر یک دارای ویژگی‌های کالبدی متفاوت می‌باشند، شرایط آسایش حرارتی نیز متفاوت بوده است که در ادامه به بررسی متغیرهای تاثیرگذار فرم کالبدی شهر بر خرده اقلیم و آسایش حرارتی فضاهای باز شهری و تبیین نحوه اثرگذاری و رابطه میان متغیرهای کالبدی و اقلیمی محاسبه شده، پرداخته می‌شود:

- **محصوریت (نسبت ارتفاع به عرض یا نسبت سیما):** نتایج نشان می‌دهد میزان محصوریت (نسبت H/W) معابر بر وضعیت اقلیمی و میزان حرارت اطراف ساختمانها و معابر

تاثیرگذار است. اهمیت این نسبت در تعیین میزان تابشی است که به سطح کف در فضای شهری می‌رسد و باعث تغییر دما در این سطوح می‌گردد و همچنین این عامل بر نحوه وزش باد و تهویه اثرگذار است. در شهرهای واقع در اقلیم گرم و خشک چون شهر یزد، محصوریت معابر یکی از پارامترهای تاثیرگذار در ایجاد آسایش حرارتی در بافت‌های شهری است؛ از آنجا که محصوریت بالاتر موجب سایه‌اندازی بیشتر در معابر می‌شود، لذا از جمله تمهیداتی که در بافتهای قدیمی جهت مناسب‌سازی فضاهای شهری به منظور حضور عابران پیاده اتخاذ گردیده، همین راهکار می‌باشد. محصوریت تحت تاثیر دو مولفه ارتفاع و عرض معابر می‌باشد و ارتفاع معبر خود تابع ارتفاع ساختمان‌های همجوار است.





شکل (۱۰): چینش فضایی و ارتفاع و تراکم بلوکها از جمله پارامترهای موثر بر اسایش حرارتی فضای شهری

شکل (۱۱): نسبت H/W و SVF از جمله پارامترهای موثر بر اسایش حرارتی فضای شهری

- **نمایانی آسمان یا ضریب دید به آسمان (SVF)**

فاکتور نمایانی به آسمان، فاکتور دیگری است که به همراه فاکتورهایی نظیر نسبت سیما (H/W)، جهت‌گیری خیابان‌ها، آلبدو و ضریب انعکاس سطح با تاثیر بر میزان گرما و جزایر گرمایی در سطح خیابان های شهری تاثیرگذار است. این فاکتور که طبق قرارداد در بازه‌ای بین صفر تا یک قرار می‌گیرد، از طریق محاسبات آنالیزی و یا شیوه‌هایی از عکسبرداری با دوربین‌های خاص محاسبه می‌شود. این فاکتور هنگامی که یک باشد، بدین معناست که از سطح زمین، آسمان به طور کامل دیده می‌شود و مقدار صفر آن، به معنی پوشیده شدن کل آسمان با موانع و ساختمان‌ها است. هر چه قدر که مقدار این فاکتور بیشتر باشد، خیابان شهری سریع‌تر خنک می‌شود و هر چه کمتر باشد، خیابان در طول روز بیشتر گرم می‌ماند و در طول شب گرمای بیشتری آزاد می‌کند. استفاده از ساباط با ضریب دید به آسمان صفر، در بافتهای قدیمی شهر یزد، تمهید دیگری جهت تعدیل شرایط طاقت‌فرسای آب وهوایی اقلیم گرم و خشک است.

- **جهت‌گیری خیابان‌ها**

دمای روزانه در خیابان‌های شهری با جهت قرارگیری آن نسبت به خورشید ارتباط دارد، زیرا مدت زمان سایه یا مدت زمان دریافت تشعشع خورشیدی، تعیین‌کننده میزان دمای موجود است. جهت‌گیری خیابان با توجه به جهت وزش باد نیز، پتانسیل‌های تهویه شهری را تقویت می‌کند. در واقع تعیین جهت معابر در فضای شهری با توجه به شرایط اقلیم محلی، می‌تواند در کنترل و کاهش آلودگی گرمایی، حرکت گرد و غبارها و ... تاثیرگذار باشد. از آنجایی که کالبد شبکه‌های دسترسی از چینش قطعات (توده‌ها) در بلوک‌ها شکل می‌گیرد، به تبعیت شکل قطعات، بلوک‌ها تشکیل می‌شود و به تبعیت شکل بلوک‌ها، پیکربندی خیابان‌ها انجام می‌گیرد. لذا این مولفه با مولفه‌های جهت‌گیری بلوک و الگوی قرارگیری آنها در کنار یکدیگر در ارتباط می‌باشد و جهت‌گیری معابر تحت تاثیر همان جهت‌گیری قطعات و بلوک‌ها می‌باشد. نحوه تاثیرگذاری این شاخص به این صورت است که با تغییر جهت-گیری، نفوذ حرارت و باد به معابر تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

• **مصالح (جنس، رنگ) بدنه و کف بلوک‌های شهری**

فاکتوری که می تواند بر میزان دمای سطوح تاثیرگذار باشد، نوع مصالح سطوح مختلف است، زیرا مصالح مختلف به دلیل دارا بودن ویژگی‌های متفاوتی از قبیل ظرفیت حرارتی، ضریب انتقال حرارت، آلبدو و ضریب انعکاس و ... می‌توانند در میزان گرمایش سطوح مختلف مداخله کرده و جریانات گرمایی متفاوتی ایجاد کنند و به طور کلی بر روی آسایش حرارتی محیط بیرونی تاثیرگذار باشند. به عنوان مثال استفاده از گل، کاهگل و مشتقات آن به دلیل ظرفیت حرارتی بالا و یا آجر به دلیل رنگ روشن آن با توجه به شرایط اقلیمی شهر یزد، در تعدیل دمای محیط کارایی خوبی دارند. معمولاً مصالح با رنگ‌های تیره چون آسفالت تیره خیابان‌ها، سبب جذب بیشتر نور خورشید و مصالح روشن سبب انعکاس بیشتر نور می‌شوند. جنس و رنگ مصالح بایستی به نحوی باشدکه حداقل جذب آفتاب در فصول گرم سال را فراهم کند و از افزایش دمای متوسط تابشی ناشی از بازتابش مصالح چلوگیری نماید.

• **پوشش گیاهی**

وجود پوشش گیاهی در فضاهای باز شهری و در سطح معابر بر روی رطوبت موجود در محیط و تعدیل هوا تاثیرگذار است و سبب تغییر دمای سطح خواهد شد. آرایش، نوع و چیدمان فضایی درختان (به صورت پیوسته، پراکنده و یا فاقد پوشش گیاهی، نوار سبز یا پوشش سبز لکه‌ای) به عنوان فاکتوری تاثیرگذار بر کیفیت و آسایش گرمایی محیط می‌باشد.

۷- جمع بندی و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با مطالعه متمرکز بر بخشی از اراضی ۱۷.۵ هکتاری پشت سیلو یزد، عوامل تاثیرگذار بر آسایش حرارتی را مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد توجه به شاخص‌های مورفولوژی شهری نظیر: ارتفاع ساختمان، نوع ساختمان، سطح اشغال، قطعه‌بندی، اندازه بلوک، شکل بلوک، تراکم و غیره از جمله عوامل تاثیرگذار بر شرایط آب و هوایی بیرون ساختمان، میزان تقاضای انرژی در بافت‌های شهری، کیفیت هوا، شکل‌گیری جزایر حرارتی و آسایش حرارتی است. بدیهی است رویکرد طراحی اکولوژیکی با ایجاد اصلاحات در مورفولوژی و ساختار شهری می‌تواند در شرایط آب و هوایی خرد (میکرواقلیم) موثر بوده و علاوه بر افزایش انرژی کارایی در بافت‌های شهری، سبب افزایش حضور کاربران فضا از طریق تامین اسایش حرارتی مورد نیاز آنها شود. به عبارتی دیگر، شهرسازی همساز با اقلیم می‌تواند با برداشت پارامترهای اقلیمی به عنوان ساختار هدایت کننده، به هدایت فرم منجر شود و فرم شهری وقتی که تحت تاثیر پارامترهای باد، تابش و ... قرار می‌گیرد، به صورت خود سازمان دهنده می‌تواند شکل یابد و بافت شهری ایجاد شده تحت این فرم، آسایش اقلیمی را برای استفاده‌کنندگان خود فراهم می‌آورد.

مروری بر تحقیقات متعدد در این پژوهش نشان می‌دهد که ساختار و فرم شهری، نقشی تعیین کننده‌ای در راستای کاهش و افزایش معضلات زیست‌محیطی، نظیر گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی دارد. در واقع فرم شهر از جمله مهمترین عواملی است که طراحی شهری با مداخله در ابعاد گوناگون آن می‌تواند بر میزان اتلاف انرژی و وابستگی به سوخت‌های فسیلی اثرگذار باشد. در واقع با اعمال تغییراتی در ابعاد فضایی، کالبدی و محیطی فرم شهر و از طریق دستکاری ویژگی‌های هندسی بلوک‌های شهری چون ارتفاع، ابعاد و اندازه، جهت‌گیری، فرم چینش بلوک‌ها، مصالح (جنس، رنگ) بدنه و کف بلوک‌های شهری، محصوریت (نسبت ارتفاع به عرض یا نسبت سیما)، نمایانی آسمان یا ضریب دید به آسمان (SVF)، الگو (ساختار) شبکه معابر و پوشش گیاهی (نوع و تراکم آن) در جهت همسازی و هماهنگی با متغیرهای اقلیمی، در فرایند برنامه‌ریزی و طراحی شهری، می‌توان سبب خلق فضایی شد که آسایش حرارتی را برای تمام فصل‌ها فراهم کند. بدیهی است فضای شهری که بر پایه اصول دانش طراحی اقلیمی طراحی گردد، محیط مطلوبی از نظر آسایش حرارتی برای کاربران خود فراهم می‌کند. با تمهیدات طراحی شهری از قبیل رعایت تناسبات کالبدی در هر اقلیمی، توده‌گذاری و جهت‌گیری صحیح توده‌ها و چیدمان فضایی مناسب به منظور بهره‌مندی هم زمان از انرژی تابشی و

جریان‌های باد غالب، استفاده از پوشش گیاهی بومی، استفاده از مصالح مناسب در بام، کف و جداره‌ها، به کارگیری شبکه آبگذر سطحی و ... در طراحی فضاهای شهری باعث می‌شود بتوان به گونه‌ای موثر، آسایش حرارتی را در بافت‌های شهری بهبود بخشید و انرژی کارایی در بافت‌های شهری را فراهم نمود.

مراجع:

۱. باطنی، محمدرضا (۱۳۸۴)، فرهنگ معاصر انگلیسی به فارسی، انتشارات فرهنگ معاصر، تهران

۲. بحرینی، سیدحسین، خسروی، حسین (۱۳۹۴)، بررسی تطبیقی تاثیر ویژگی‌های خرده اقلیم در الگوی رفتارهای شهری نمونه موردی: فضای شهری یزد (اقلیم گرم و خشک) و فومن (اقلیم معتدل و مرطوب)، محیط‌شناسی، دوره ۴۱، شماره ۲، ۴۶۵-۴۸۲

۳. بهزادفر، مصطفی و علیرضا منعام (۱۳۸۹)، تاثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری بررسی بوستان-های منتخب شهر تهران، آرمانشهر، شماره ۵، ۲۳-۳۴

۴. پاکزاد، جهانشاه (۱۳۸۵)، مبانی نظری و فرایند طراحی شهری، وزارت مسکن و شهرسازی، انتشارات شهیدی، تهران

۵. پورجعفر، محمدرضا، علی اکبر تقوایی، پرویز آزاد فلاح، علیرضا صادقی (۱۳۹۳)، بازخوانی ابعاد زیبایی شناسی محیطی فرم شهر؛ مورد پژوهی: استخوان بندی اصلی شهر تاریخی اصفهان، مدیریت شهری، شماره ۳۵، ۸۷-۱۰۲

۶. ثقه الاسلامی، عمیدالاسلام (۱۳۹۰)، عناصر لازم برای تدوین نظریه فرم شهر در فرهنگ سنتی-اسلامی، نشریه پیام مهندس، سال یازدهم، شماره ۵۴، ۱۰۰-۹۶

۷. حاجی‌پور، خلیل و نرجس فروزان (۱۳۹۳)، بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی، نمونه موردی: شهر شیراز، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۱۹، شماره ۴، ۲۶-۱۷

۸. حبیب، فرح (۱۳۸۵)، کندوکاوی در معنای شکل شهر، مجله هنرهای زیبا، شماره ۲۵، ۱۵-۵

۹. حمیدی، ملیحه (۱۳۷۲)، نقش فرم، الگو و اندازه شهر در کاهش آسیب پذیری از زلزله، هشتمین سمینار بین المللی پیش بینی برابر زلزله تهران، دانشگاه تهران و بنیاد مسکن انقلاب اسلامی

۱۰. حیدری نژاد، قاسم، دلفانی، شهرام، زنگنه، محمدامین و حیدری نژاد، محمد (۱۳۸۸)، آسایش حرارتی، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۱۱. دانشپور، سید عبدالهادی، راضیه رضازاده و فرزان سجودی و مریم محمدی (۱۳۹۲)، بررسی کارکرد و معنای فرم شهر مدرن از منظر نشانه‌شناسی لایه‌ای، نامه معماری و شهرسازی، دو فصلنامه دانشگاه هنر، شماره ۱۱، ۸۷-۷۱

۱۲. ذکاوت، کامران (۱۳۹۲)، جایگاه سازمان کالبدی در طراحی شهری، نشریه صفه، شماره ۶۰، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۹۰-۶۵

۱۳. رضازاده، راضیه و عماد آقاجان بیگلو (۱۳۸۹)، الگوی پیشنهادی برای توده‌گذاری در قطعات مسکونی ردیفی بررسی تطبیقی دو الگوی توده‌گذاری در بلوک‌های مسکونی با معیار آسایش حرارتی، نامه معماری و شهرسازی، دو فصلنامه‌ی دانشگاه هنر، شماره ۷، ۱۶۵-۱۸۴

۱۴. رفیعیان، مجتبی، آرمان فتح جلالی و هاشم داداش‌پور (۱۳۹۰)، بررسی و امکان‌سنجی تاثیر فرم و تراکم بلوکهای مسکونی بر مصرف انرژی شهر، نمونه موردی: شهر جدید هشتگرد، نشریه آرمان شهر، شماره ۶، ۱۱۶-۱۰۷

۱۵. شمسی‌پور، علی اکبر، داریوش یاراحمدی، فرزاد سلمانیان (۱۳۹۴)، کاربرد اصول دانش طراحی اقلیمی در طراحی فضاهای شهری با تاکید بر آسایش حرارتی- تحقق طراحی و نتایج از پروژه سهیل، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، ۱۵۹-۱۴۳

۱۶. علی اکبری، حجت (۱۳۹۱)، تحلیل ریخت‌شناسی بافت شهری با رویکرد انرژی کارایی نمونه موردی: شهر یزد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده معماری و شهرسازی

۱۷. لینچ، کوین (۱۳۸۱)؛ تئوری شکل شهر، ترجمه سیدحسین بحرینی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۱۸. محمودی، سیدامیرسعید، سیده ندا قاضی زاده، علیرضا منعام (۱۳۸۹) تاثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی، نمونه مورد مطالعه: فاز سه مجتمع مسکونی اکباتان، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، شماره ۴۲

۱۹. منشی‌زاده، رحمت‌اله، سیدابراهیم حسینی و عقیل اجاق و سیده حمیده شعبانی (۱۳۹۲)، آسایش حرارتی و تاثیر ارتفاع ساختمان‌ها بر خرداقلیم فضاهای شهری نمونه موردی: خیابان شهرداری تهران

(حدفاصل میدان تجریش تا قدس)، فصل نامه آمایش محیط، شماره ۲۰، ۱۲۶-۱۰۹

20. 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

21. Berkovic S, Yezioro A, Bitan A. (2012) Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate. Sol Energy;86:1173-86

22. Bosselmann, P. Arens, E. Dunker, K. Wright ,R (1995): Urban Form and Climate: Case Study, Toronto, Journal of the American Planning Association, 61:2, 226-239

23. Bourbia F, Boucheriba F. (2010) Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). Renew Energy;35:343-7

24. Cowan, Robert (2005), the dictionary of urbanism, streetwise press, London,

25. Crook, Kenneth F. (2007) Britannica Concise Encyclopaedia, Encyclopaedia Britannica Corp(Available at: www.britannica.com)

26. Cuthbert, Alexander (2005) Urban Design and Spatial Political Economy: Review of Critique of the 50 Years.

27. Dalman, M. Salleh, E (2011), Microclimate and Thermal Comfort of Urban Forms and Canyons in Traditional and Modern Residential Fabrics in Bandar Abbas, Iran, Modern Applied Science, Vol. 5, No. 2;

28. Dempsey, N., et al., (2010), Elements of urban form, in Dimensions of the sustainable city. Springer. p. 21-51

29. Elnabawi, M H., Hamza, N, Dudek, S (2014), Numerical modelling evaluation for the microclimate of an outdoor urban form in Cairo, Egypt ,Housing and Building National Research Center ,HBRC Journal

30. Erell E, Pearlmutter D, Williamson TJ. (2012) Urban microclimate: designing the spaces between buildings. Earthscan

31. Fanger, Po. (1972), Thermal Comfort : Analysis and applications in environmental engineering New York, McGraw Hill

32. Forgiarini Rupp, R. Vásquez, N G. Lamberts R (2015) A review of human thermal comfort in the built environment, Energy and Buildings,105, 178-205

33. Gagge, Ap, Fobelets, Ap & Berglund, Pe (1986), A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Transactions.

34. Givoni B. (1998).Climate considerations in building and urban design. Wiley

35. Jabareen, osef Rafeq (2006) Sustainable Urban Forms Their Typologies, Models, and Concepts, Journal of Planning Education and Research 26:38-52

36. Jabareen, Y. R, (2006) Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts, Journal of Planning Education and Research, Vol. 26, No. 1.

37. Johansson E. (2006) Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco. Build Environ;41:1326-38

38. Krüger E.L., Minella F.O., Rasia F. (2011), Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil, Building and Environment, 46, 621-634

39. Middel, A. HB, K. Anthony J. Brazel, Chris A. Martin, Subhrajit Guhathakurta (2014), Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones, Landscape and Urban Planning, 122, 16-28

40. Noori Kakon, A, Mishima, N (2012), The Effects of Building Form on Microclimate and Outdoor Thermal Comfort in a Tropical City, Journal of Civil Engineering and Architecture, Nov. 2012, Volume 6, No. 11 (Serial No. 60), pp. 1492–1503

41. Oke TR. (1987). Boundary layer climates. New York: Routledge

42. Olgyay V. (1963).Design with Climate. Princeton NJ: Princeton University Press

43. Paramita ,B, Fukuda. H, (2013) Study on the affect of aspect building form and layout case study: Honjo Nishi Danchi, Yahatanishi, Kitakyushu – Fukuoka, Procedia Environmental Sciences 17 , 767 – 774

44. Rapoport, A. (1990). History and Precedent in Environmental Design, Cambridge: MIT Press

45. Ratti C, Raydan D, Steemers K. (2003). Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. Energy Build;35:49-59.

46. Reeve, J.,Deci, E.L. and Ryan, R.M. (2003). Self-determination theory: A dialectical framework, Greenwich, Information Age Press.

47. 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

48. Soja, E.W (2010), Seeking Spatial Justice, Minneapolis: University of Minnesota Press

49. Steemers K, Baker N, Crowther D, Dubiel J, Nikolopoulou MH, Ratti C. (1997).City texture and microclimate. Urban Des Stud;3:25-50.

50. Taleghani M, Sailor DJ, Tenpierik M, van den Dobbelsteen A. (2014) Thermal assessment of heat mitigation strategies: the case of Portland State University, Oregon, USA. Build Environ;73:138-50

51. Taleghani M, Tenpierik M, Dobbelsteen A. (2012) Environmental impact of courtyards e a review and comparison of residential courtyard buildings in different climates. Green Build;7:113-36

52. Taleghani. M, Kleerekoper. L, Tenpierik. M, Dobbelsteen A (2015), Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands, Building and Environment, 83, 65-78

53. Trancik, roger (1986), finding lost space: theories of urban design, cornell university ,new york

54. Xuan. Y, Yang. G, Akashi Mochida. Q, (2016) Outdoor thermal environment for different urban forms under summer conditions. BUILD SIMUL, 9: 281–296

55. Yang, F. Qian, F. S.Y. Lau ,S (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

56. Yezioro A, Capeluto IG, Shaviv E. (2006). Design guidelines for appropriate insolation of urban squares. Renew Energy;31:1011-23.

57. Zabeti Targhia,M, 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