

عناصر بومی، پاسخ به اقلیم؛ مبتنی بر جایگاه تناسبات فیزیکی ایوان و حیاط مرکزی در تعادل دمای خانه‌های بافت تاریخی شیراز*

جمشید کریم‌زاده^۱، جمال‌الدین مهدی‌نژاد درزی^{۲*}، باقر کریمی^۳

۱۴۰۱/۰۴/۲۹

تاریخ دریافت مقاله :

۱۴۰۱/۰۹/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله :

چکیده

بیان مساله: زندگی در متن طبیعت، انسان‌های بومی را بر این واداشت تا دست به ابداع فضاهایی بزنند همسو با آن. لذا ذهن خلاق و توانگر آن‌ها عناصری هم‌خوان و پاسخگو با اقلیم را بنا نهاد. با تلفیقی از آب و گیاه خرد اقلیمی همانند حیاط مرکزی را ساختند که فرهنگ و اقلیم را تحت سیطره خود قرار داده بود؛ فضای نیمه‌بازی هم‌چون ایوان را خلق کردند که از بهینه‌ترین دمای محیطی بهره‌مند گردند.

سوال تحقیق: تناسب کالبدی ایوان‌ها و حیاط‌ها چه تاثیری بر شاخص آسایش حرارتی در فضاهای نیمه‌باز و باز دارند؟ نزدیک‌ترین همبستگی را کدامیک از پارامترهای فیزیکی با شاخص آسایش حرارتی در ایوان‌ها داشته‌است؟ نقش متغیر ایوان-حیاط بر شاخص‌های موثر بر آسایش محیطی در فضاهای باز و نیمه‌باز چگونه بوده‌است؟

اهداف تحقیق: هدف از پژوهش حاضر تاثیر تناسبات فیزیکی فضاهای باز و نیمه‌باز بر عملکرد حرارتی خرد اقلیم‌ها در خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز و با رویکرد آسایش حرارتی در آن فضاها بوده‌است.

روش تحقیق: روش تحقیق این پژوهش رویکردی کمی-مقایسه‌ای داشته‌است. در روش میدانی (تجربی) داده‌های آب و هوایی با کمک وسایلی همانند ترموهیگرومتر و ترموپیرومتر برداشت شده‌است. سپس از طریق روش شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار انوی‌مت مجدداً داده‌های اقلیم برداشت و تحلیل شده‌اند، و با استفاده از نرم‌افزار بیومت شاخص آسایش حرارتی PET مورد سنجش قرار گرفته‌است. در نهایت توسط نرم‌افزار SPSS23 همبستگی متغیرهای اقلیمی به‌همراه شاخص‌های کالبدی ایوان و حیاط مرکزی صحت‌سنجی شده‌است.

مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری تحقیق: یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که میزان میانگین PET در حیاط بیش‌تر از ایوان بوده و مولفه ایوان-حیاط سبب افزایش تاثیر داده‌های آب و هوایی بر این شاخص شده‌است. در بین داده‌های آب و هوایی، رطوبت فاقد اثر بر شاخص PET است. کم‌ترین میزان دمای تابشی ثبت شده در ایوان شمالی خانه سعادت بوده که تفاوت آن با ایوان خانه منطقی‌نژاد ۲/۹۲ و ایوان غرب خانه سعادت ۲۳/۸ درجه سانتیگراد بوده‌است. ایوان شمالی خانه سعادت بهینه‌ترین شاخص آسایش را به خود اختصاص داده‌است. از میان فاکتورهای فیزیکی خانه‌ها دیده شد که ارتفاع ایوان از سطح حیاط، عرض و مساحت گشایش فضایی ایوان در نما نزدیک‌ترین همبستگی را با شاخص آسایش حرارتی داشته‌اند. با این وجود ایوان شمالی خانه سعادت با داشتن تمامی مختصات معرفی شده از دمای کم‌تری برخوردار بوده‌است. با توجه به نتایج، دیده شد که با افزایش عرض و مساحت گشایش فضایی ایوان در نما و افزایش ارتفاع از سطح حیاط از یک سو و میزان سایه‌اندازی حیاط از دیگر سو، شاهد کاهش دمای تابشی و بهبود شاخص آسایش حرارتی خواهیم بود.

کلمات کلیدی: آسایش حرارتی، فضای مابین (ایوان)، حیاط مرکزی، تناسبات فضایی، دمای معادل فیزیولوژیک، دمای متوسط تابشی.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان « اصول کنترل دما در شکل‌گیری جزایر گرمایی مبتنی بر بازجست راهبردهای معماری بوم‌گرا» که با راهنمایی دکتر جمال‌الدین مهدی‌نژاد درزی و مشاوره دکتر باقر کریمی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر در حال انجام است.

۱- دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران E-mail: jamboy_27884@yahoo.com

۲- استاد، مدعوگروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

استاد، گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)

E-mail: Mahdinejad@sru.ac.ir

۳- استادیار، گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران E-mail: b.karimi@iaubushehr.ac.ir

۱- مقدمه

با انقلاب صنعتی و پیشرفت تکنولوژی، بسیاری از خانه‌های سنتی به یکباره دستخوش تغییرات و تحولات زیادی گردیدند. لذا توجه به نقش فضاهای اقلیمی گذشته و چگونگی نحوه بازخوانی الگوهای بومی-اقلیمی به‌ویژه فضاهای واسط و اهمیت آن در تامین آسایش ساکنین از اهمیت بسزایی برخوردار است (مهدوی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). از میان عوامل موثر در طراحی خانه‌های سنتی ایرانی، اقلیم و فرهنگ هر دو نقش بسیار مهمی را ایفا کرده‌اند (پروردی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). ایجاد کیفیت مطلوب در فضای معماری به عنوان یکی از اصلی‌ترین اهداف پژوهشگران بوده است که اصل آن با اتکا بر تجربیات بشری و دستاوردهای انسان پیشین، بنیان نهاده شده است (حمزه‌نژاد و رادمهر، ۱۳۹۶). خانه‌های بومی ایران ارتباط معنی‌داری با مولفه‌های اقلیمی پیرامون خود دارند، اقلیم‌گرایی دیدگاهی بنیادی در طراحی خانه ایرانی بوده است و فضاهای باز و نیمه‌باز در شکل دادن به این الگوها نقش موثری داشته‌اند (نیکقدم، ۱۳۹۲). فضای نیمه‌باز به‌عنوان فضایی مطلوب برای زندگی مردم در مناطق شهری به‌شدت بر کیفیت زندگی تأثیرگذار است و توانایی متعادل کردن سطح نوسانات آسایش حرارتی زندگی انسان‌ها را دارد (Chen & Neg, 2012). رسیدن به فهم صحیح و روشنی از ایوان مستلزم تجزیه و تحلیل عملکرد حرارتی آن‌ها در قالب فضاهای بومی ایرانی است تا جنبه‌های ماهیتی و عملکردی آن در تمامی وجوه درک شود، بدین ترتیب شناخت و استفاده از توان‌های نهفته در اقلیم در فراهم کردن آسایش محیطی در فضاهای باز و نیمه‌باز از اهمیت خاصی برخوردار هستند. با این اوصاف تحلیل دمایی خانه‌های ایوان‌دار با حیاط‌های اطراف، زوایای متعددی از نحوه عملکرد این ایوان‌ها و تأثیرات آن‌ها بر دمای خود و محیط پیرامون را آشکار خواهد کرد. در پژوهش حاضر، هدف اصلی سنجش عملکرد حرارتی ایوان‌ها در کنار حیاط ۲ خانه تاریخی در شهر شیراز است، نمونه‌های شاهد گرفته شده شامل عناصر اقلیمی تشکیل دهنده و همراستا با موضوع تحقیق بوده‌اند که از طریق کمی مبتنی بر شیوه میدانی

به همراه دستگاه‌های برداشت و اندازه‌گیری دما و رطوبت و همچنین جمع‌آوری اطلاعات میدانی از طریق سامانه‌های آب و هوایی و در نهایت باروش شبیه‌سازی نرم‌افزاری اطلاعات تحلیل و ارزیابی شده و نتایج پژوهش مستخرج شده‌اند.

۲- پرسش‌های تحقیق

بر اساس طرح مساله مدنظر این پژوهش، سوالات کلیدی زیر ایجاد شده است:

- تناسب کالبدی ایوان‌ها و حیاط‌ها چه تأثیری بر شاخص آسایش حرارتی در فضاهای نیمه‌باز و باز دارند؟
- نزدیک‌ترین همبستگی را کدامیک از پارامترهای فیزیکی با شاخص آسایش حرارتی در ایوان‌ها داشته است؟
- نقش متغیر ایوان-حیاط بر شاخص‌های موثر بر آسایش محیطی در فضاهای باز و نیمه‌باز چگونه بوده است؟

۳- فرضیه تحقیق

عناصر اقلیمی نظیر ایوان و حیاط مرکزی توانسته‌اند با تناسب کارآمدشان در کاهش دمای محیط موثر واقع شوند، لذا به‌نظر می‌رسد که متغیر ایوان با توجه بهره‌گیری مناسب‌تر از سایه‌اندازی و تناسب فیزیکی و در جهت‌گیری در دریافت تابش خورشیدی و دریافت باد، عملکرد حرارتی بهتری را نسبت به حیاط داشته است.

۴- پیشینه تحقیق

در مورد آسایش حرارتی در فضای باز تحقیقات بسیاری شکل گرفته است اما در فضاهای حدواسط مانند ورودی و یا ایوان تحقیقات بسیار اندک است (برزگر و حیدری، ۱۳۹۶: ۲۳). با هدف بررسی میزان تأثیرگذاری عناصر الحاقی نما، سایبان و تأثیر آن‌ها بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در اقلیم گرم و خشک و در شهر کاشان تحقیقی در سال ۱۳۹۶ صورت پذیرفت، روش پژوهش، تحلیل کمی-مقایسه‌ای است که از طریق تکنیک شبیه‌سازی انوی‌مت انجام شده است. نتایج حاکی از تأثیرگذاری قابل توجه ایجاد سایه در کاهش میزان



اثرگذاری مثبت داشته‌است. لذا هرچه سایه بیش‌تر باشد همبستگی قوی‌تر است (Lyu et al., 2019). در تحلیل عملکرد حرارتی انجام‌شده بر ۲ ایوان موجود در شیراز (اقلیم گرم و خشک) و سواد کوه (اقلیم معتدل و مرطوب) دیده‌شد که حضور سایه، آسایش حرارتی بهتری را در فضای باز در زمستان و تابستان در هر دو اقلیم ایجاد می‌کند. لذا نمای ساختمان بهبود یافته و تغییر در رفتار سرنشینان و سیستم‌های انرژی کارآمدتر و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همگی در ایجاد دمای آسایش موثر هستند (Habib et al., 2015). معیارهای طراحی موثر در آسایش حرارتی فضای باز عمومی در بخشی از مجتمع مسکونی اکباتان و با روش شبیه‌سازی انوی‌مت صورت پذیرفته‌است. میزان دمای متوسط تابشی و سپس آسایش حرارتی بر اساس دمای معادل فیزیولوژیک برای گیرنده‌های مدنظر مورد سنجش قرار گرفته‌است. یافته‌های تحقیق حاکی از وجود رابطه معنادار بین سایه، دید به آسمان و فاصله نقاط تا موانع سخت با آسایش حرارتی بوده‌است (محمودی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهشی که در سال ۱۳۹۷ در شهر مشهد صورت گرفته‌است، به ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر شاخص آسایش حرارتی بیرونی پرداخته‌است. با استفاده از داده‌های ایستگاه هوا شناسی در بازه ۱۰ ساله (۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷) و با استفاده از نرم‌افزار ریمن، دمای معادل فیزیولوژیک (پر استفاده‌ترین شاخص آسایش حرارتی بیرونی) مورد سنجش قرار داده شده‌است. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که طی ۱۰ سال PET^۵ +۱/۴ درجه سانتیگراد در اسفند ماه افزایش داشته‌است و این عدد در فصل تابستان و ماه تیر به ۱/۱+ درجه سانتیگراد رسیده‌است و نتایج نشان می‌دهد که فصل تابستان و بهار در حال ورود به محدوده تنش گرمایی و فصول سرد به سمت گرم‌تر شدن و ورود به محدوده آسایش حرارتی بیرونی است (تئاگردرانی و همکاران، ۱۳۹۷). در تحقیقی، از نرم‌افزاری انوی‌مت در تغییرات خواص فیزیکی و هندسی یافت شهر استفاده شده‌است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، دیده شد که افزایش میزان پوشش گیاهی و روسازی‌های نفوذپذیر دمای هوا را تا ۳ درجه کلون کاهش خواهند داد. لازم به ذکر است که چندین حیاط و خیابان با جهات مختلف جغرافیایی مورد

تابش دریافتی نسبت به پارامترهای دیگر هم‌چون استفاده از سطوح با بازتاب حرارتی پایین بوده‌است (احمدپور کله‌رودی و همکاران، ۱۳۹۶). هدف از پژوهش فتاحی و همکاران، بررسی فضاهای باز بافت تاریخی کاشان از نظر شکل، هندسه و نوع فضای باز و اثر آن بر وضعیت حرارتی این فضاها بوده‌است. با انجام مطالعات میدانی و پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت، سرعت جریان هوا) ثبت گردید و محدوده آسایش حرارتی پاسخ دهندگان با نرم‌افزار ریمن^۲ مشخص شده‌است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که کاربری و ماهیت فضای باز می‌تواند در بروز آسایش حرارتی نقش موثری داشته‌باشد. افراد در فضاهای باز خصوصی (حیاط) احساس آسایش بهتر و با وضعیت هوا سازگاری بیش‌تری نشان می‌دهند. بنابراین مهم‌ترین نتیجه، اثبات تاثیر نوع و هندسه فضای باز با آسایش افراد است (فتاحی و همکاران، ۱۴۰۰). در سال ۱۳۹۸ پژوهشی مبنی بر سنجش سطح سازگاری حیاط مرکزی خانه‌های سنتی با شرایط اقلیمی در شهر شیراز صورت گرفت. روش پژوهش کمی بوده و طبق شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار Envi-met سنجش عملکرد حرارتی حیاط مرکزی‌ها انجام شده‌است. در این راستا ویژگی‌های فیزیکی نظیر درصد فضای باز، جهت‌گیری، زاویه دید به آسمان، آب و مصالح مشخص مورد آزمون قرار گرفته‌اند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که در خانه‌هایی که دارای ضریب دید آسمان و مساحت کم‌تری هستند و سایه‌اندازی بیش‌تری وجود دارد، شرایط آسایش حرارتی بهتری برای ساکنین فراهم شده‌است (کرمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۸). در سال ۲۰۱۹ پژوهشی مبنی بر اثر مورفولوژی شهری بر آسایش حرارتی صورت گرفت. تکنیک به‌کار گرفته‌شده در تحقیق، شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار انوی‌مت بوده‌است و مولفه‌هایی نظیر دمای هوا، دمای سطح، رطوبت نسبی، سرعت باد، میانگین دمای تابشی به همراه شاخص آسایش حرارتی PMV^۴ مورد سنجش قرار گرفته‌اند. نتایج حاکی از آن بوده که تابش خورشید بر تمامی پارامترها در خرداقلیم تاثیرگذار است به جز بر سرعت باد. هم‌چنین همبستگی نقطه به نقطه بین SVF (ضریب دید آسمان) و MRT (میانگین دمای تابشی) وجود دارد و این همبستگی در شب، منفی بوده و در روز همبستگی



در مقایسه با دمای هوا بوده‌است، که مبین ناکارآمد بودن دمای هوا به عنوان تنها متغیر بررسی تعدیل حرارت شهرها است (احمدی ونهری و همکاران، ۱۳۹۹).

۵- روش تحقیق

روش‌شناسی پژوهش برگرفته از روش تحقیق کمی-مقایسه‌ای بوده‌است. در جدول ۱ مشخصات منازل انتخابی معرفی شده‌است و سپس با روش میدانی و با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری در تاریخ‌های مدنظر داده‌های آب و هوایی و کالبدی اندازه‌گیری و نتایج جمع‌بندی شده‌است. فرایند شبیه‌سازی طبق برداشت‌های مرحله اول صورت‌گرفته و شیوه‌های محاسباتی و نمودارها و جداول خروجی از نرم‌افزارها تحلیل شده‌اند. سپس شبیه‌سازی داده‌های میدانی توسط نرم‌افزار انوی‌مت نسخه ۴.۴.۴ ساینس انجام شده‌است.

جدول ۱- مشخصات موقعیت تاریخی بناهای انتخابی در بافت

تاریخی شیراز (ماخذ: نگارندگان)

| نام بنا | قدمت | تاریخ ثبت | شماره | آدرس |
|-----------------|-------------|------------------|-------|---|
| خانه سعادت | قاجار | ۱۳۸۲/۰۸/۰۲ | ۱۰۴۸۱ | خیابان دستغیب، گذر سنگ سیاه، روبروی آرامگاه سبویه |
| خانه منطقی نژاد | اواسط قاجار | ۱۳۵۲ (۱۳۱۱ قمری) | ۱۴۹۰ | خیابان احمدی، کوچه پشت مسجد نو |

۵-۱- اندازه‌گیری میدانی

برای راستی‌آزمایی بهتر و دقیق‌تر نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی‌ها، تمامی پارامترهای مدنظر به صورت میدانی در محیط‌های انتخابی مورد بررسی قرار گرفتند. وسایل آزمایشگاهی هم‌چون ترموپرومتر^۱ جهت تعیین دمای سطح دیوارها و کف و ترموهیگرومتر^۲ جهت تعیین بیش‌ترین و کم‌ترین دمای محیطی و رطوبت در اندازه‌گیری‌ها، مورد استفاده قرار گرفته‌اند (تصویر ۱).



ترموهیگرومتر

تصویر ۱- ترموپرومتر

(ماخذ: نگارندگان)

آزمون قرار گرفته‌اند. دمای هوا، دمای متوسط تابشی و رطوبت و شاخص آسایش حرارتی PET از پارامترهای اصلی مورد ارزیابی قرار گرفته‌شده در این تحقیق بوده‌است (Maleki & Mahdavi, 2016). در تحقیق صورت گرفته در شهر سوربای^۳ اندونزی، تاکید بر تاثیر پارامترهای کالبدی بر شاخص‌های آب و هوایی، هم‌چنین تمرکز اصلی بر متغیرهایی نظیر، نسبت پوشش ساختمان، نسبت مساحت قطعات، نسبت ابعاد، فشردگی حجمی و پوشش زمین بوده‌است. روش تحقیق کمی و بر مبنای شبیه‌سازی انوی‌مت بوده‌است و پارامترهای اقلیمی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و دمای متوسط تابشی مورد سنجش قرار گرفته‌اند. نتایج نشان از همبستگی قوی پوشش ساختمان با میانگین دمای متوسط تابشی دارد (Iliyin et al., 2019). معماری سنتی و بومی ایران خصوصا در اقلیم گرم و خشک، گویای توانایی بناها در تامین آسایش بدون استفاده از تجهیزات مکانیکی بوده‌است. ارتباط ساختار هندسی در جهت رسیدن به شرایط بهینه آسایش با کم‌ترین مصرف انرژی، مهم‌ترین رکن خانه‌های سنتی بوده‌است. با بررسی الگوی به‌دست آمده از نمونه‌های انتخابی در شیراز، می‌توان رعایت هندسه و تامین شدن شرایط سرمایش ایستا را به یکدیگر نسبت داد و به بیان دیگر تناسب عددی موجود توانسته‌است در زمان طراحی، ساختاری از ابعاد و هم‌نشینی اجزا را تولید کند که در استاندارد مصرف انرژی، پاسخگو باشد (پسران و همکاران، ۱۳۹۸). برای ارزیابی الگوی پوشش گیاهی و هندسه فضای باز محلی بر آسایش حرارتی با نرم‌افزار انوی‌مت، عملکرد چهار پارامتر اصلی دمای هوا، سرعت باد، میانگین دمای تابشی و رطوبت نسبی مورد آزمون قرار گرفته‌است. محاسبات دمای معادل فیزیولوژیک نیز از طریق نرم‌افزار بیومت و با توجه به داده‌های ورودی نرم‌افزار صورت پذیرفته‌است (یادگاری و سجاذزاده، ۱۴۰۰) در سال ۱۳۹۹ در اصفهان، پژوهشی مبنی بر تبیین نقش شاخص ضریب دید آسمان در اقلیم شهری صورت گرفته‌است. در این تحقیق از شیوه میدانی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری انوی‌مت بهره برده شده‌است. از نتایج پژوهش تاثیر مستقیم و بیش‌تر SVF بر دمای تابش، دمای سطح، دمای بیولوژیک، احساس حرارتی و



شرایط یکسانی برای همه ایوان‌ها داشته‌است. ابعاد دقیق ایوان‌ها و در کنار آن‌ها حیاط و باغچه‌ها و در صورت وجود حوض آب، ارتفاع ایوان از سطح حیاط، عرض و عمق و ارتفاع ایوان‌ها، ارتفاع دیوار حیاط‌ها و همچنین مصالح جداره‌ها برداشت شدند (جدول ۴ و ۵). لازم به ذکر است که جهت اعتبارسنجی و کسب اطلاعات میدانی بیشتر و برداشت داده‌های آب و هوایی در مدت زمان طولانی‌تر، بعد از کاهش همه‌گیری کووید ۱۹، مجدداً در ۲ روز متفاوت داده‌های میدانی مورد سنجش قرار گرفتند. خانه سعادت در تاریخ ۱۴۰۱/۰۵/۰۲ و خانه منطقی‌نژاد ۱۴۰۱/۰۵/۰۶ مورد آزمون قرار گرفتند. در جدول ۳ نتایج داده‌های آب و هوایی تدوین شده‌است.

جدول ۳- برداشت داده‌های آب و هوایی (ماخذ: نگارندگان)

| نام بنا | بیشینه دمای حیاط | کمینه دمای حیاط | بیشینه رطوبت حیاط | کمینه رطوبت حیاط |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| خانه سعادت | ۴۲/۱ | ۳۷/۸ | ٪۳۳ | ٪۱۹ |
| ساعت ۹:۰۰ الی ۱۸:۰۰ روز ۱۴۰۱/۰۵/۰۲ | | | | |
| خانه منطقی‌نژاد | ۴۱/۶ | ۳۷/۱ | ٪۳۰ | ٪۱۹ |
| ساعت ۱۰:۰۰ الی ۱۷:۰۰ روز ۱۴۰۱/۰۵/۰۶ | | | | |
| نام بنا | بیشینه دمای ایوان | کمینه دمای ایوان | بیشینه رطوبت ایوان | کمینه رطوبت ایوان |
| خانه سعادت | ۳۹/۳ | ۳۴/۹ | ٪۳۲ | ٪۲۲ |
| | ۴۰/۴ | ۳۵/۲ | ۳۱٪ | ۲۳٪ |
| خانه منطقی‌نژاد | ۴۱/۸ | ۳۴/۲ | ۳۲٪ | ٪۲۰ |

طبق جدول ۲ دماهای محیطی و رطوبت موجود ۲ بنا از طریق آزمایش‌های میدانی انجام شده‌است. به علت عدم سهولت برداشت میدانی بابت مسکونی بودن منازل و یا تحت تصرف قرار داشتن توسط ارگان‌های مختلف و همه‌گیری کووید ۱۹ اندازه‌گیری به صورت محدود صورت گرفته و نتایج از طریق نرم‌افزار انوی‌مت راستی آزمایی شده‌است. خانه سعادت در تاریخ ۱۳۹۹/۰۲/۱۷ از ساعت ۸:۰۰ صبح تا ۱۳:۰۰ بعدازظهر و خانه منطقی‌نژاد در تاریخ ۱۳۹۹/۰۳/۱۱ از ساعت ۱۴:۰۰ تا ۱۹:۰۰ هر ساعت یک‌بار متغیرهای اقلیمی شامل دما و رطوبت و دمای سطوح مورد آزمون قرار گرفته‌است. دستگاه‌ها در ارتفاع ۲/۷۰ متری از سطح حیاط تعبیه شده‌است که

جدول ۲- برداشت داده‌های آب و هوایی (ماخذ: نگارندگان)

| نام بنا | بیشینه دمای حیاط | کمینه دمای حیاط | بیشینه رطوبت حیاط | کمینه رطوبت حیاط |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| خانه سعادت | ۳۴/۷ | ۲۵/۱ | ٪۴۱ | ٪۲۲ |
| ساعت ۸:۰۰ الی ۱۳:۰۰ روز ۱۳۹۹/۰۲/۱۷ | | | | |
| خانه منطقی‌نژاد | ۳۷/۲ | ۲۶/۹ | ٪۳۶ | ٪۲۶ |
| ساعت ۱۴:۰۰ الی ۱۹:۰۰ روز ۱۳۹۹/۰۳/۱۱ | | | | |
| نام بنا | بیشینه دمای ایوان | کمینه دمای ایوان | بیشینه رطوبت ایوان | کمینه رطوبت ایوان |
| خانه سعادت | شمالی: ۳۵/۳ غربی: ۳۴/۳ | شمالی: ۲۴/۹ غربی: ۲۲/۲ | شمالی: ٪۲۶ غربی: ٪۳۵ | شمالی: ٪۲۵ غربی: ٪۲۶ |
| خانه منطقی‌نژاد | ۴۲ | ۲۶/۶ | ٪۳۸ | ٪۲۲ |

(دما بر اساس درجه سانتیگراد است)

جدول ۴- مشخصات فیزیکی بناها (ماخذ: نگارندگان)

| بنا | مساحت حیاط | مساحت ایوان در نما | طول و عرض حیاط | عرض (L) عمق (W) ارتفاع (H) ایوان | مساحت ایوان در پلان |
|-------------------------------|------------|-----------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|
| خانه سعادت (ایوان شمالی-غربی) | ۳۴۲/۵ | شمالی: ۴۷/۹۸ غربی: ۳۰/۶۷ | طول: ۱۷/۳۰ عرض: ۱۶/۲۰ | ایوان شمالی: طول: ۱۲/۱۸ و عمق: ۲/۰۵ و ارتفاع: ۳/۹۴ ایوان غربی: طول: ۹/۸۰ و عمق: ۱/۳۷ و ارتفاع: ۳/۱۳ | شمالی: ۲۴/۹۶ غربی: ۱۳/۴۲ |
| خانه منطقی‌نژاد (ایوان جنوبی) | ۱۶۰ | ۲۲/۵۴ | طول: ۱۳/۴۰ عرض: ۱۲ | طول: ۶/۲۲ و عمق: ۲/۶۶ و ارتفاع: ۳/۵۹ ارتفاع از سطح حیاط: ۱/۳۳ | ۱۶/۵۴ |



جدول ۵- جزئیات حیاطها(ماخذ: نگارندگان)

| نام بنا | نسبت مساحت حوض به حیاط | نسبت فضای سبز به حیاط | مساحت حوض آب | مصالح |
|-----------------|------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
| خانه سعادت | ۶٪ | ۱۳٪ | ۱۴/۶۶ | سنگ، آجر، سیمان، چوب، موزاییک |
| خانه منطقی نژاد | ۱۳٪ | ۱۰٪ | ۲۱ | سنگ، آجر، سیمان، چوب، موزاییک |
| نام بنا | مساحت باغچه | ارتفاع دیوارها | تعداد طبقات | تعداد باغچه |
| خانه سعادت | ۳۲ | ۴/۸۰ | ۲ طبقه | ۱ باغچه، ۴ درخت نارنج |
| خانه منطقی نژاد | ۱۷/۵ | ۴/۵۰ | ۱ طبقه با زیر زمین | ۱ باغچه، ۲ درخت نارنج |

۲-۵- فرآیند شبیه‌سازی پژوهش

- ۱- شبیه‌سازی و تعیین وضعیت هر خانه و اندازه‌های دقیق بناها و ایوان‌ها از لحاظ موقعیت قرارگیری، تناسبات ابعادی ایوان و حیاط مرکزی پیرامون آن (طول، عرض، عمق) ارتفاع از سطح حیاط، ارتفاع دیوارها.
- ۲- تعیین شرایط اقلیمی و استخراج داده‌های هواشناسی شیراز متناسب با خواسته پژوهش(داده‌های آب و هوایی ۳۰ ساله شیراز).
- ۳- تعیین بازه زمانی جهت آنالیز در روزهای مدنظر.
- ۴- تعیین نقطه پردازش در زیر سقف ایوان و مرکز حیاط و نزدیک ایوان در حیاط توسط رستورها^{۱۰} کار گذاشته شده برای به دست آوردن داده‌های ۲۴ ساعته.
- ۵- استخراج داده‌های کمی و تبدیل نتایج بعد از راستی‌آزمایی و دقت‌سنجی به نمودارهای گرافیکی در نرم‌افزار لئوناردو^{۱۱} و جداول مورد نظر.
- ۶- استفاده از نرم‌افزار بیومت برای تعیین مقدار شاخص آسایش حرارتی PET.
- ۷- تعیین ضریب همبستگی(پیرسون^{۱۲} خطی بین یک و منفی یک) بین متغیرهای کالبدی و داده‌های آب و هوایی مستخرج از پژوهش با شاخص آسایش حرارتی PET توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳.

در جداول ۶ و ۷ داده‌های ورودی به نرم‌افزار انوی‌مت تدوین شده‌است(۲ نمونه از مصالح با مشخصات آن‌ها در جدول ۷ معرفی شده‌است).

جدول ۶- داده‌های ورودی به نرم‌افزار انوی‌مت(ماخذ: نگارندگان)

| موقعیت شبیه‌سازی | شیراز |
|------------------|-------------------------------------|
| عرض جغرافیایی | ۲۹/۶۱ شمالی-جنوبی و ۵۳/۵۳ شرقی-غربی |
| روز شبیه‌سازی | ۱۳۹۹/۰۳/۱۱ |
| تعداد شبکه | ۳۰-۹۹-۹۷ |
| اندازه شبکه | ۱-۱-۱ |
| مصالح دیوار | آجر |
| مصالح کف | سیمان |

جدول ۷- مصالح ورودی به نرم‌افزار انوی‌مت(ماخذ: نگارندگان)

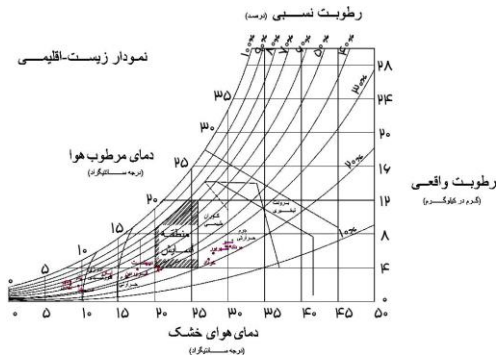
| سیمان | | آجر | |
|--------|---------------|---------|--------------|
| اندازه | پارامتر | اندازه | پارامتر |
| ۰/۰۱ | طول ناهمواری | ۰/۳ | ضخامت |
| ۰/۸ | بازتاب حرارتی | ۰/۶ | جذب |
| ۰/۰۹ | قابلیت تشعشع | ۰/۴ | انعکاس |
| | | ۶۵۰/۰۰ | گرمای ویژه |
| | | ۰/۴۴ | انتقال حرارت |
| | | ۰/۹ | قابلیت تشعشع |
| | | ۱۵۰۰/۰۰ | چگالی |

لازم به ذکر است که در کنار ورود داده‌های آب‌وهوایی مستخرج از نرم‌افزار، پارامترهای یک انسان پیش‌فرض که شامل پارامترهای فیزیکی و پارامترهای پوشش لباس و میزان نرخ متابولیسم بدن بوده، در نرم‌افزار تنظیم شده‌است(مساحت بدن: ۱/۹۱ متر مربع، نرخ متابولیسم پایه: ۸۴/۴۹ وات و متابولیسم فعالیت: ۸۰/۰ وات بوده که در مجموع: ۱۶۴/۴۹ وات به‌همراه سرعت پیاده‌روی ۱/۲۱ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده‌است).

پژوهش صورت گرفته در سال ۲۰۱۴، از ۲ مدل ریمن و بیومت نرم‌افزار انوی‌مت جهت تعیین دمای آسایش استفاده شده‌است. بعد از انجام آزمون میدانی و خروجی شبیه‌سازی از ۲ نرم‌افزار، نتایج با یکدیگر مقایسه و اعتبارسنجی شدند. بر اساس یافته‌ها دیده شد که در قسمت سایه، نتایج ریمن دقت بالاتری دارد، اما نتایج کلی هر دو مدل تقریباً یکسان بودند. تحلیل یافته‌های تحقیق حاکی از آن بود که مدل انوی‌مت دما را کمی بیش‌تر نشان می‌دهد که دلیلی بر محاسبات دقیق نرم‌افزار با تمامی ریز جزئیات شبیه‌سازی بوده‌است. لازم به ذکر است که از مزیت‌های نرم‌افزار انوی‌مت و مدل بیومت آن قدرت تخمین اثرات حرارتی پوشش گیاهی،



سرمایشی و گرمایشی طبیعی ارائه داده و محدوده آسایش دمایی ترسیم شده است (قانقرمه و همکاران، ۱۳۹۷)



تصویر ۳- نمودار زیست اقلیمی ساختمانی (ماخذ: طاهباز، ۱۳۹۶)

محدوده اثر گرمای تابشی برای ایام سرد، محدوده اثر جریان باد در ایام گرم، مرحله اثر برودت تبخیری در ایام گرم و خشک و محدوده اثر جرم حرارتی تحت تاثیر جداره ساختمان بوده است. با هم‌پوشانی عوامل اصلاح کننده، می‌توان به محدوده آسایش دست یافت و با یک زوج اطلاعات هواشناسی نظیر دما، رطوبت وضعیت گرمایی محل را روی نمودار سایکرومتریک می‌توان ترسیم نمود (طاهباز، ۱۳۹۶)

جدول ۸- متغیرهای ماهانه آب و هوایی شیراز (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹)

| دما | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر |
|----------|---------|----------|-------|-------|
| | ۱۷/۳ | ۲۰/۲ | ۲۷/۴ | ۲۹/۷ |
| | مرداد | شهریور | مهر | آبان |
| | ۳۰/۱ | ۲۸ | ۲۱/۷ | ۱۳/۹ |
| | آذر | دی | بهمن | اسفند |
| | ۹/۶ | ۸/۳ | ۸/۴ | ۹/۵ |
| رطوبت | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر |
| | %۴۶ | %۳۲ | %۲۲ | %۲۴ |
| | مرداد | شهریور | مهر | آبان |
| | %۲۴ | %۲۶ | %۳۴ | %۴۸ |
| | آذر | دی | بهمن | اسفند |
| | %۶۱ | %۶۵ | %۵۸ | %۵۱ |
| سرعت باد | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر |
| | ۰/۱ | ۰/۱۱ | ۰/۰۷ | ۰/۱ |
| | مرداد | شهریور | مهر | آبان |
| | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۱۳ | ۰/۰۷ |
| | آذر | دی | بهمن | اسفند |
| | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱ |

ساختمان‌ها و هم‌چنین پوشش زمین است، در صورتی که نرم‌افزار ریمین در طول شبیه‌سازی فقط پوشش گیاهی و ساختمان را در نظر می‌گیرد. مدل بیومت یک مدل بسیار پیچیده ارزیابی است و زمان تحلیل آن بسیار طولانی‌تر از مدل ریمین بوده و به ظرفیت محاسباتی پیش‌تری نیاز دارد (La Egerhazi et al., 2014).

طبق تصویر ۲ خروجی‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار انوی‌مت (دمای هوا، دمای متوسط تابشی، رطوبت نسبی، سرعت باد) در نرم‌افزار بیومت بارگذاری شده است.

وارد کردن اطلاعات ورودی به جدول BIOMET

| | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| مدل ها (ساختمان / زمین) | <input type="checkbox"/> |
| مدل ها | <input checked="" type="checkbox"/> |
| دمای هوا | <input checked="" type="checkbox"/> |
| دمای متوسط تابشی | <input checked="" type="checkbox"/> |
| سرعت باد | <input checked="" type="checkbox"/> |
| رطوبت نسبی | <input checked="" type="checkbox"/> |

مولفه های انسان

مولفه های بدنی

جنسیت: مرد سن: ۳۵ (سال)

ارتفاع: ۱/۷۵ (متر) وزن: ۷۵ (کیلوگرم)

مساحت سطح بدن: ۱/۹۱

مولفه های پوشش لباس

مقاومت پوشش لباس (clo): ۰/۹

متابولیسم افراد

مجموع میزان متابولیسم (W): ۱۶۴/۴۹ (=۸۶/۲۱ W/m²)

(met): ۱/۴۸

ENVI-met BIO-met

تصویر ۲: ورودی‌های به نرم‌افزار بیومت (ماخذ: نگارندگان)

۶- مبانی نظری

۱-۶- آسایش حرارتی

مفهوم آسایش حرارتی در سال ۱۹۷۴ توسط فانگر^{۱۳} مطرح گردید و از آن زمان تاکنون در فضای داخلی ساختمان‌ها مورد پژوهش بوده است. از سال ۲۰۰۳ با تعمیم شاخص آسایش حرارتی داخلی به آسایش حرارتی بیرونی، وارد مقیاس فضای بیرونی شده است (ثناگردبانی و همکاران، ۱۳۹۷). از مسائل حائز اهمیت در مطالعات زیست اقلیم‌شناسی، بحث آسایش انسان در فضای آزاد و فضای داخل ساختمان با توجه به پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های متعدد آب و هوایی و در رابطه با انسان مطرح است، لذا از نمودار زیست اقلیمی ساختمانی گیوانی (تصویر ۳) در بهسازی وضعیت داخلی ساختمان و با تغییرات متوسط دما و رطوبت ماهانه راهکارهای



ساعات روز نسبت به محیط اطراف خود بوده است (ورد و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۴)

۱-۲-۶- شاخص دمای معادل فیزیولوژیک

انسان‌ها با پوست بدن و همچنین از طریق ذهنی تغییرات دما را درک می‌کنند. دمای بدن انسان جدای از شرایط جوی، متاثر از میزان تعرق و تولید گرمای داخلی و پوشاک نیز بوده است. لذا شاخص PET یک مدل تعادل انرژی محاسبه شده است که فرآیند فیزیولوژیکی بدن انسان به همراه متغیرهای هواشناسی را در بر می‌گیرد (Koopmans et al., 2020)

در جدول ۹ متغیرهای مدنظر در انسان استاندارد در شبیه‌سازی شاخص آسایش حرارتی PET تدوین شده است.

جدول ۹- خصوصیات فیزیکی شاخص PET (Koopmans et al., 2020)

| سن | جنس | وزن | ارتفاع | فاکتور عایق لباس | نرخ متابولیسم |
|----|------|-------------|----------|-------------------------|-----------------------------------|
| ۳۵ | مذکر | ۷۵ کیلو گرم | ۱/۷۵ متر | ۰/۹ کلو (مقاومت حرارتی) | پیاذروی با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت |

با توجه به خصوصیات فیزیکی و داده‌های آب و هوایی، جهت تعیین شاخص PET در شرایط نور خورشید و همچنین در سایه و شب معادلاتی تدوین شده است:

• معادله تعیین شاخص PET در شرایط نور خورشید

$$PET_{sum} = -13.26 + 1.25T_a + 0.011Q_s - 3.37 \ln(u_{1.2}) + 0.078T_w + 0.0055Q_s \ln(u_{1.2}) + 5.56 \sin(\phi) - 0.0103Q_s \ln(u_{1.2}) \sin(\phi) + 0.0546B_b + 1.94S_{vf}$$

• معادله تعیین شاخص PET در شرایط سایه و شب

$$PET_{shade, night} = -12.14 + 1.25T_a - 1.47 \ln(u_{1.2}) + 0.060T_w + 0.015S_{vf}Q_d + 0.006(1 - S_{vf}) \sigma (T_a + 273.15)^4$$

در معادلات: T_a دمای هوا در ۲ متری، Q_s تابش خورشید، $U_{1.2}$ سرعت باد در ۱/۲ متری، T_w دمای مرطوب، σ ثابت بولتزمن ($5/67 \times 10^{-8}$)، ϕ زاویه ارتفاع خورشید، B_b نسبت شار محسوس و شار نهان (برای سطوح غیر قابل نفوذ = ۳ و برای سطوح دارای پوشش گیاهی مناسب = ۰/۴)، Q_d تابش پراکنده و S_{vf} ضریب دید آسمان هستند (Koopmans et al., 2020).

برای بهبود وضعیت حرارتی در نمودار سایکرومتریک از سرمایه‌های تبخیری، جرم حرارتی، تهویه طبیعی و گرمایش غیرفعال خورشیدی بهره برده می‌شود (پوردیپیمی، ۱۳۹۰) طبق تصویر ۳ و جدول ۸ در شیراز ماه‌های مهر و اردیبهشت در محدوده آسایش قرار دارند و ماه‌های خرداد، تیر و شهریور نیاز به کوران طبیعی بوده است و در ماه‌های فروردین و مرداد جرم حرارتی در اولویت قرار می‌گیرد و آبان‌ماه نیاز به انرژی خورشیدی بوده و در نهایت آذر، دی، بهمن و اسفند ماه خارج از محدوده‌های فوق قرار دارند.

۲-۶- آسایش حرارتی در محیط خارج

بناهای معماری، فصل مشترک بین انسان و محیط پیرامون هستند. لذا انسان‌ها با توجه به نوسانات حرارتی، پاسخ‌های متفاوتی می‌دهند و بناها در ایجاد این تعادل دمایی نقش مرکزی ایفا می‌کنند

(Worre Foged, 2019). پنج عامل دمای هوا، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا، تابش از جداره‌های داخلی فضا (دمای متوسط تابشی) به‌عنوان متغیرهایی که تحت تاثیر فرم کالبدی قرار دارند، ابزاری برای کنترل کیفیت آسایش حرارتی افراد در فضای باز شهری محسوب می‌شوند (احمدپور کله‌رودی و همکاران، ۱۳۹۶). آسایش حرارتی در فضای باز علاوه بر شرایط اقلیمی، متاثر از محیط ساخته شده اطراف، پوشش سطح زمین، تبخیر و تعرق گیاهان و سایه ایجاد شده توسط عوامل طبیعی است (منتظری و همکاران، ۱۳۹۷). نیکول و هامفریس^{۱۴} (۲۰۰۲) اظهار داشتند که آسایش حرارتی در فضای باز باید به موارد زیر توجه کرد:

در دسترس بودن سایه (دستگاه سایه‌بان طبیعی یا ساخته شده، عمودی یا افقی، ثابت یا متحرک)، سرعت باد، جهت، جذب خورشیدی (Habib et al., 2015).

میزان آسایش حرارتی در محیط‌های مجاور فضاهای نیمه‌بسته اطراف فضاهای سبز و محیط‌های مجاور فضاهای نیمه‌باز در پژوهشی در سال ۲۰۱۴ مورد مطالعه میدانی قرار گرفت و نتایج آن بیانگر کاهش دمای ۶/۵ درجه کلونی در فضای باز و فضاهای سبز مجاور فضاهای شهری کاهش ۱ درجه تا ۱/۵ درجه کلونین در



احجام پر، قابل تصور است (راهب و نظری، ۱۳۹۶: ۴۰). فضای بینابین لزوماً یک فضایی خالی و یا یک فضای باقیمانده نیست. مکانی است که هندسه آن دم و بازدم می‌کند (بنیانی و همکاران، ۱۳۹۷). آسایش حرارتی در فضاهای نیمه‌محصور نتیجه تعامل بین فاکتورهای ذهنی انسانی با چهار گروه اصلی عناصر، یعنی دمای هوا، سرعت باد، تابش خورشیدی و رطوبت در ارتباط است (Goshayeshi et al., 2013).

۶-۳-۱- ایوان (نماد فضای نیمه‌باز)

با توجه به قرار گرفتن فلات ایران در پهنه گرم جغرافیایی، ایوان تمهیدی مناسب برای سازگاری بهتر و بهره‌ر بیشتر از محیط طبیعی در فصول گرم و سرد سال بوده است. تعلق ایوان به ساختمان از یک سو و پیوند آن با حیاط از سوی دیگر، فضای مشترکی را در نقطه تلاقی به وجود آورده است که امکان بهره‌گیری از دو فضا را فراهم کرده است (رضائی‌نیا، ۱۳۹۶). از دیگر کاربردهای این فضای شاخص اقلیمی جلوگیری از تابش مستقیم است و به همین دلیل فضای پشت آن‌ها در تابستان خنک می‌ماند و در فصول سرد، گرمایی که در روز توسط این عناصر گرفته می‌شود، در هنگام غروب آفتاب گرما به محیط اطراف پس داده می‌شود و در تعدیل دما مؤثر خواهند بود (سعدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). ایوان به عنوان یک عنصر پخته معماری و با توجه به ساختار فرمی، توانایی پخش حرارت با هر میزان تابش، به صورت مناسب در فضای تحت پوشش خود را دارد (سهیلی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲).

۶-۴- حیاط مرکزی؛ عنصر پاسخده اقلیمی

در معماری بومی ساختمان‌ها به صورت منفرد قابل تصور نیستند آن‌ها جزئی از طبیعت پیرامونی، عضو هم‌خوان با اکولوژی و عنصری هماهنگ در بستر خود هستند (احمدی، ۱۳۹۱). فضاهای باز به‌عنوان بستر در برگیرنده و سازنده محیط پیرامونی بناها نقش مؤثری در همسازی با اقلیم داشته و تأمین شرایط آسایش در فضاهای داخلی را تسهیل کرده‌اند (احمدی، ۱۳۹۴). ایجاد یک حیاط مرکزی در وسط ساختمان و تعبیه حوض آب و احداث باغچه، باعث افزایش رطوبت در فضای زیستی شده و دیوارهای خشتی و آجری که با ضخامت نسبتاً زیاد ساخته می‌شوند، مانند یک خازن حرارتی، نوسان

نقش عوامل انسانی بر شاخص PET بسیار ناچیز است، این شاخص بازتاب صحیحی از احساس حرارتی انسان‌ها را نشان می‌دهد و از عوامل اصلی به‌کارگیری این شاخص: واحد آن درجه سانتیگراد بوده که واحدی ملموس به‌شمار می‌رود، برای اقلیم سرد و گرم قابل استناد است، دارای دقت بیش‌تری برای پیش‌بینی میانگین آسایش حرارتی در فضای باز است و هم‌چنین به منظور اعتبارسنجی در فضاهای باز شهری رابطه حداکثری را با احساس حرارتی نشان می‌دهد، بنابراین مناسب‌ترین و قابل‌فهم‌ترین و متداول‌ترین شاخص برای آسایش حرارتی در فضاهای باز است (داوطلب و همکاران، ۱۳۹۸). در جدول ۱۰ محدوده شاخص PET در شمال آفریقا نمایش داده شده است و جدول ۱۱ محدوده همین شاخص در اروپای مرکزی را به تصویر کشیده است.

جدول ۱۰- محدوده شاخص PET در شمال آفریقا
(Matallah et al., 2021)

| خیلی داغ | داغ | گرم | کمی گرم | خنکی | آسایش حرارتی |
|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------|
| <۴۲ | ۳۷-۴۲ | ۲۸-۳۷ | ۲۶-۲۸ | ۱۷-۲۶ | |
| فشار گرمایی مفرط | فشار گرمایی شدید | فشار گرمایی متوسط | فشار گرمایی خفیف | فشار گرمایی استرس | سطح استرس |

جدول ۱۱- محدوده شاخص PET
(Matzarakis & Amelung, 2008)

| خیلی داغ | داغ | گرم | کمی گرم | آسایش حرارتی |
|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|
| <۴۱ | ۳۵-۴۱ | ۲۹-۳۵ | ۲۳-۲۹ | |
| حرارت مفرط | حرارت قوی | حرارت متوسط | حرارت کم | سطح استرس |
| خنکی (مناسب) | | آسایش حرارتی | | |
| ۱۸-۲۳ | | بدون استرس | | |
| خیلی سرد | سرد | خنک | کمی خنک | آسایش حرارتی |
| <۴ | ۸-۴ | ۱۳-۸ | ۱۸-۱۳ | |
| سرماي مفرط | سرماي قوی | سرماي متوسط | کمی سرد | سطح استرس |

۶-۳-۲- فضای باز و نیمه‌باز (فضای بینابینی)

نخستین تعاریف از فضای باز در قرن بیستم، حاصل نوعی پنداشت "تهی" از فضا و یا هر آنچه از باقی‌مانده



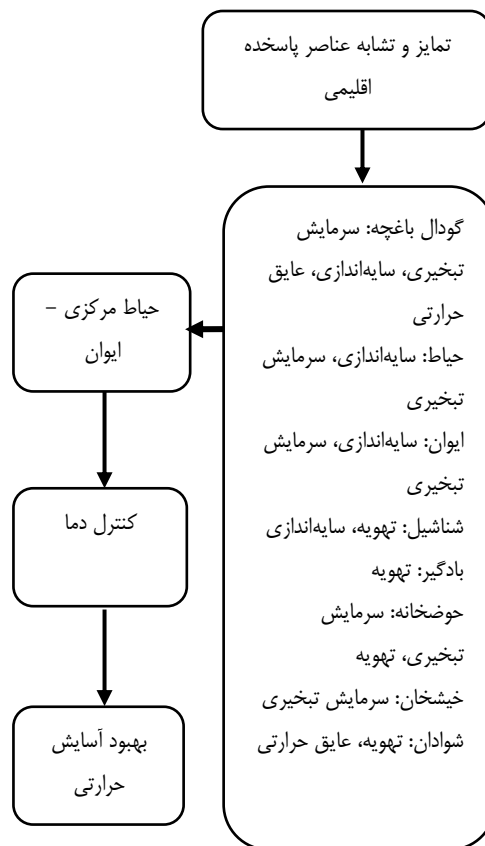
۶-۵- نرم افزار انوی مت و قابلیت‌ها

انوی مت نرم‌افزاری شبیه‌سازی است، که بر اساس مبانی دینامیک^{۱۵} سیالات، تعاملات بین خرد اقلیم و محیط ساخته شده را تجزیه و تحلیل می‌کند (Ayyad & Sharples, 2019). این نرم‌افزار، تعاملات حرارتی در مقیاس خرد اقلیم و کلان‌شهری مورد سنجش قرار داده و جریان‌های اطراف ساختمان، انتقال حرارت و بخار در سطوح شهری، انجام محاسبات دقیق در مورد طول موج‌های کوتاه و بلند انرژی، دمای محسوس، دمای نهان، تشعشع با توجه به سایه، بازتاب مجدد تابش از سیستم‌های ساختمان و زندگی گیاهی را محاسبه می‌کند (Berardi, Wang, 2016: 4). شرایط آب و هوایی (دما، باد، رطوبت) را در سطوح متفاوت از حوزه و دامنه متنوعی از عوارض (ساختمان‌ها، انواع پوشش گیاهی، انواع سطوح قابل نفوذ و غیر قابل نفوذ) در محاسبه وارد می‌نماید (احمدپور کله‌رودی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۵). این نرم‌افزار میکروکلیماتیکی^{۱۶} پس از انجام فرآیند شبیه‌سازی، توسط نرم‌افزار بیومت^{۱۷} (زیر مجموعه انوی مت) شاخص‌های آسایش حرارتی مختلف را محاسبه می‌کند (یادگاری و سجاذزاده، ۱۴۰۰). در جدول ۱۲ بعضی از قابلیت‌های نرم‌افزار انوی مت تدوین شده است.

جدول ۱۲- مدل‌های نرم‌افزار انوی مت (احمدپور کله‌رودی و همکاران، ۱۳۹۶)

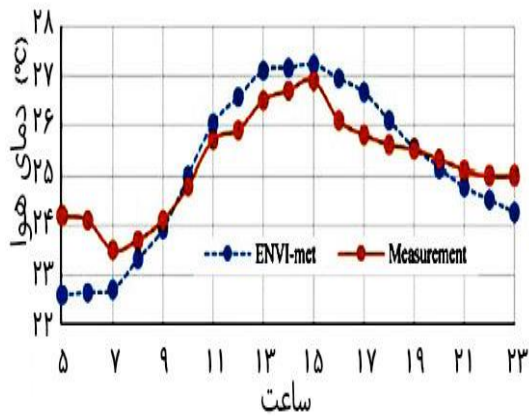
| مدل جوی | Atmospheric model | جریان هوا، دما و رطوبت نسبی را محاسبه کرده و مواعی چون پوشش گیاهی و ساختمان‌ها را در مدل وارد می‌نماید. |
|----------------------|-------------------------|---|
| مدل سطح | Surface model | امواج بلند جذب‌شده و امواج کوتاه بازتابش شده از سطوح متفاوت و تشعشع طول موج بلند و کوتاه را محاسبه می‌کند. |
| مدل زیستی - هواشناسی | Biometeorological model | شاخص‌ها و استانداردهای متفاوت نظیر PET, PMV, SET, UTCI ^{۱۹} را از داده‌های هواشناسی محاسبه می‌کند. |

درجه حرارت در طی شبانه‌روز را کاهش می‌دهند (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۶). تناسبات حیاط مرکزی نقش عمده‌ای در تعیین میزان انرژی تابشی جذب شده در سطوح مختلف حیاط و شرایط آسایش حرارتی برای ساکنین ایفا می‌کند. میزان سایه ایجاد شده در حیاط به عواملی چون موقعیت ساختمان، شرایط اقلیمی، شرایط زمانی موقعیت فصول، ابعاد و اندازه‌های حیاط مرکزی و فرم آن بستگی دارد. در صورتی که نسبت طول به عرض و همچنین ارتفاع یک ساختمان به درستی تعیین شود، ایجاد سایه بهینه بر روی کف و جداره‌های ساختمان، دمای دیوار و لایه‌های هوای اطراف آن را کاسته و با ایجاد کوران و تهویه طبیعی، سبب کاهش دمای هوا در حیاط و در نتیجه بهبود شرایط حرارتی در فضاهای اطراف می‌شود (تابان و همکاران، ۱۳۹۲). در تصویر ۴ عملکرد حرارتی تعدادی از عناصر اقلیمی نمایش داده شده است.



تصویر ۴- شاخصه‌های عناصر بومی (ماخذ: وکیلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲)





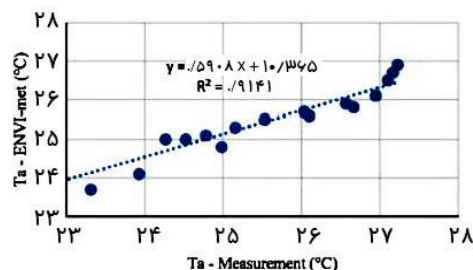
تصویر ۵- اعتبارسنجی داده‌های میدانی و شبیه‌سازی نرم‌افزار (Baghaeipoor & Nasrollahi, 2019)

۷- مطالعات و بررسی‌ها

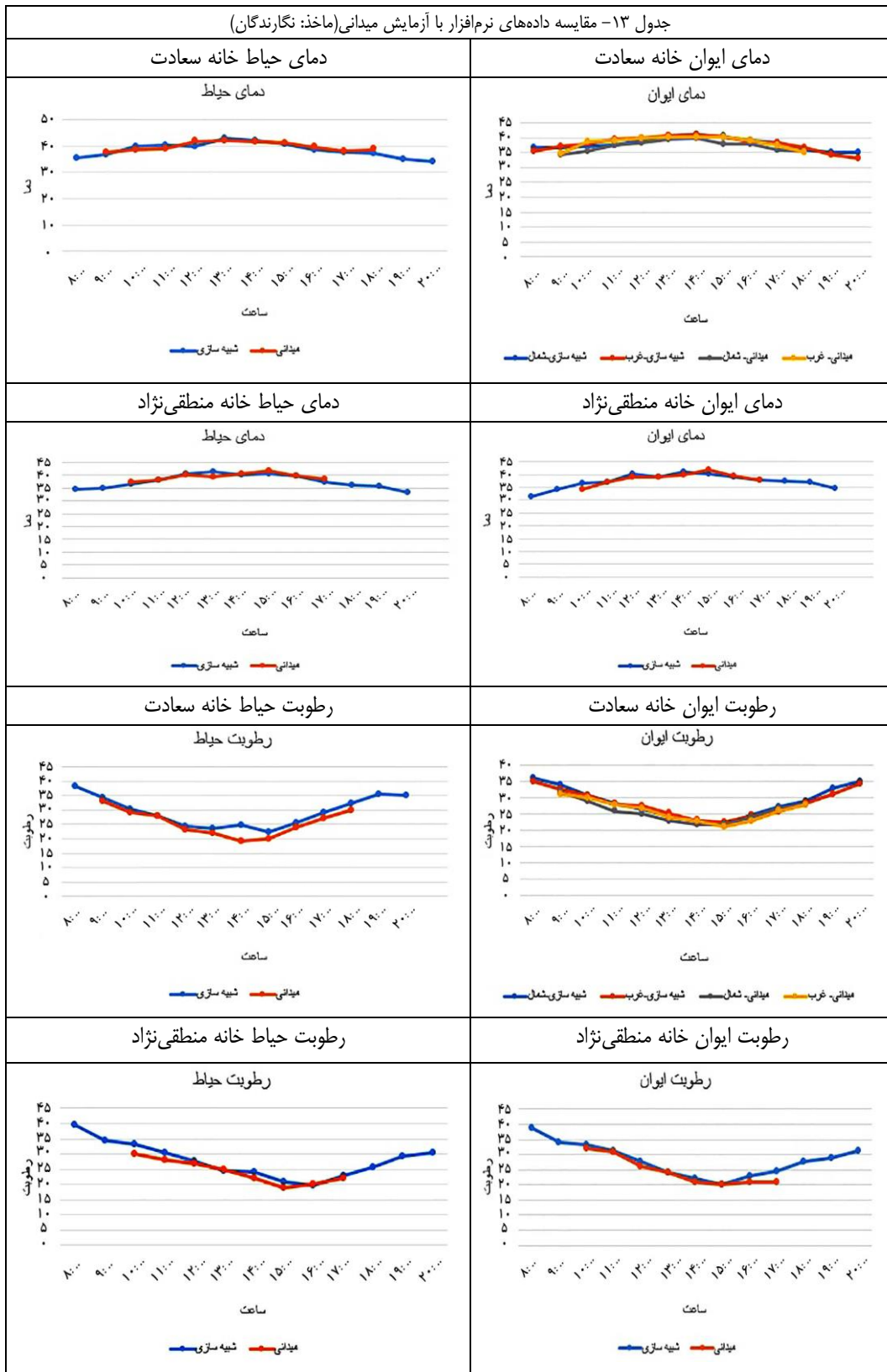
برای سنجش عملکرد حرارتی حیاط و ایوان خانه‌های مدنظر می‌بایست ترکیبی از مولفه‌های فیزیکی در نظر گرفته شود، دما و رطوبت، جریان باد و دمای تابشی و جزئیات فیزیکی حیاط و ابعاد و مساحت آن و فضای سبز، بدنه‌های آب موجود، محل قرارگیری خانه‌ها در بافت‌های پیرامونی آن‌ها و ارتفاع ایوان از سطح حیاط و تناسبات فیزیکی ایوان‌ها و همچنین مصالح به طور کامل در نرم‌افزار انوی‌مت شبیه‌سازی شده‌است (دیوارها ترکیب از مصالح موجود در آزمایش میدانی نظیر دیوارها از نوع آجر و کف سیمان و خاک در باغچه و درختان مرکبات با ارتفاع ۴ متر، قطر ۳ متر در نرم‌افزار پیش‌بینی شده‌است) نتایج داده‌های میدانی به همراه خروجی‌های اطلاعات شبیه‌سازی، اعتبارسنجی و سپس ضریب خطای داده‌ها محاسبه شده‌است. به علت تعداد زیاد نمودارها و برداشت‌های میدانی و شبیه‌سازی‌های صورت‌گرفته به صحت‌سنجی نمودارهای دما و رطوبت اکتفا شد. اعتبارسنجی داده‌های میدانی و شبیه‌سازی در تاریخ‌های ۱۴۰۱/۰۵/۰۲ (خانه سعادت) و ۱۴۰۱/۰۵/۰۶ (خانه منطقی نژاد) در جدول ۱۳ نمایش داده شده‌است.

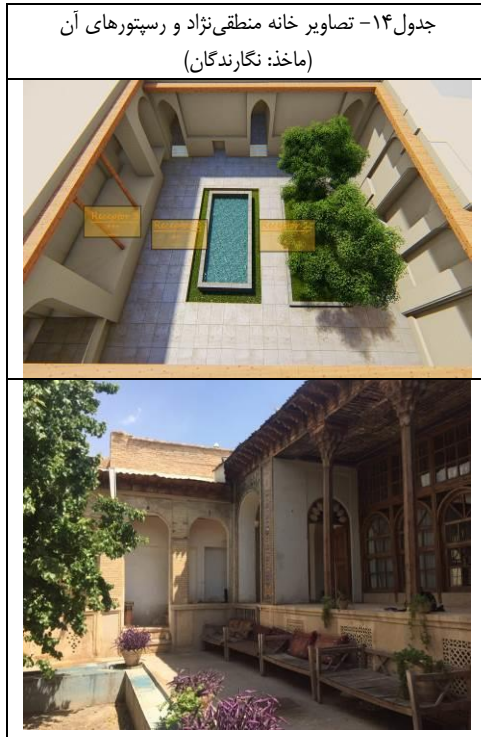
در سال ۲۰۲۱ در مناطق بافت شهری الجزایر تحقیقی صورت گرفت با هدف ارزیابی دمای آسایش بیرونی در فضاهای باز. تنوع آسایش حرارتی در ۳ بافت شهری توسط نرم‌افزار Envi-met 4.4.4 و شاخص آسایش حرارتی PET توسط نرم‌افزار ریمین صورت پذیرفته‌است (روش‌شناسی تحقیق به صورت کمی و با اندازه‌گیری‌های خرد اقلیمی توسط جمع‌آوری داده‌های آب و هوایی، ترکیب مشاهدات و شبیه‌سازی‌های عددی و محاسبه دمای معادل فیزیولوژیکی PET بوده‌است). خروجی داده‌ها شامل ۴ پارامتر اصلی: دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت هوا، میانگین دمای تابشی بوده‌است. در این تحقیق اعتبارسنجی بین داده‌های میدانی و شبیه‌سازی صورت گرفت و دقت شبیه‌سازی از طریق مقایسه تایید شده‌است (انوی‌مت یکی از بالاترین وضوح فضایی برای مدل‌سازی خرد اقلیم را دارد) در مدل تجربی نور خورشید حدود ۰/۷۴ درجه سانتیگراد افزایش دمای بیش‌تری را نشان می‌دهد. میانگین سرعت باد مدل شده به خوبی با مدل تجربی مطابقت داشته‌است. بر اساس انحراف معیار صورت‌گرفته توسط شاخص PET تفاوت تشعشعات و دمای هوای شهری مدل شده با مدل اندازه‌گیری شده تجربی بسیار نزدیک بوده‌است (Matallah et al., 2021). در پژوهشی صورت‌گرفته در سال ۲۰۱۹ که با هدف بررسی SVF در خرد اقلیم یک مجتمع مسکونی و ارزیابی آن بر دمای هوا برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار انوی‌مت استفاده شده‌است. اعتبارسنجی بین نتایج میدانی و شبیه‌سازی صورت گرفته‌است و دیده شد که نرم‌افزار در محاسبه دمای هوا و SVF از دقت بالایی برخوردار است. ضریب تعیین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری‌ها برابر با ۰/۹۱۴۱ بوده‌است. تصویر ۵ اعتبارسنجی تحقیق نمایش داده شده‌است.

(Baghaeipoor & Nasrollahi, 2019)

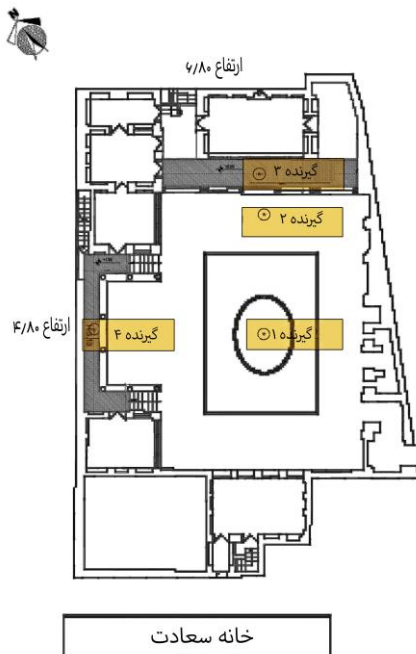


جدول ۱۳- مقایسه داده‌های نرم‌افزار با آزمایش میدانی (ماخذ: نگارندگان)





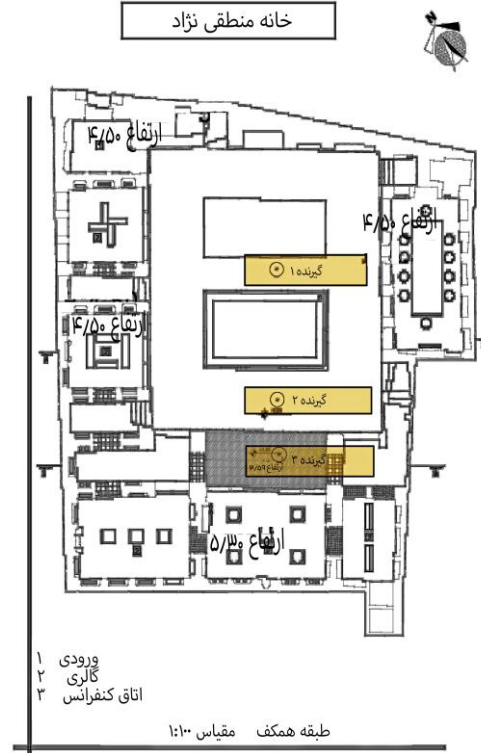
خانه سعادت در ۴ گیرنده محیطی برداشت صورت گرفته‌است. مکان رستپورها در تصویر ۷ و جدول ۱۵ مشخص شده‌است. تصاویر ۸ و ۹ دمای سطوح دیوارها و کف در هر دو خانه نمایش داده شده‌است.



تصویر ۷- پلان موقعیت رستپورها در خانه سعادت
(ماخذ: نگارندگان)

با توجه به حداقل ضریب خطا (زیر ۱۰٪) بین داده‌های میدانی و شبیه‌سازی، می‌توان به صحت و اعتبار داده‌های شبیه‌سازی باور داشت و داده‌های مستخرج از نرم‌افزارها می‌تواند ملاک ارزیابی قرار بگیرند. موقعیت رستپورها در ارتفاع ۲/۷۰ متری سطح حیاط تعیین شده‌است که تمامی نقاط ایوان‌ها و حیاط مجاور را پوشش بدهد. با توجه به نتایج به دست آمده به همراه تمامی جزئیات تشکیل‌دهنده خانه‌ها نظیر تناسب طول به عرض حیاط، تناسب ارتفاع به عرض ایوان، مساحت حیاط و ایوان، جهت قرارگیری و موقعیت جغرافیایی ایوان، ارتفاع ایوان از سطح حیاط همگی مورد آزمون قرار گرفته‌اند. متغیرهای آب و هوایی در خانه منطقی نژاد (جهت جنوب کمی متمایل به شرق) و خانه سعادت (جهت شمال کمی متمایل به غرب) در ساعت ۱۲:۰۰ هر مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته شده‌است. در تصویر ۶ و جدول ۱۴ موقعیت پلان خانه منطقی نژاد و رستپورها نمایش داده شده‌است.

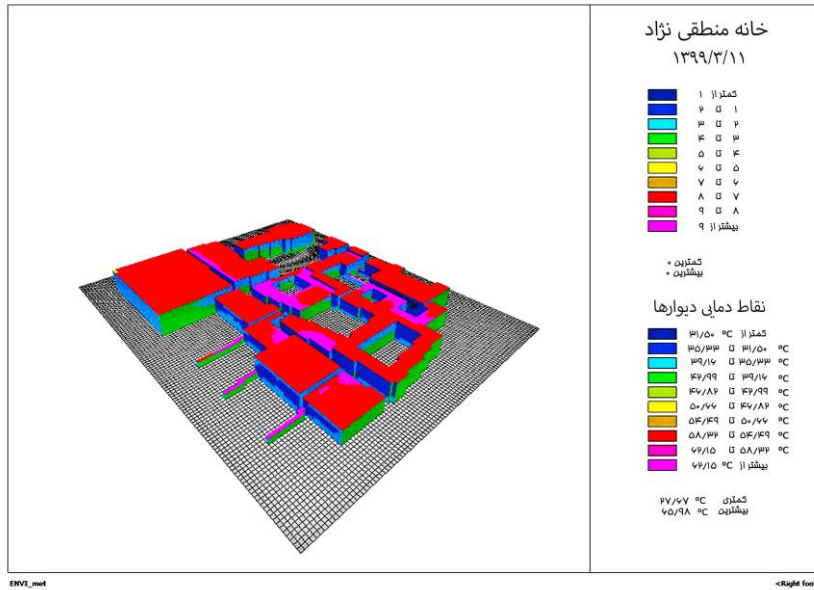
خانه منطقی نژاد



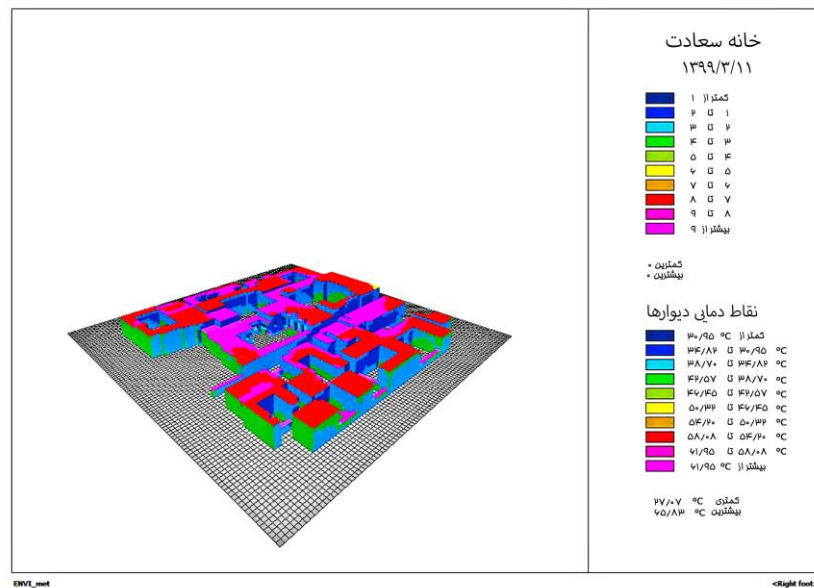
تصویر ۶- پلان موقعیت رستپورها در خانه منطقی نژاد
(ماخذ: نگارندگان)



جدول ۱۵- تصاویر خانه سعادت و رستپورهای آن (ماخذ: نگارندگان)



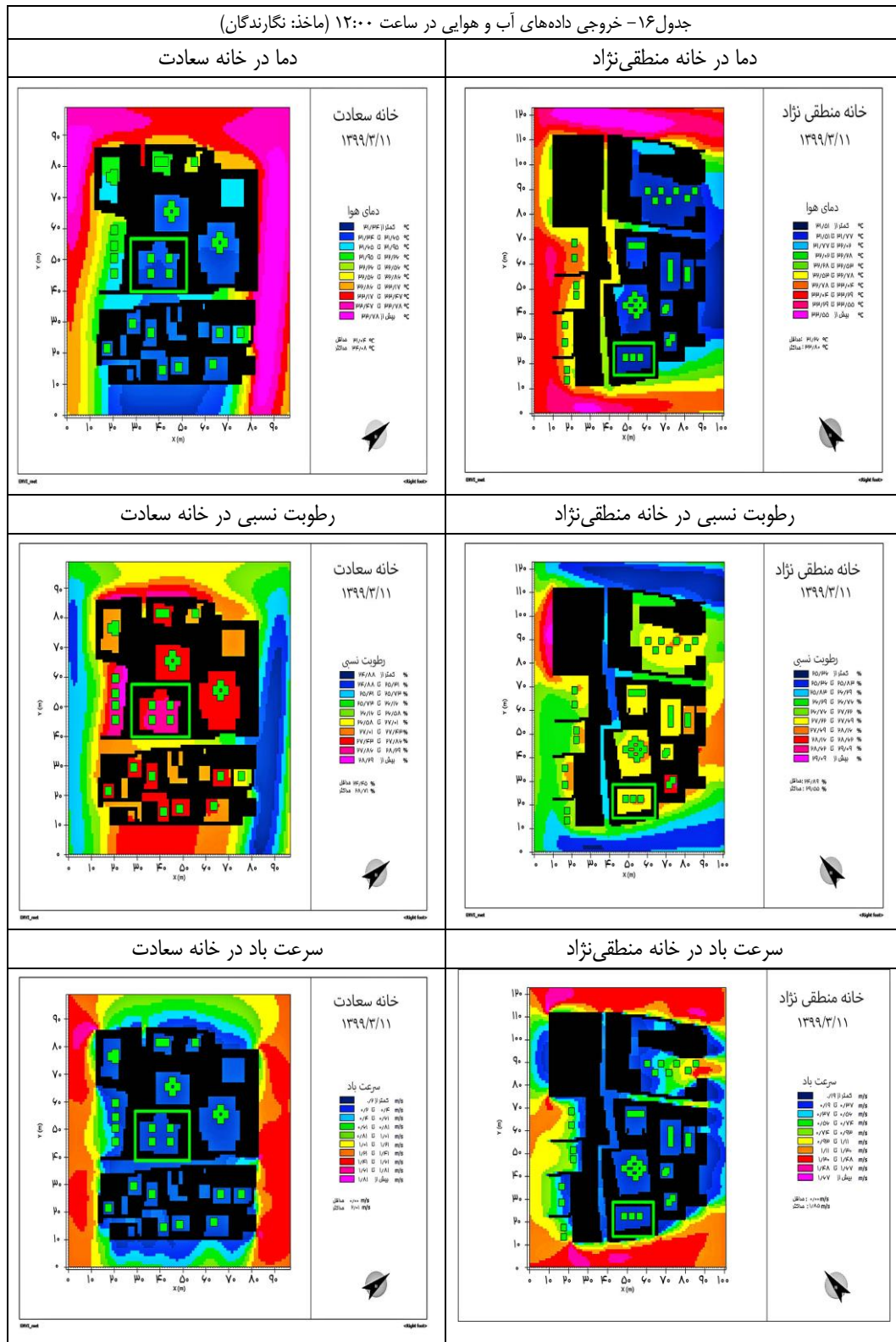
تصویر ۸- دمای سطح خانه منطقی نژاد در ساعت ۱۲:۰۰ (ماخذ: نگارندگان)



تصویر ۹- دمای سطح خانه سعادت در ساعت ۱۲:۰۰ (ماخذ: نگارندگان)



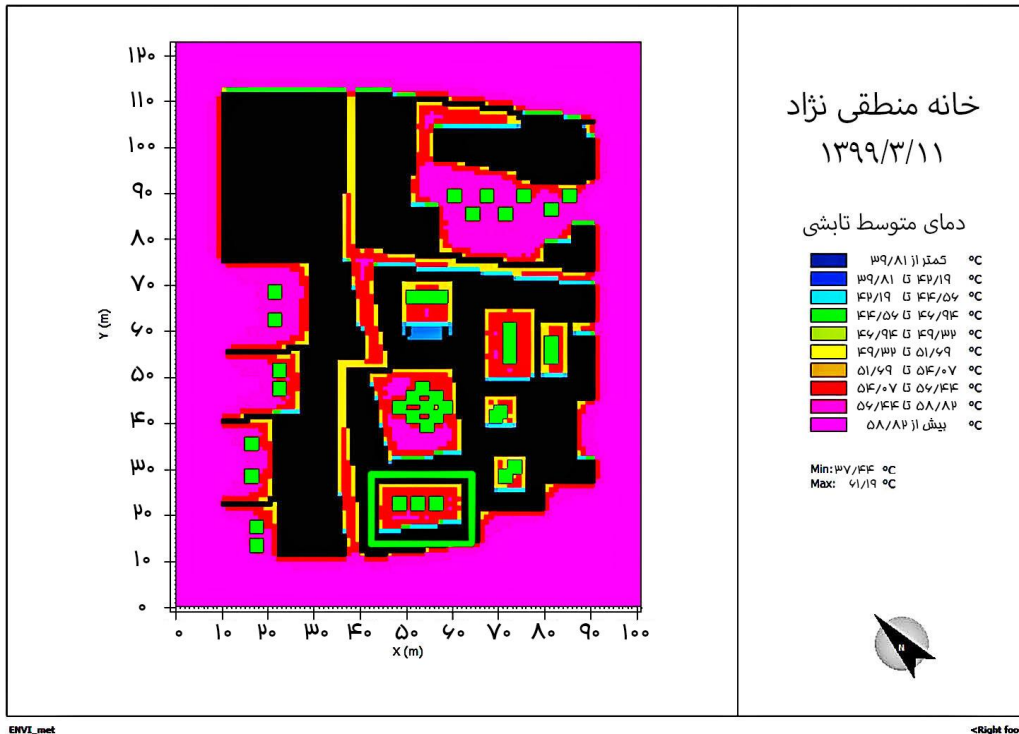
جدول ۱۶- خروجی داده‌های آب و هوایی در ساعت ۱۲:۰۰ (ماخذ: نگارندگان)



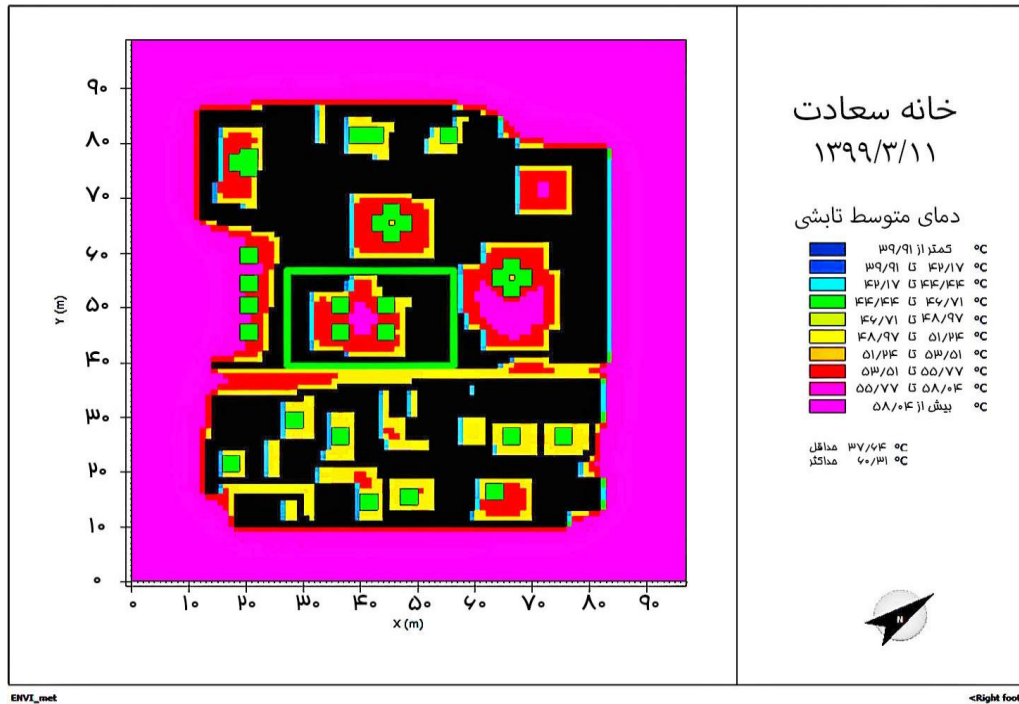
دوفصلنامه اندیشه معماری، نشریه علمی، سال هفتم، شماره سیزدهم

بهار و تابستان ۱۴۰۲





تصویر ۱۰- دمای متوسط تابشی خانه منطقی‌نژاد در ساعت ۱۲:۰۰ (ماخذ: نگارندگان)



تصویر ۱۱- دمای متوسط تابشی خانه سعادت در ساعت ۱۲:۰۰ (ماخذ: نگارندگان)



جدول ۱۸- خروجی دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی PET (ماخذ: نگارندگان)

| نام بنا | متغیر | میانگین PET | کمینه PET | بیشینه PET |
|-----------------|------------|--------------------|------------------|-------------------|
| خانه منطقی نژاد | ایوان | ۲۷/۵۶ | ۱۱/۴۴ | ۴۳/۰۲ |
| | حیاط | ۲۸/۳۷ | ۱۲/۳۴ | ۴۹/۲ |
| خانه سعادت | ایوان شمال | ۲۴/۳۲ | ۱۰/۷۶ | ۳۸/۸۵ |
| | ایوان غرب | ۲۵/۱۳ | ۱۲/۳۴ | ۴۰ |
| | حیاط | ۲۸/۵۸ | ۱۰/۷۷ | ۴۸/۷۸ |
| نام بنا | متغیر | میانگین دمای تابشی | کمینه دمای تابشی | بیشینه دمای تابشی |
| خانه منطقی نژاد | ایوان | ۲۶/۲۴ | ۶/۵ | ۵۶/۴۳ |
| | حیاط | ۳۰/۱۷ | ۸/۰۵ | ۶۳/۷۱ |
| خانه سعادت | ایوان شمال | ۲۳/۳۲ | ۶/۷۸ | ۴۳/۰۵ |
| | ایوان غرب | ۲۵/۷۰ | ۶/۷۴ | ۵۴/۹۴ |
| | حیاط | ۳۲/۶۲ | ۴/۷۴ | ۶۵/۲۹ |

با ورود اطلاعاتی هم چون دمای هوا، دمای متوسط تابشی، سرعت باد و رطوبت نسبی و میزان فعالیت انسان به همراه مقاومت پوشش لباس آن، در نمودار سایکرومتریک محدوده آسایش ایوان‌ها و حیاط‌ها نمایش داده شده و در جدول ۱۹ تدوین شده‌است. بر اساس نتایج به دست آمده در بین نمودارها، شرایط آسایش محدوده ایوان‌ها نسبت به حیاط‌ها به علت بهره‌بردن از میزان سایه بیش‌تر و کاهش دمای متوسط تابشی (جدول ۱۸)، مناسب‌تر بوده‌است. ایوان شمالی خانه سعادت با داشتن ارتفاع بیش‌تر از سطح حیاط، از بازتاب‌های حرارتی دوری کرده و در مسیر دریافت باد بیش‌تر قرار گرفته‌است (جدول ۱۷). حیاط خانه سعادت نیز با توجه به دریافت بیش‌تر باد، محدوده آسایش ایده‌آل‌تری را شاهد بوده‌است. لذا ایجاد کوران طبیعی کمک به بهبود شاخص آسایش حرارتی در حیاط‌ها و ایوان‌ها خواهد کرد. سرانجام توسط نرم‌افزار بیومت و طبق محدوده ادراک حرارتی شاخص دمای آسایش ایوان‌ها و حیاط‌ها در تصویر ۱۲ معرفی شده‌است.

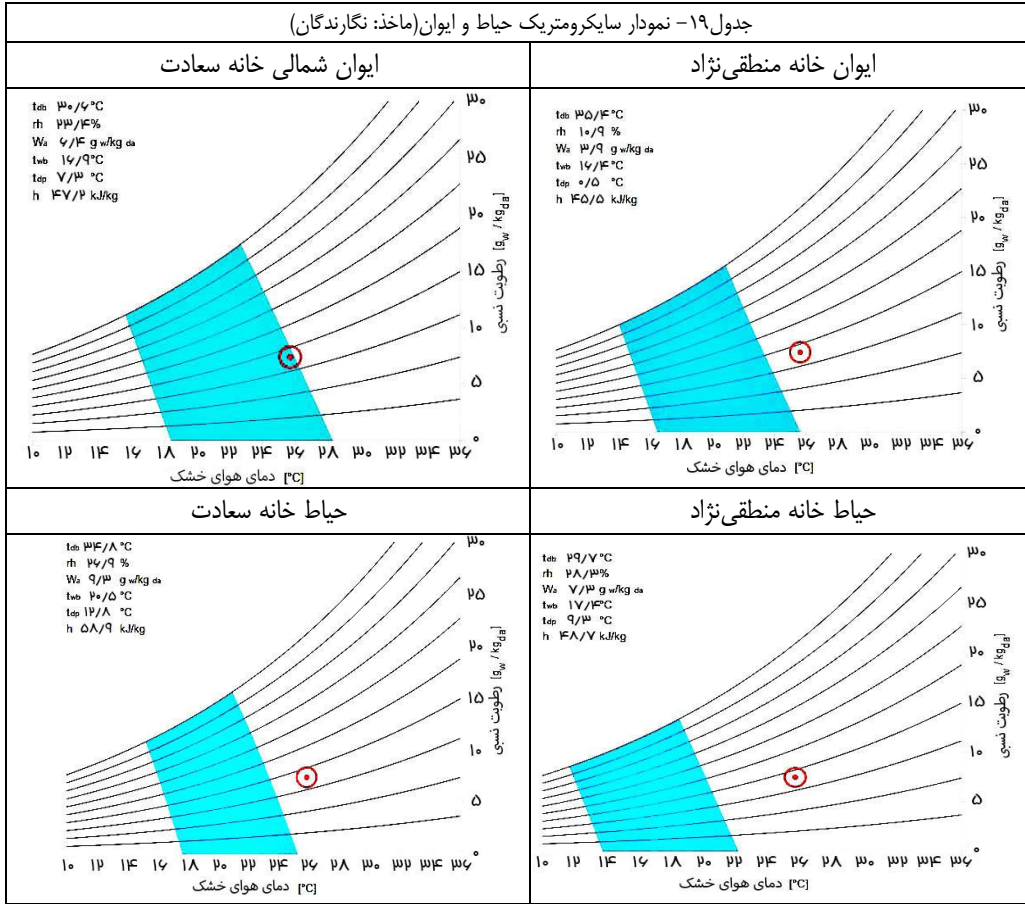
در جدول ۱۷ و ۱۸، نتایج داده‌های اقلیمی حاصل از شبیه‌سازی تدوین شده‌است.

جدول ۱۷- خروجی داده‌های آب و هوایی (ماخذ: نگارندگان)

| نام بنا | متغیر | میانگین باد | کمینه باد | بیشینه باد |
|-----------------|------------|---------------|-------------|--------------|
| خانه منطقی نژاد | ایوان | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ |
| | حیاط | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۲ | ۰/۱۱ |
| خانه سعادت | ایوان شمال | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ |
| | ایوان غرب | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ |
| خانه منطقی نژاد | حیاط | ۰/۲۶ | ۰/۲۳ | ۰/۳۵ |
| | متغیر | میانگین دما | کمینه دما | بیشینه دما |
| خانه منطقی نژاد | ایوان | ۲۵/۶۵ | ۱۵/۶۳ | ۳۳/۷۸ |
| | حیاط | ۲۵/۶۸ | ۱۵/۶۸ | ۳۳/۸۲ |
| | ایوان شمال | ۲۵/۶۸ | ۱۶/۳۵ | ۳۳/۵۲ |
| خانه منطقی نژاد | ایوان غرب | ۲۵/۳۹ | ۱۶/۴۱ | ۳۳/۵۲ |
| | حیاط | ۲۵/۸۶ | ۱۶/۵۳ | ۳۳/۴۷ |
| نام بنا | متغیر | میانگین رطوبت | کمینه رطوبت | بیشینه رطوبت |
| خانه منطقی نژاد | ایوان | ٪ ۳۶/۳۴ | ٪ ۲۵/۲۳ | ٪ ۵۰/۳ |
| | حیاط | ٪ ۳۶/۴ | ٪ ۲۵/۳۳ | ٪ ۵۰/۲۱ |
| خانه سعادت | ایوان شمال | ٪ ۳۶/۰۷ | ٪ ۲۵/۶۴ | ٪ ۴۹/۰۱ |
| | ایوان غرب | ٪ ۳۵/۸۰ | ٪ ۲۵/۵۴ | ٪ ۴۸/۶۷ |
| | حیاط | ٪ ۳۵/۷۲ | ٪ ۲۵/۶۶ | ٪ ۴۸/۴۴ |



جدول ۱۹- نمودار سایکرومتریک حیاط و ایوان (ماخذ: نگارندگان)



حیاط PET منطقی نژاد سعادت

| حیاط | PET | منطقی نژاد | سعادت |
|---------|--------|------------|-------|
| ۶۰۰۰۰۰۱ | ۱۴/۶۸۷ | ۱۳/۲۳۳ | |
| ۷۰۰۰۰۰۱ | ۱۹/۶۲۵ | ۳۳/۱۳۸ | |
| ۸۰۰۰۰۰۱ | ۳۳/۸۰۸ | ۳۶/۹ | |
| ۹۰۰۰۰۰۱ | ۳۵/۴۴۲ | ۳۹/۱۱۱ | |
| ۱۰۰۰۰۰۱ | ۳۷/۷۱۱ | ۳۹/۷۵۵ | |
| ۱۱۰۰۰۰۱ | ۳۹/۰۳۴ | ۳۹/۶۴۲ | |
| ۱۲۰۰۰۰۱ | ۴۱/۷۷۴ | ۴۲/۲۸۳ | |
| ۱۳۰۰۰۰۱ | ۴۶/۸ | ۴۷/۲۴۱ | |
| ۱۴۰۰۰۰۱ | ۴۹/۲ | ۴۸/۷۴۵ | |
| ۱۵۰۰۰۰۱ | ۴۹/۲ | ۴۸/۷۸۸ | |
| ۱۶۰۰۰۰۱ | ۴۳/۱۳۹ | ۴۷/۹۰۸ | |
| ۱۷۰۰۰۰۱ | ۳۱/۶ | ۴۱/۰۴۹ | |
| ۱۸۰۰۰۰۱ | ۲۷/۳۳۳ | ۳۶/۳۳۹ | |
| ۱۹۰۰۰۰۱ | ۲۵/۸۹۶ | ۳۴/۳۳۹ | |
| ۲۰۰۰۰۰۱ | ۲۴/۳۱۲ | ۳۲/۶۷۳ | |
| ۲۱۰۰۰۰۱ | ۲۲/۹۳ | ۳۱/۲۶۲ | |
| ۲۲۰۰۰۰۱ | ۲۲/۰۱۹ | ۲۰/۴ | |
| ۲۳۰۰۰۰۱ | ۲۱/۰۹۹ | ۱۹/۴۶ | |
| ۲۴۰۰۰۰۱ | ۲۰/۵۵۴ | ۱۸/۹۰۶ | |
| ۲۵۰۰۰۰۱ | ۱۸/۵۶۹ | ۱۶/۶۶۲ | |
| ۲۶۰۰۰۰۱ | ۱۶/۴۱۲ | ۱۴/۴۵۳ | |
| ۲۷۰۰۰۰۱ | ۱۴/۸۵۶ | ۱۲/۹۹ | |
| ۲۸۰۰۰۰۱ | ۱۳/۵۸۵ | ۱۱/۸۴۷ | |
| ۲۹۰۰۰۰۱ | ۱۲/۳۴۲ | ۱۰/۷۷۳ | |

ایوان غربی ایوان شمالی منطقی نژاد PET ایوان

| ایوان غربی | ایوان شمالی | منطقی نژاد | PET | ایوان |
|------------|-------------|------------|--------|-------|
| ۶۰۰۰۰۰۱ | ۱۵/۷۵۱ | ۱۶/۳۸۲ | ۱۷/۲۶۶ | |
| ۷۰۰۰۰۰۱ | ۳۷/۹۷۸ | ۲۱/۶ | ۲۲/۳۳۵ | |
| ۸۰۰۰۰۰۱ | ۴۲/۱۹۷ | ۲۶/۴۸۹ | ۲۷/۷۶۲ | |
| ۹۰۰۰۰۰۱ | ۴۲/۰۲۸ | ۲۹/۵۷ | ۳۰/۸۷۶ | |
| ۱۰۰۰۰۰۱ | ۴۲/۱۳۳ | ۳۱/۶۱ | ۳۲/۹۴۸ | |
| ۱۱۰۰۰۰۱ | ۳۳/۹۴۳ | ۳۲/۳۵۳ | ۳۳/۷۲۶ | |
| ۱۲۰۰۰۰۱ | ۳۶ | ۳۳/۶۲۶ | ۳۴/۹۸۷ | |
| ۱۳۰۰۰۰۱ | ۳۸/۹۶۵ | ۳۷/۲ | ۳۸/۵۲۷ | |
| ۱۴۰۰۰۰۱ | ۴۰/۲۶۲ | ۳۸/۸۵۹ | ۴۰ | |
| ۱۵۰۰۰۰۱ | ۳۹/۳۴۴ | ۳۸/۴۳۹ | ۳۹/۴ | |
| ۱۶۰۰۰۰۱ | ۳۶/۴۹ | ۳۵/۷۷۴ | ۳۶/۵۵ | |
| ۱۷۰۰۰۰۱ | ۳۲/۱۰۷ | ۳۱/۶ | ۳۲/۱۷۱ | |
| ۱۸۰۰۰۰۱ | ۲۶/۳۳۳ | ۲۵/۷۶۲ | ۲۶/۱۲۱ | |
| ۱۹۰۰۰۰۱ | ۲۴/۲۱۹ | ۲۳/۶۹۵ | ۲۴/۱۴۴ | |
| ۲۰۰۰۰۰۱ | ۲۲/۶۵ | ۲۲/۳۵۵ | ۲۲/۷۲۴ | |
| ۲۱۰۰۰۰۱ | ۲۱/۳۰۸ | ۲۱/۰۱۷ | ۲۱/۵۱۲ | |
| ۲۲۰۰۰۰۱ | ۲۰/۴۲۴ | ۲۰/۲ | ۲۰/۶۷۹ | |
| ۲۳۰۰۰۰۱ | ۱۹/۵۲۸ | ۱۹/۴ | ۱۹/۸۶ | |
| ۲۴۰۰۰۰۱ | ۱۹ | ۱۸/۸۶۹ | ۱۹/۳۳۴ | |
| ۲۵۰۰۰۰۱ | ۱۷/۰۹۹ | ۱۷/۱۶۱ | ۱۷/۷۷۷ | |
| ۲۶۰۰۰۰۱ | ۱۵/۱۰۲ | ۱۵/۳۳۹ | ۱۵/۹۹۸ | |
| ۲۷۰۰۰۰۱ | ۱۳/۷۵۱ | ۱۴/۰۴۴ | ۱۴/۶۹۴ | |
| ۲۸۰۰۰۰۱ | ۱۲/۶۱۸ | ۱۲/۹۵۷ | ۱۲/۶۱ | |
| ۲۹۰۰۰۰۱ | ۱۱/۴۴۱ | ۱۰/۷۶۸ | ۱۲/۳۴۵ | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|
| استرس گرمایی متوسط خشک | استرس گرمایی کم خشک | بدون استرس حرارتی مناسب | استرس گرمایی کم گرم | استرس گرمایی متوسط گرم | استرس گرمایی قوی داغ | استرس گرمایی شدید، خیلی داغ | استرس گرمایی متوسط خشک | بدون استرس حرارتی مناسب | استرس گرمایی کم گرم | استرس گرمایی متوسط گرم | استرس گرمایی قوی داغ | استرس گرمایی شدید، خیلی داغ |
|------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|

تصویر ۱۲- شاخص آسایش حرارتی PET در خانه‌ها (ماخذ: نگارندگان)



۷-۱- دمای متوسط تابشی

با توجه به نتایج حاصل شده از روند شبیه‌سازی دیده شد که حیاط خانه منطقی‌نژاد، دمای تابشی کم‌تری را نسبت به حیاط خانه سعادت تجربه کرده‌است و همچنین در ایوان‌ها مشاهده شده‌است که ایوان شمالی خانه سعادت کم‌ترین میزان دمای تابشی را در بین ۳ ایوان به خود اختصاص داده‌است.

۷-۲- شاخص آسایش حرارتی PET

با استناد به همبستگی دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی و با نظر به نتایج مستخرج شده از تحقیق دیده شد که میانگین شاخص آسایش حرارتی (هم‌چنین مقایسه ساعت به ساعت از ابتدای صبح تا ساعت ۱۷:۰۰) حیاط خانه منطقی‌نژاد از حیاط خانه سعادت دارای شرایط دمایی بهتری بوده‌است، هم‌چنین در مقایسه دمای آسایش ایوان‌ها، ایوان شمالی خانه سعادت هم از لحاظ مقایسه ساعتی و هم از لحاظ میانگین، بهترین دمای آسایش و کم‌ترین استرس حرارتی را در بین ۳ ایوان به خود اختصاص داده‌است.

۷-۳- ارزیابی داده‌های فیزیکی

با توجه به برداشت ابعاد و اندازه‌های فیزیکی در خانه‌ها دیده شد که حیاط خانه منطقی‌نژاد کم‌ترین وسعت و بیش‌ترین سایه‌اندازی را داشته‌است و هم‌چنین در ایوان‌ها بیش‌ترین گشایش مساحت ایوان در نما و عرض بازشو مختص به ایوان شمالی خانه سعادت بوده‌است. لازم به ذکر است که ایوان شمالی خانه سعادت از بقیه ایوان‌ها ارتفاع بیش‌تری از سطح حیاط داشته‌است.

۷-۴- ضریب دید آسمان

با توجه به نتایج شبیه‌سازی در خصوص ضرایب دید آسمان، دیده شد که اندازه آن در حیاط خانه سعادت برابر با ۰/۶۴۳ و در حیاط خانه منطقی‌نژاد برابر با ۰/۶۳۲ بوده‌است. (با توجه به هندسه خرد اقلیم حیاط‌ها و مولفه‌های وارد شده به مدل‌سازی نظیر ارتفاعات دیوار حیاط و ایوان‌ها و بدنه ساختمان و مختصات و ارتفاع نقاط مدنظر وارد نرم‌افزار انوی‌مت شده و سپس محاسبه ضریب دید آسمان صورت گرفته‌است).

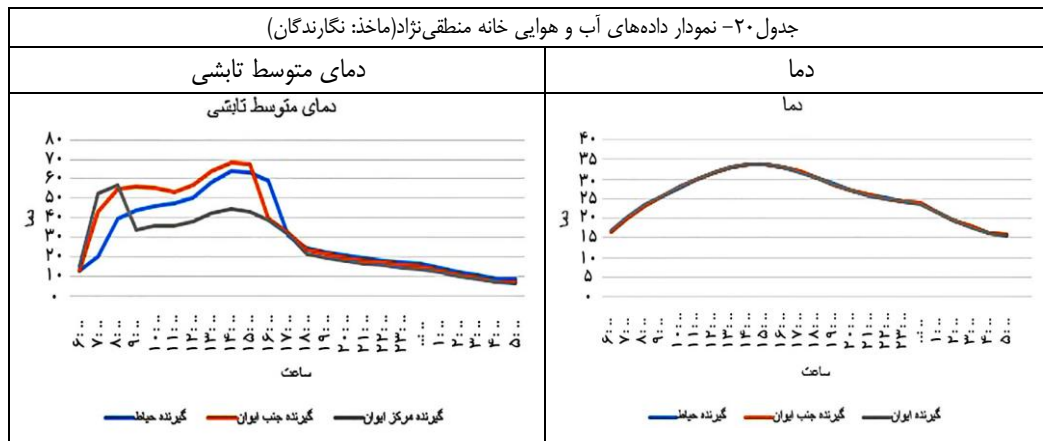
۷-۵- ادراک حرارتی

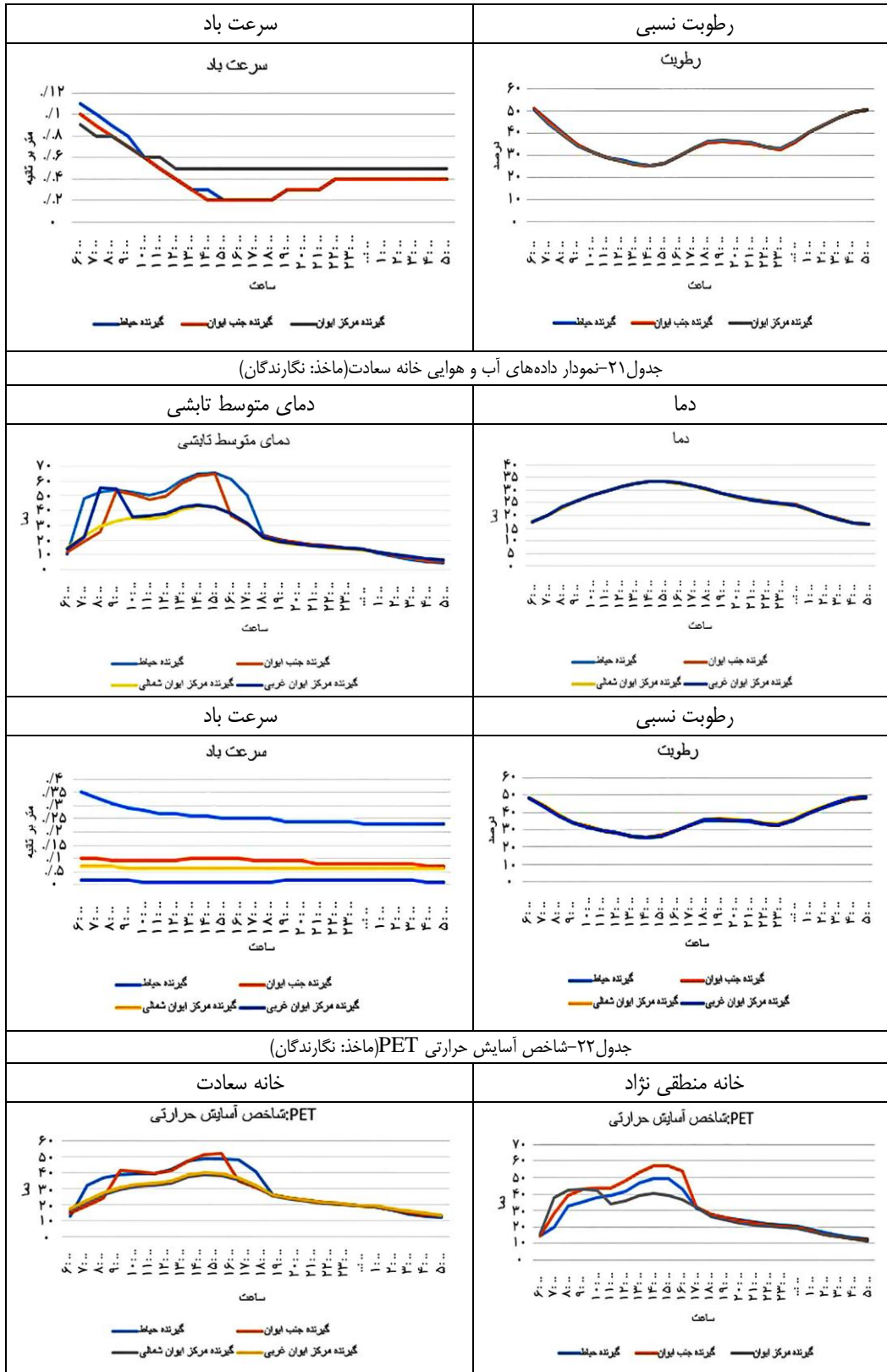
۳ ایوان از ساعت ۲۰:۰۰ تا ۲۴:۰۰ در محدوده ادراک حرارتی مناسب قرار گرفته‌اند که بیش‌ترین زمان را در بین دیگر محدوده‌های دمایی به خود اختصاص داده‌اند. ایوان خانه منطقی‌نژاد نسبت به ۲ ایوان دیگر زمان کم‌تری را در محدوده دمایی با استرس حرارتی متوسط و کم گذرانده‌است. لازم به ذکر است که حیاط هر ۲ خانه در طول روز دمای بیش‌تری را نسبت به ایوان‌ها تجربه کرده‌اند و بیش‌ترین زمان خود را در محدوده استرس دمایی شدید گذرانده‌اند.

۸- یافته‌های تحقیق

نتایج داده‌های آب و هوایی مستخرج شده از نرم‌افزار انوی‌مت در ایوان‌ها و حیاط‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. در جدول ۲۰ ارزیابی داده‌های آب و هوایی خانه منطقی‌نژاد و در جدول ۲۱ داده‌های آب و هوایی خانه سعادت نمایش داده شده‌است.

جدول ۲۰- نمودار داده‌های آب و هوایی خانه منطقی‌نژاد (ماخذ: نگارندگان)





دوفصلنامه اندیشه معماری، نشریه علمی، سال هفتم، شماره سیزدهم

بهار و تابستان ۱۴۰۲



جدول ۲۳- آماره تی مستقل و بررسی تفاوت‌های مولفه‌های شناسایی شده در ایوان و حیاط (ماخذ: نگارندگان)

| سوالات | متغیر | میانگین | معداری اختلاف میانگین |
|--------|-------|---------|-----------------------|
| PET | ایوان | ۲۵/۶۳ | T |
| | | | معداری |
| | | | حیاط |
| | | | ۰/۰۰۲ |
| | | | -۳/۰۶۷ |
| | | | ۰/۰۰۲ |
| ۲۸/۴۷ | حیاط | ۲۸/۴۷ | فرض برابری واریانس |
| | | | F |
| | | | معداری |
| | | | ۰/۳۷۷ |
| | | | ۰/۵۳۹ |
| | | | ۰/۳۷۷ |

براساس نتایج به دست آمده، آماره T مولفه PET بیش‌تر از ۱/۹۶ بوده‌است. هم‌چنین سطح معناداری آن‌ها کم‌تر از ۰/۰۵ است، بنابراین مولفه‌های ایوان و حیاط در PET تفاوت ایجاد می‌کنند.

۲-۸- بررسی تفاوت PET براساس جهات جغرافیایی

براساس تحلیل واریانس^۲ و با استناد به بررسی مولفه‌ها بر اساس جهت جغرافیایی در جدول ۲۴ و با توجه به جدول تعقیبی شفه^۳ (جدول ۲۵) تفاوت حداقلی میان میانگین شاخص‌های آسایش حرارتی PET در تمامی خانه‌ها دیده شده‌است. لذا با آماره F کم‌تر از ۳ و سطح معناداری بیش‌تر از ۰/۰۵ تمامی شاخص‌ها در دسته درون‌گروهی یا در یک جهت و یا آزاد و بدون جهت می‌توان در نظر گرفت. به عبارتی تمامی جهات جغرافیایی در یک دسته درون‌گروهی قرار می‌گیرند.

جدول ۲۴- بررسی مولفه PET براساس جهت‌های جغرافیایی با تحلیل واریانس (ماخذ: نگارندگان)

| متغیر | مجموع مربعات | درجه آزادی | آماره F | سطح معناداری |
|-------|--------------|------------|---------|--------------|
| PET | بین گروهی | ۳ | ۴۶/۳۰ | ۰/۷۰۸ |
| | درون گروهی | ۶۱ | ۶۶۸/۸۲۳ | ۰/۷۰۸ |
| | | ۹ | ۴۵ | |

جدول ۲۵- آزمون تعقیبی شفه برای تفاوت میانگین در تقسیم‌بندی جهت‌های جغرافیایی (ماخذ: نگارندگان)

| مولفه‌ها | جهت‌های جغرافیایی | میانگین |
|----------|-------------------|---------|
| PET | شمال | ۲۶/۴۵ |
| | جنوب | ۲۷/۹۶ |
| | غرب | ۲۶/۷۵ |

شاخص آسایش حرارتی PET مستخرج شده از نرم‌افزار بیومت در خانه‌های منطقی‌نژاد و سعادت در جدول ۲۲ نمایش داده شده‌است. هم‌چنین در ادامه نحوه شاخص آسایش حرارتی در ساعت ۱۲:۰۰ در خانه منطقی‌نژاد تشریح شده‌است.

با توجه به جدول ۲۰، در ایوان خانه منطقی‌نژاد مولفه‌های آب و هوایی نظیر: دمای هوا برابر با ۳۱/۶ درجه سانتیگراد و سرعت باد ۰/۰۵ متر بر ثانیه و رطوبت نسبی ۳۷/۷۴ درصد به همراه دمای متوسط تابشی ۳۷/۷۴ درجه سانتیگراد که توسط نرم‌افزار انوی‌مت محاسبه شده‌است به‌عنوان داده‌های ورودی به نرم‌افزار بیومت وارد شده‌است و با توجه به مولفه‌های فیزیکی یک انسان پیش‌فرض (سن برابر ۳۵ سال و جنس مذکر، وزن ۷۵ کیلوگرم و ارتفاع ۱/۷۵ متر) به همراه متغیر عایق لباس (۰/۹ کلو) و میزان نرخ متابولیسم بدن (۱۶۴/۴۹ وات) همگی به عنوان داده‌های ورودی در کنار داده‌های آب و هوایی وارد نرم‌افزار بیومت شده و شاخص PET در ساعت ۱۲:۰۰ ظهر روز ۱۱ خردادماه ۱۳۹۹ محاسبه و دمایی برابر با ۳۶ درجه سانتیگراد مستخرج شده‌است.

با توجه به گیرنده‌های به کار گرفته شده در خانه‌ها (خانه منطقی‌نژاد شامل ۳ گیرنده: مرکز حیاط، در کنار ایوان و در مرکز ایوان و خانه سعادت بابت داشتن ۲ ایوان دارای ۴ گیرنده) دیده شد که در همه گیرنده‌های موجود در طول روز، گیرنده مرکز حیاط بیش‌ترین دریافت‌کننده سرعت باد بوده و گیرنده‌های مرکز ایوان با توجه به جهت جغرافیایی آن‌ها کم‌ترین دمای متوسط تابشی و کم‌ترین شاخص آسایش حرارتی را به خود اختصاص داده‌اند (میانگین دمای متوسط تابشی ایوان‌ها نسبت به حیاط‌ها ۹/۵۴ درجه سانتیگراد کم‌تر بوده و میانگین شاخص آسایش حرارتی ایوان‌ها نسبت به حیاط‌ها ۲/۸۴ درجه سانتیگراد کاهش نشان داده‌اند).

۱-۸- بررسی تاثیر متغیرهای (ایوان-حیاط) بر شاخص PET

در جدول ۲۳ به بررسی تفاوت‌هایی بین مولفه‌های شناسایی شده در ایوان‌ها و حیاط‌ها می‌پردازد. به منظور بررسی تفاوت از آزمون تی (T) مستقل استفاده شده‌است.



۳-۸- بررسی تاثیر متغیرهای دما، باد،

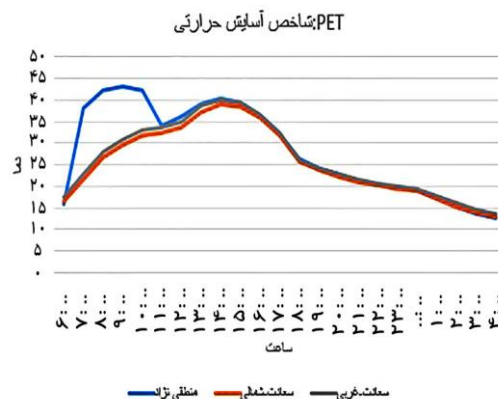
رطوبت و دمای تابشی بر PET

بر اساس رابطه رگرسیون^{۲۲} و بررسی تاثیر داده‌های آب و هوایی بر مولفه PET، دیده شده‌است که متغیر دما دارای ضریب مثبت (۰/۴۵۲) و هم‌چنین دمای متوسط تابشی دارای ضریب مثبت (۰/۵۲۲) و متغیر باد دارای ضریب منفی (-۶/۱۷۱) بوده‌اند و هر سه دسته دارای آماره تی بزرگ‌تر از ۱/۹۶ و سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ بوده‌اند. در این راستا رطوبت فاقد همبستگی با شاخص PET بوده‌است. در ادامه با توجه به روابط همبستگی صورت گرفته فی‌مابین دما، دمای تابشی و باد و نقش تعدیل‌گر (ایوان-حیاط) بر مولفه PET دیده شد که متغیر ایوان-حیاط سبب افزایش ضریب تاثیر این متغیرها بر PET شده‌است.

جدول ۲۶- بررسی نقش تعدیل‌گر (ایوان و حیاط) در رابطه متغیرهای دما، باد و دمای تابشی بر PET (ماخذ: نگارندگان)

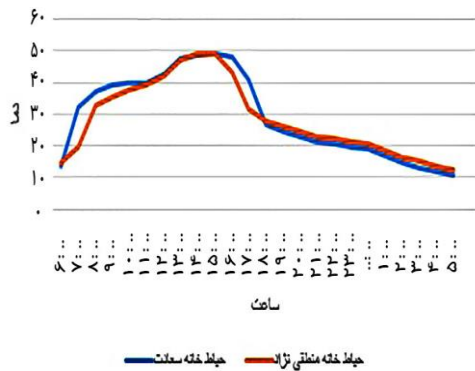
| فرضیه | ضریب | آماره تی | سطح معناداری |
|--|--------|----------|--------------|
| تاثیر متغیر دما (ایوان-حیاط) بر PET | ۰/۵۴۴ | ۱۶/۱۴۱ | ۰/۰۰۰ |
| تاثیر متغیر باد (ایوان-حیاط) بر PET | -۰/۱۱۵ | ۲/۸۷۷ | ۰/۰۰۷ |
| تاثیر متغیر دمای تابشی (ایوان-حیاط) بر PET | ۰/۸۳۹ | ۳۸/۴۸۶ | ۰/۰۰۰ |

با توجه به نتایج مستخرج از روند همبستگی و تاثیر ایوان و حیاط بر شاخص آسایش حرارتی PET در تصویر ۱۳ و ۱۴ به نمایش در آمده‌است.



تصویر ۱۳- مقایسه PET ایوان‌ها (ماخذ: نگارندگان)

PET شاخص آسایش حرارتی



تصویر ۱۴- مقایسه PET حیاط‌ها (ماخذ: نگارندگان)

۴-۸- بررسی تاثیر مولفه‌های ساختمان بر PET
در این راستا بررسی تاثیر مولفه‌های ساختمان (شامل پارامترهای جدول ۴ و ۵) بر مولفه PET مشخص شده‌است.

جدول ۲۷- تاثیر مولفه‌های فیزیکی بر شاخص PET (ماخذ: نگارندگان)

| متغیر مستقل | ضریب | آماره تی | سطح معناداری |
|--------------------------|-------|----------|--------------|
| مساحت ایوان در پلان | ۰/۲۱ | ۰/۷۲ | ۰/۴۸۳ |
| مساحت ایوان در نما | -۰/۳۲ | ۱/۱۳ | ۰/۲۸۱ |
| ارتفاع ایوان از سطح حیاط | ۰/۳۴ | ۱/۲۲ | ۰/۲۴۶ |
| عرض ایوان | ۰/۲۲ | ۰/۷۴ | ۰/۴۷۰ |
| عمق ایوان | ۰/۱۵ | ۰/۵۲ | ۰/۶۱۰ |
| ارتفاع ایوان | -۰/۴۵ | -۱/۶ | ۰/۱۲۳ |
| نسبت ارتفاع به عمق ایوان | ۰/۵۸۹ | ۰/۰۵ | ۰/۹۵۷ |
| نسبت عرض به عمق ایوان | ۲/۰۹۰ | ۰/۳۲ | ۰/۶۶۴ |
| نسبت عرض به ارتفاع ایوان | ۰/۱۷۰ | ۱/۴۵ | ۰/۹۴۱ |
| مساحت حیاط | ۰/۷۲ | ۰/۸۴ | ۰/۶۹۷ |
| مساحت حوض | ۰/۱۲۲ | ۰/۳۶ | ۰/۸۳۱ |
| مساحت فضای سبز | ۰/۳۳۲ | ۱/۵۲ | ۰/۷۴۷ |
| نسبت فضای سبز به حیاط | ۱/۱۰۹ | ۰/۸۹ | ۰/۷۵۹ |
| نسبت حوض به حیاط | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۲ | ۰/۹۸۷ |
| نسبت طول به عرض حیاط | ۴/۱۷۹ | ۰/۲۵ | ۰/۷۳۱ |



نسبت به ایوان غربی خانه سعادت دمای تابشی کم‌تری داشته‌است، شاخص آسایش حرارتی ایوان شمالی خانه سعادت دمایی معادل $3/24$ درجه نسبت به ایوان خانه منطقی‌نژاد و $0/81$ درجه سانتیگراد نسبت به ایوان غربی خانه سعادت دمای پایین‌تری را تجربه کرده‌است. لذا مولفه‌های کالبدی نظیر مساحت گشایش فضایی ایوان در نما، عرض ایوان و ارتفاع ایوان از سطح حیاط در کنار جهت جغرافیایی و دریافت میزان تابش و باد در بهبود شاخص آسایش حرارتی در ایوان‌ها موثر بوده‌اند. لذا با استناد به متغیرهای کالبدی مورد آزمون، دیده شد که تناسب فیزیکی حیاط‌ها و ایوان‌ها در راستای جهت جغرافیایی و برخورداری از میزان تابش به بهینه‌تر شدن شاخص آسایش حرارتی در فضاهای باز و نیمه‌باز کمک شایانی می‌کنند.

۹- نتیجه تحقیق

هدف کلی پژوهش حاضر شناخت مولفه‌های فیزیکی موثر بر عملکرد دمایی و داده‌های آب و هوایی عناصر اقلیمی چون ایوان و حیاط مرکزی و تقابل آن‌ها با شرایط حرارتی در محیط نیمه‌باز (ایوان) و فضای پیرامون آن‌ها (حیاط مرکزی) در بافت سنتی- تاریخی شیراز بوده‌است. در این خصوص شناسایی موقعیت و جهت قرارگیری، تناسب فیزیکی حیاط و ایوان‌ها ارتفاع ایوان‌ها از سطح حیاط و متغیرهای آب و هوایی و شاخص آسایش حرارتی مورد آزمون قرار گرفته‌است. ابعاد حیاط مرکزی به همراه ضریب دید آسمان و سایه‌اندازی‌های موجود بر سطح حیاط و تاثیر تابش خورشید بر آن، باعث ایجاد آسایش حرارتی متفاوتی در دو خانه شده‌است. براین اساس تاثیرات اقلیمی و آسایش حرارتی و همبستگی آن‌ها با تناسب فیزیکی در نماها از مهم‌ترین رویکردهای این پژوهش بوده‌است. لذا با ورود عناصر پاسخده اقلیمی در بدنه نماها و به کارگیری فضاهای مابین به عنوان عایق حرارتی و با توجه به تناسب و جهت جغرافیایی بناها، شاهد کاهش و بهبود شاخص آسایش حرارتی بوده‌ایم. در جدول ۲۹ نتایج حاصل از پژوهش تدوین شده‌اند.

با توجه به مقادیر آماره تی به ترتیب ارتفاع ایوان، ارتفاع ایوان از سطح حیاط، مساحت ایوان در نما و عرض ایوان بیش‌ترین نزدیکی را به سطح معناداری با شاخص PET نشان می‌دهند (جدول ۲۸).

جدول ۲۸- تاثیر مولفه‌های فیزیکی بر شاخص PET

(ماخذ: نگارندگان)

| ایوان | مولفه فیزیکی |
|---|-----------------------------------|
| ایوان شمالی خانه سعادت | بیش‌ترین ارتفاع از سطح حیاط |
| | بیش‌ترین مساحت ایوان در نما |
| | بیش‌ترین عرض بازو |
| کم‌ترین میانگین و دمای لحظه‌ای PET و کم‌ترین استرس حرارتی | بیش‌ترین نسبت L/H (عرض به ارتفاع) |

با نتایج مستخرج از تحقیق، حیاط خانه منطقی‌نژاد با توجه به داشتن مساحت و ضریب دید آسمان و دمای تابشی کم‌تر، سایه‌اندازی مناسبی بر حیاط دارا است، در حالی که در حیاط خانه سعادت به علت وسعت بیش‌تر تابش خورشید بر روی نقطه مرکزی حیاط باعث افزایش دمای تابشی و در پی آن افزایش شاخص آسایش حرارتی شده‌است. طبق نتایج داده‌های فیزیکی و اقلیمی مستخرج شده از تحقیق حیاط خانه منطقی‌نژاد دمای آسایش بهتری را تجربه کرده‌است (تا ساعت ۱۷:۰۰ کم‌ترین تابش در خانه منطقی‌نژاد شاهد هستیم). طبق نتایج در خصوص مساحت حیاط و ضریب دید آسمان، می‌توان رابطه معناداری میان دو عامل پیدا کرد که با افزایش مساحت، افزایش ضریب دید آسمان و افزایش دمای متوسط تابشی را شاهد بود. لذا شاخص آسایش حرارتی در ایوان‌ها به صورت زیر بوده‌است

ایوان شمال-سعادت PET > ایوان غرب-سعادت PET > منطقی‌نژاد PET

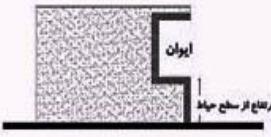

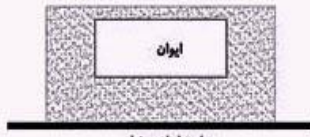


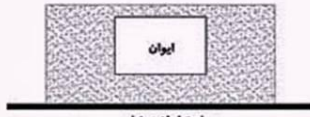
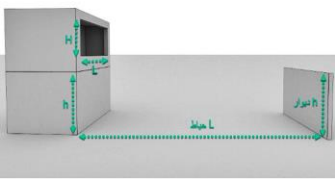
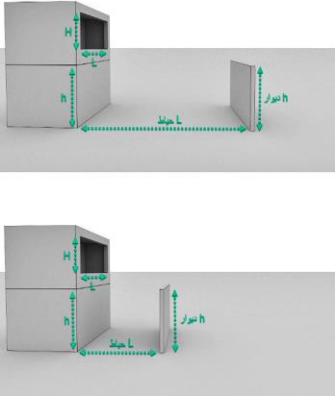
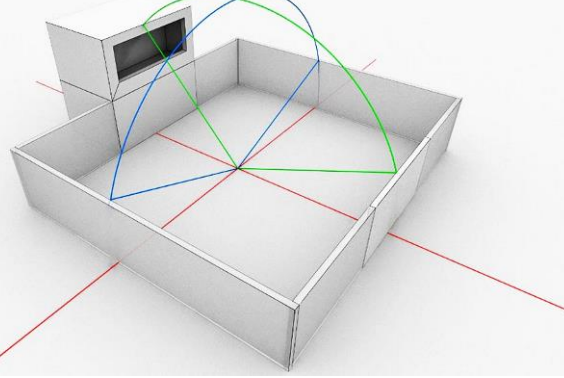
بر اساس نتایج کمی به دست آمده از حیاط‌ها، خانه منطقی‌نژاد $2/45$ درجه سانتیگراد دمای تابشی کم‌تری در حیاط خود نسبت به خانه سعادت تجربه کرده‌است، در پی آن شاخص آسایش حرارتی حیاط خانه منطقی‌نژاد نسبت به خانه سعادت $0/21$ درجه سانتیگراد کم‌تر و از عملکرد حرارتی بهتری برخوردار بوده‌است. با این حال با توجه به ایوان شمالی خانه سعادت که $2/92$ درجه سانتیگراد نسبت به ایوان خانه منطقی‌نژاد و $2/38$ درجه



جدول ۲۹- نتایج پژوهش (ماخذ: نگارندگان)

| نتایج مستخرج شده از تحقیق | |
|--|---|
| <p>● مولفه‌های ایوان و حیاط هر دو سبب افزایش تاثیر داده‌های آب‌وهوایی بر شاخص PET شده‌اند و با توجه به رابطه معنادار شاخص PET با دما، دمای تابشی و سرعت باد، متغیر ایوان - حیاط ضریب تاثیر موافقه‌های فوق را افزایش خواهد داد. لازم به ذکر است که تعدیل‌گر ایوان در بدنه عمودی نمای ساختمان به علت سایه‌اندازی و دریافت و انتقال دما، رفتار حرارتی محیط خود و پیرامون را کنترل کرده و در تعدیل دمای متوسط تابشی نقش مهمی ایفا کرده‌است. همچنین حیاطها با وجود سرمایش تابشی و تبخیری در تعدیل دمای متوسط تابشی تاثیرگذار هستند. لذا با عنایت به میزان وسعت و کالبد فیزیکی ایوان‌ها و حیاطها (متغیرهای تعدیل‌گر) در دریافت تابش و باد، توانایی تاثیر بر شاخص آسایش حرارتی PET (متغیر وابسته) را داشته‌اند و همچنین باعث افزایش ضریب تاثیرگذاری بر متغیرهای مستقل محیطی (دما، دمای متوسط تابشی و سرعت باد) شده‌اند.</p> | |
|  | <p>● با توجه به تناسب و میزان سایه‌اندازی (طبق تصویر) و کاهش میزان تابش، میانگین دمای شاخص آسایش حرارتی ایوان بسیار کم‌تر از حیاط بوده‌است و تعدیل‌گر ایوان بر شاخص آسایش حرارتی PET و دمای متوسط تابشی (Tmrt) تاثیرگذاری بیش‌تری نسبت به حیاط نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که قرارگیری ایوان‌ها در محدوده آسایش نسبت به حیاط در زمان و دمای کم‌تری در طول روز صورت می‌گیرد.</p> |
| <p>● رطوبت فاقد اثر و همبستگی با شاخص PET است. دمای هوا و دمای تابشی دارای ضریب مثبت و سرعت باد دارای ضریب منفی و هر سه دارای همبستگی با شاخص PET بوده‌اند.</p> | |
|  | <p>نزدیک‌ترین سطح معناداری مولفه‌های فیزیکی با شاخص آسایش حرارتی PET به ترتیب:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ارتفاع ایوان (H) ● ارتفاع ایوان از سطح حیاط (h) - قرارگیری در مسیر باد مناسب‌تر - دوری جستن از بازتاب‌های حرارتی موجود در سطح زمین ● افزایش مساحت گشایش فضایی ایوان در نما ● عرض بیش‌تر ایوان (L) ● نسبت عرض به ارتفاع (L/H) - هرچقدر تناسب عرض به ارتفاع از ۱ بالاتر برود، سایه‌اندازی و تهویه بیش‌تر شده و کاهش دمای آسایش را به‌همراه دارد. - تناسب مستطیل کشیده افقی در بدنه نما از شرایط ایده‌آل گشایش فضایی در نما بوده‌است. <p>طبق تصاویر روبرو، با کاهش ارتفاع ایوان‌ها، افزایش سایه‌اندازی را به‌همراه داشته‌است و در نهایت باعث کنترل دمای متوسط تابشی و کاهش شاخص آسایش حرارتی شده‌است. همچنین با افزایش عرض و مساحت گشایش فضایی ایوان‌ها در نما، افزایش دریافت باد و تهویه طبیعی را شاهد بوده‌ایم.</p> <p>در تصاویر ذیل، ایوان شمالی خانه سعادت مولفه‌های فیزیکی تاثیرگذارتری نسبت به ۲ ایوان دیگر داشته‌اند که این تناسب کالبدی با توجه به جهت دریافت تابش و باد، در بهبود شاخص آسایش حرارتی نقش موثری ایفا کرده‌اند.</p> |
|  | |



| | | | | | | | | |
|--|--|---|------|-----|------|------|------|-----|
|  |  |  | | | | | | |
|  |  |  | | | | | | |
|  | <p>با توجه به میزان سایه‌اندازی و وسعت حیاطها ۳ عامل ضریب دید آسمان، دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی در حیاطها دارای همبستگی مثبت هستند. لذا با کاهش وسعت حیاط، کاهش ضریب دید آسمان (SVF) و افزایش میزان سایه‌اندازی را شاهد هستیم که در همین راستا، کاهش دریافت تابش و به دنبال آن کاهش دمای متوسط تابشی تجربه شده‌است. با استناد به همبستگی موجود، شاخص آسایش حرارتی PET نیز به دنبال دمای متوسط تابشی نیز کاهش نشان داده‌است (حیاط خانه منطقی نژاد).</p> | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>کاهش</td> <td>SVF</td> </tr> <tr> <td>کاهش</td> <td>Tmrt</td> </tr> <tr> <td>کاهش</td> <td>PET</td> </tr> </tbody> </table> | کاهش | SVF | کاهش | Tmrt | کاهش | PET |
| کاهش | SVF | | | | | | | |
| کاهش | Tmrt | | | | | | | |
| کاهش | PET | | | | | | | |
|  <p>ضریب دید آسمان (SVF) با توجه به وسعت و میزان تناسب فیزیکی حیاطها</p> |  <p>نمایش نسبتی از گنبد آسمان (ضریب دید آسمان SVF) و تاثیر آن بر محیط پیرامون و بر میزان سایه‌اندازی حیاط</p> | | | | | | | |
| <p>• تناسب کالبدی مناسب ایوان‌ها، تغییر در محدوده ادراک حرارتی و درجه فشار فیزیولوژیک را به همراه دارند. لذا با رعایت ابعاد فیزیکی مناسب زمان بیش‌تری را با دمای کم‌تر در فضاهای نیمه‌باز می‌توان سپری کرد. ایوان خانه‌های مورد آزمون در طول روز حدود ۱۴ ساعت در محدوده آسایش و یا استرس حرارتی کم قرار گرفته‌اند. ایوان شمالی خانه سعادت بیش‌ترین زمان قرارگیری در محدوده آسایش را به خود اختصاص داده‌است (هر ۳ ایوان در ساعات ۲۰:۰۰ تا ۲۴:۰۰ در محدوده آسایش بوده‌اند).</p> | | | | | | | | |
| <p>• سایه‌اندازی در فضاهای نیمه‌باز در تغییر دمای سطوح داخل و پیرامون آن‌ها بسیار تاثیرگذار بوده‌است. با توجه به نتایج گیرنده‌های به کار رفته در حیاط، نزدیک ایوان و در مرکز ایوان، دیده شد که گیرنده مرکز ایوان در طول روز، شرایط دمایی مناسب‌تری را نسبت به ۲ گیرنده دیگر تجربه کرده‌است. لذا تاثیر مولفه‌های کالبدی در تقویت میزان سایه‌اندازی و تهویه طبیعی، عاملی بر کاهش دماهای محیطی و همچنین دمای سطوح دیوار و کف ایوان‌ها بوده‌است. در همه ایوان‌های مورد آزمون، دمای سطح کف ایوان‌ها نسبت به دیوارهای داخل ایوان حداقل ۳/۶۰ درجه سانتیگراد دمای بیش‌تری را تجربه کرده‌اند و همچنین دمای سطح کف ایوان با سطح مجاور در فضای باز حدود ۲/۵۰ درجه سانتیگراد دمای کم‌تری را شاهد بوده‌ایم.</p> | | | | | | | | |



۹-۱- پیشنهادات آتی

شناخت عناصر پاسخگو به اقلیم و تزریق مبانی شکل‌گیری آن‌ها به‌همراه تناسب کالبدی به بدنه بناهای امروزی از عوامل موثر در کنترل دمای محیطی هستند. لذا سنجش عملکرد حرارتی در ماه‌های سرد سال با توجه به تناسب فیزیکی ایوان‌ها از پیشنهادات اصلی برای تحقیقات آتی بوده‌است.

۱۰- تشکر و قدردانی

سپاس فراوان از آقایان مانی فارسی‌پور نقیبی و سینا کرمی‌راد، جهت کمک و تسهیل در فرآیندهای نرم‌افزاری و همچنین آقای نوید مهدی‌زاده دوانی که در ویرایش نسخه انگلیسی کمک شایانی را به نویسندگان ارائه دادند.

۱۱- پی‌نوشت‌ها

- ۱- Envi-met
- ۲- Rayman
- ۳- Morphology
- ۴- Predicted Mean Vote
- ۵- Physiological Equivalent Temperature
- ۶- Surabaya
- ۷- Thermo-Pyrometer
- ۸- Thermo- Hygrometer
- ۹- Covid 19
- ۱۰- Receptor
- ۱۱- Leonardo
- ۱۲- Pearson
- ۱۳- Fanger
- ۱۴- Nikol and Humphreys
- ۱۵- Dynamic
- ۱۶- Microclimate
- ۱۷- Bio- met
- ۱۸- Universal Thermal Climate Index
- ۱۹- Standard Effective Temp
- ۲۰- Variance
- ۲۱- Scheffe
- ۲۲- Regression

۱۲- منابع فارسی و لاتین

• احمدپورکله‌رودی، نرگس، پورجعفر، محمدرضا، مهدوی‌نژاد، محمدجواد و یوسفیان، سمیرا (۱۳۹۶). نقش و تاثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری بررسی موردی: طراحی پیاده‌راه طمقچی‌ها در کاشان، نشریه نامه معماری و شهرسازی، ۱۸(۹): ۵۹-۷۹.

<https://www.sid.ir/paper/215873/fa>

• احمدی، زهرا (۱۳۹۱). بازخوانی نقش گمشده حیاط مرکزی در دستیابی به معماری پایدار، نشریه شهر و معماری بومی، (۲): ۲۵-۴۰.

http://smb.yazd.ac.ir/article_62.html

• احمدی، زهرا (۱۳۹۴). نقش محوری فضای باز در تحقیق معماری پایدار، نشریه هویت شهر، ۹(۲۱): ۸۱-۹۰.

https://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_7079_528218ec97a3447aa8994c39c9fb9a7b.pdf

• احمدی ونهری، ارمغان، غفاری، علی، تقوایی، حسن و صدق‌پور، بهرام‌صالح (۱۳۹۹). تاثیر حرارتی-ادراکی شاخص ضریب آسمان قابل رویت با توجه به جهت‌گیری معابر شهری (نمونه موردی: معابر شهر اصفهان)، نشریه علوم تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۲(۱۱): ۱۵۷-۱۷۰.

https://jest.srbiau.ac.ir/article_12059.html

• اسلامی، فرشته، طاهری، ثریا و طاهری، جعفر (۱۳۹۶). بهره‌گیری از مصالح نوین به عنوان جایگزینی برای راهکارهای اقلیمی معماری سنتی شهر یزد، نخستین کنفرانس ملی به سوی شهرسازی و معماری دانش‌بنیان، تهران، ایران.

<https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1064501.pdf>

• برزگر، زهرا و حیدری، شاهین (۱۳۹۶). بررسی نقش عمق و سایه ورودی خانه‌های سنتی در تامین آسایش حرارتی بیرونی - نمونه موردی: بافت قدیم شیراز، نشریه معماری اقلیم گرم و خشک ۵(۵): ۲۱-۳۲.

http://smb.yazd.ac.ir/article_945_f5c50242b2d61bfec1d585d31d31e896.pdf

• بنیانی، فاطمه، معارضیا، کاظم، حبیبی، امین، و فتاحی، کاوه (۱۳۹۷). پیوستگی فضایی در گذار از فضای باز به بسته، نشریه اندیشه معماری، ۴، ۶۳-۷۶.

https://at.journals.ikiu.ac.ir/article_1982_d99431a80c941ba021a7e9618e8f35c3.pdf



<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=480232>

• راهب، غزال و نظری، محیا (۱۳۹۶). بررسی عوامل موثر بر کارکرد فضای نیمه‌باز خصوصی واحدهای مسکونی شهر تهران، مجله آرمان شهر، ۲۱: ۳۹-۴۸.

http://www.armanshahjournal.com/article_58554_2ad915dd5e635ba920148be57307ac5f.pdf

• رضائی‌نیا، عباس‌علی (۱۳۹۶). صورت ایوان در معماری ایرانی، از آغاز تا سده نخستین اسلامی، نشریه مطالعات معماری ایران، ۱۱: ۱۲۵-۱۴۴.

<http://ensani.ir/file/download/article/20171231153952-9863-91.pdf>

• مرکز آمار ایران (۱۳۹۹). سالنامه آماری کشور ۱۳۹۷. تهران: دفتر ریاست، روابط عمومی و همکاری‌های بین‌الملل.

www.amar.org.ir

• سعدی‌نیا، کبری، سجاذزاده، حسن، مرادی، معصومه و بیرانوند، الهام (۱۳۹۳). نقش اقلیمی ایوان در خانه‌های مناطق کوهستانی (نمونه موردی خانه‌های سنتی خرم‌آباد)، سومین همایش ملی توسعه پایدار روستایی، همدان.

<http://civilica.com/doc/282278>

• سهیلی‌فرد، مهدی، اخترکاو، حمید، فلاحی، سلوا، اخترکاو، مهدی و محمدمرادی، اصغر (۱۳۹۲). بررسی تعامل اصول معماری ایرانی و انرژی خورشیدی از منظر فرم، تقارن و جهت‌گیری، نمونه موردی: خانه عباسیان کاشان، نشریه آرمان شهر، ۵(۱۱): ۷۵-۹۰.

http://www.armanshahjournal.com/article_33466_41fc9c49ec168c17b93d65ab188bbca3.pdf

• طاهباز، منصوره (۱۳۹۶). دانش اقلیمی طراحی معماری، تهران، انتشارات شهید بهشتی.

www.pub.sbu.ac.ir

• فتاحی، کارن، نصرالهی، نازنین، انصاری‌منش، مریم، خداکریمی، جمال و عمرانی‌پور، علی (۱۴۰۰). بررسی نقش هندسه و نوع فضای باز شهری بر آسایش حرارتی و کیفیت محیطی، نمونه مورد مطالعه: بافت تاریخی کاشان، نشریه مطالعات شهری، ۱۰(۳۹): ۶۹-۸۲.

https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61677_6419bb8030dfa1db04678190764ac9be.pdf

• پروردی‌نژاد، سمیرا، حمزه‌نژاد، مهدی، دهقان، نرگس و کیان‌ارثی، منصوره (۱۴۰۰). مطالعه تطبیقی تاثیر فرهنگ و اقلیم در شکل‌گیری خانه‌های قاجاریه دو بوم‌فرهنگ شیراز و کاشان، نشریه اندیشه معماری، ۵(۱۰): ۱۸۲-۲۰۱.

https://at.journals.ikiu.ac.ir/article_2273_b650c1c116805c7d018d13fcd2f2581.pdf

• پسران، آرش، کریمی‌نیا، شهاب، ناظمی، الهام و طغیانی، شیرین (۱۳۹۸). بازشناسی نقش پیمون در طراحی خانه‌های سنتی از منظر سرمایه‌های ایستا (نمونه‌موردی، خانه‌های قجری شهر شیراز)، نشریه اندیشه معماری، ۳(۶): ۱۶۰-۱۷۴.

https://at.journals.ikiu.ac.ir/article_1798_b7f92442e186a72baf9a7cccfdb3604.pdf

• پوردیهیمی، شهرام (۱۳۹۰). زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار. تهران: انتشارات شهید بهشتی.

<https://www.gisoom.com>

• تابان، محسن، پورجعفر، محمدرضا، بامیان، محمدرضا و حیدری، شاهین (۱۳۹۲). تعیین الگوی بهینه حیاط مرکزی در مسکن سنتی دزفول با تکیه بر تحلیل سایه دریافتی سطوح مختلف حیاط، نشریه باغ نظر، ۱۰(۲۷): ۳۹-۴۸.

<https://www.sid.ir/paper/125523/fa>

• تاگردربانی، الهام، رفیعیان، مجتبی، حنایی، تکتم و منصفی‌پراپری، دانیال (۱۳۹۷). ارزیابی اثرات اقلیمی بر تغییرات آسایش حرارتی بیرونی با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) در شهر مشهد، نشریه تحقیقات جغرافیایی، ۳۳(۳): ۳۹-۵۷.

<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=527817>

• حمزه‌نژاد، مهدی و رادمهر، مهسا (۱۳۹۶). تحلیل اصول فضایی و الگوگزینی بهینه در معماری الگوگرای معاصر ایران، بررسی موردی: سازمان میراث فرهنگی کشور، حسین امانت، نشریه مطالعات معماری ایران، ۱۱: ۱۴۵-۱۶۸.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=298197>

• داوطلب، جمشید، پوردیهیمی، شهرام، حافظی، محمدرضا و ادیب، مرتضی (۱۳۹۸). اثر پوشش گیاهی بر تعدیل احساس گرمایی فضای باز منطقه سیستان، نشریه مطالعات معماری ایران، ۸(۱۵): ۱۵۵-۱۷۱.



- نیمه‌باز در شرایط اقلیم شهر تهران، نشریه پژوهش‌های معماری و محیط، ۲(۱): ۳۱-۴۸.
http://jaer.znu.ac.ir/article_35349_1aabb95959c70dfbfcdb59c90eb570a6.pdf
- یادگاری، پگاه و سجاذزاده، حسن (۱۴۰۰). نقش الگوی فضایی و پوشش گیاهی فضاهای باز محلی بر میزان آسایش حرارتی در اقلیم سرد، نشریه مطالعات شهری، ۱۰(۴۰): ۱۵-۲۶.
https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61800_ec205df1da7ccf0262bf444fdbe11f9a.pdf
- وکیلی‌نژاد، رزا، مهدی‌زاده سراج، فاطمه، و مفیدی شمیرانی، سیدمجید (۱۳۹۲). اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران. نشریه انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران (۵)، ۱۴۷-۱۵۹.
<https://sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=240992>
- Ayyad, Y.N, & Sharples, S (2019). Envi-met Validation and Sensitivity Analysis Field Measurements in a Hot Arid Clomate. IOP Conf, Earth and Environment Science 329, 1-9.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/329/1/012040/pdf>
- Baghaeipoor, Golnar, & Nasrollahi, Nazanin (2019). The Effect of Sky of Sky View Factor Air Temperature in High-rise Urban Residential Environments, Journal of Daylighting (6):42-51.
<https://solarlits.com/jd/pdf/6-42.pdf>
- Berardi, Umberto, & Yupeng, Wang (2016).The Effect of a Denser City over the Urban Microclimate: The Case of Toronto. Sustainability, 8(8): 1-11.
<https://www.mdpi.com/20711050/8/8/822/htm>
- Chen, Liang, & Ng, Edward (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. Cities, 29(2), 118-125.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275111001053>
- Goshayeshi, Danial, Shahidan, Mohd Fairuz., Khafi, Farzaneh, & Ehtesham, Ezzat (2013). A review of • قانقرمه، عبدالعظیم، روشن، غلامرضا و شاه‌کویی، اسماعیل (۱۳۹۷)، بازنگری در تعیین دمای پایه آسایش حرارتی مناطق اقلیمی متفاوت ایران به منظور محاسبه شاخص درجه-روز مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی، نشریه اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، ۲۷(۱۰۵)، ۱۲۷-۱۴۳.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=357692>
- کرمی‌راد، سینا، بنزاده، بهاره، زارعی، هانی و قزلباش، ابراهیم (۱۳۹۸). ارزیابی و تحلیل آسایش حرارتی حیاط خانه‌های تاریخی شهر شیراز در دوره قاجار، نشریه پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۹(۲۰): ۱۸۳-۲۰۲.
https://nbsh.basu.ac.ir/article_2735_2a1dbd3bd31f5293309775075d324fb2.pdf
- محمودی، سیدامیرسعید، قاضی‌زاده، سیده‌ندا و منعم، علیرضا (۱۳۸۹)، تاثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی، نمونه مورد مطالعه: فاز ۳ مجتمع مسکونی اکباتان، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، ۲(۴۲)، ۵۹-۷۰.
https://jfaup.ut.ac.ir/article_22614_2deaf276eff885c0420da2da4671b4a6.pdf
- منتظری، مرجان، جهان‌شاه‌لو، لعل و ماجدی، حمید (۱۳۹۷). تاثیر مولفه‌های فرم کالبدی شهری بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری، نشریه مطالعات محیطی هفت‌حصار، ۲۳(۶): ۴۹-۶۶.
<https://civilica.com/doc/1232932>
- مهدوی‌نژاد، محمدجواد، منصورپور، مجید و مسعودی‌نژاد، مصطفی (۱۳۹۵). جایگاه اقلیم در ترکیب‌بندی بناهای معاصر(مطالعه‌موردی: خانه‌های دوران قاجار در شهر دزفول)، نشریه هویت‌شهر، ۱۰(۲۶): ۶۱-۷۴.
https://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_9432_0b6c1372ce8c2d41bf8335e6543ff393.pdf
- نیکقدم، نیلوفر (۱۳۹۲). الگوی فضاهای نیمه‌باز خانه‌های بومی دزفول، بوشهر، بندر لنگه در ارتباط با مولفه‌های اقلیم محلی، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، ۱۸(۳): ۶۹-۸۰.
https://jfaup.ut.ac.ir/article_51319_fa879152853b5a1c5f295de3b3df6262.pdf
- ورد، مینا، فیضی، محسن، خاک‌زند، مهدی و اوجاقلو، مرتضی (۱۳۹۷). ویژگی‌های حرارتی فضاهای باز و



- Lyu, Tong, Buccolieri, Riccardo, & Gao, Zhi (2019). A Numerical Study on the Correlation between Sky View Factor and Summer Microclimate of Local Climate Zones, *Athmosphere*, 10(438), 1-19.
<https://www.mdpi.com/20734433/10/8/438/html>
- Matzarakis, Andreas, & Amelung, Bas (2008). Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans, climatic change and human health, *springer science*, 161-172.
https://www.researchgate.net/publication/226518690_Physiological_Equivalent_Temperature_as_Indicator_for_Impacts_of_Climate_Change_on_Thermal_Comfort_of_Humans
- Maleki, A, & Mahdavi, A (2016). Evaluation of Urban Heat Islands Mitigation Strategies Using 3DImentional Urban Microclimate Model Envi-met, *Asian journal of civil engineering (BHRC)*, 17(3): 357-371.
https://www.researchgate.net/publication/291837003_Evaluation_of_Urban_Heat_Islands_mitigation_strategies_using_3dimentional_urban_microclimate_model_envi-met
- Matallah, Mohamed Elhadi, Alkama, Djemal, Teller, Jacques, Ahriz, Atef, & Attia, Shady (2021). Quantification of the Outdoor Thermal Comfort within Different Oases Urban Fabrics, *Sustainability*, 13(3051): 1-23.
<https://www.mdpi.com/20711050/13/6/3051>
- Worre Foged, Isak (2019). Thermal Responsive Performances of a Spanish Balcony-Based Vernacular Envelope, buildings, 1-12.
https://mdpires.com/d_attachment/buildings/buildings0900080/article_deploy/buildings-09-00080.pdf
- researches about human thermal comfort in semi-outdoor spaces, *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 2(4): 516-523.
<https://www.researchgate.net/publication/284014894>
- Habib, Farah, Barzegar, Zahra, & Cheshmehghasabani, Maryam (2015). Adjustment Comparison of Veranda Effect on Building Shadow Area in Semi-arid and Moderate Climates, *KSCE Journal of Civil Engineering*.
<https://www.researchgate.net/publication/271953516>
- Illiyin, Dini Faza, Martokusumo, Widjaja, & Donny Koerniawan, Mochamed (2019). Analysis of Correlation between Urban Structure Parameters and Climatic Variables in Heritage Area of Rajawali-Surabaya as Urban Heat Island Mitigation, Equity, Equality, and Justic in Urban Housing Development (ISTEcS), Indonesia.
<https://search7.com/search.php?q=DOI%2010.18502/kss.v3i21.4969>
- Koopmans, S, Heusinkveld, B.G, & Steeneveld, G.J (2020). A Standardized Physical Equivalent Temperature Urban Heat Map at 1-m Spatial Resolution to Facilitate Climate Stress Test in the Vetherlands, *Building and Environment*, 181, 1-13.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320303644?via%3Dihub>
- La Egerhazi, La, Kovacs, A, Takacs, A, & Egerhazi, L (2014). Comparison of the Results of Two Microclimatological Models and Measurments, *Acta Climatologica ET Chorologica*, Universitatis Szegediensis, Tomus 47-48: 33-42.
https://www.researchgate.net/publication/275020270_Comparison_of_the_results_of_two_microclimatological_models_and_measurments



۱۳- چکیده تصویری

عناصر بومی، پاسخ به اقلیم؛ مبتنی بر جایگاه تناسبات فیزیکی ایوان و حیاط مرکزی در تعادل دمای خانه‌های بافت تاریخی شیراز

