مطالعات محیطی هفت حصار شماره بیست و چهارم/ سال ششم/ تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۶۸-۵۵

مقایسه میزان آسایش حرارتی درونی و بیرونی زمستان‌نشین و حیاط مرکزی در خانه سنتی به روش PMV و PPD (مطالعه موردی: خانه تولایی شیراز)

نجمه زنگنه*، زهرا برزگر**

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۲/۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۱/۲۸

چکیده

تأمین آسایش حرارتی در ساختمان از مهم‌ترین اهداف طراحی اقلیمی است که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های انسان در نیم‌قرن گذشته محسوب گردیده است. در این پژوهش میزان آسایش حرارتی فضای زمستان‌نشین و حیاط مرکزی خانه سنتی بررسی شد. بخشی از روش تحقیق این پژوهش بر مبنای میزان آسایش حرارتی به روش PMV و میزان رضایت‌مندی ساکنان به روش PPD بوده است. اطلاعات دما و رطوبت با کمک دستگاه Data Logger TA120 اندازه‌گیری شد و اطلاعات سرعت باد و دمای تابشی با استفاده از نرم‌افزار EnergyPlus 8.6 به دست آمد و بر اساس آن‌ها PMV وPPD محاسبه شد. نهایتاً با مقایسه آسایش حرارتی فضای زمستان‌نشین و حیاط مرکزی نتایج نشان داد که آسایش حرارتی زمستان‌نشین خانه تولایی در فصل سرما نسبت به حیاط مرکزی آن، از درجه راحت‌تر برخوردار بوده است و بیش از ۸۵ درصد کاربران از زمستان‌نشین این خانه احساس رضایت دارند. این نحوه عملکرد حرارتی در خانه‌های سنتی که هنوز پس از گذشت سال‌های طولانی مشاهده می‌شود، بسیار ارزشمند و جالب‌توجه است؛ ازاین‌رو این پژوهش می‌تواند در ساخت‌وساز امروزی، زمینه‌ساز طراحی اقلیمی مناسب در جهت افزایش میزان رضایت‌مندی استفاده‌کنندگان از فضا باشد.

واژگان کلیدی

آسایش حرارتی، زمستان‌نشین، روش PMV و PPD، خانه تولایی، شیراز

* دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسنده مسئول)
Najme.zangeneh2@yahoo.com
** مدرس، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
Zahrabarzegar86@yahoo.com

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

مقدمه

منظور از شرایط آسایش حرارتی مجموعه شرایط حرارتی است که حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد (ASHRAE55,1992). آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون ازلحاظ حرارتی رضایت‌بخش باشد. تعریف آسایش حرارتی تعریف ساده‌ای نیست، چراکه عوامل محیطی و اختصاصی فراوانی در به وجود آمدن آن دخالت دارند. مطابق استاندارد آسایش حرارتی هر شخص، شرایط ذهنی است که میزان رضایتمندی او از محیط دمایی را بیان می‌کند (ISO 7730,1984). از مهم‌ترین شاخص‌های تعیین میزان آسایش حرارتی، میانگین رأی پیش‌بینی‌شده (PMV) و درصد افراد ناراضی (PPD) هستند (ISO7730, 2005). پروفسور فنگر با مرتبط دانستن احساس گرما با توان فرد و بر اساس نتایج تجربی به‌دست‌آمده از آزمایش، معیاری را به‌عنوان درجه احساس تعریف کرد، این معیار به‌عنوان ضریب PMV شاخص آسایش نامیده شده است که نشان‌دهنده‌ی متوسط احساس یکسان چندین نفر از یک شرایط محیطی است (کسمایی، ۱۳۷۲:۵۰) و نیز شاخصPPD نیز برای پیش‌بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی تعیین‌شده بر مبنای شاخصPMV شکل‌گرفته است (Orosa, 2011: 4). طراحی خانه‌های سنتی ایران همواره در جهت طراحی همساز با اقلیم بوده است تا بدین‌وسیله با فراهم آوردن آسایش حرارتی برای کاربران، کیفیت فضای زیست مصنوعی خود را ارتقاء بخشند (راز جویان، ۱۳۸۸: ۴۷). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خانه‌های سنتی، توجه به تأثیر گردش خورشید بر جبهه‌های مختلف خانه است؛ به‌طوری‌که معماران هر جبهه آن را به یک‌فصل اختصاص داده‌اند. درواقع، جبهه رو به آفتاب را بخش زمستان‌نشین و جبهه پشت به آفتاب‌بخش تابستان‌نشین ساخته‌اند (هاشمی و حیدری، ۱۳۹۰، ۷). به‌طورکلی زمستان‌نشین‌ها فضاهایی هستند که شرایط آسایش حرارتی را در فصل زمستان برای کاربران فراهم می‌آورند. آسایش حرارتی با ۴ فاکتور قابل‌کنترل دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، سرعت نسبی هوا و فشار بخار مرتبط است که این فاکتورها، فاکتورهای تشکیل‌دهنده محیط حرارتی‌اند (Fanger,1973:5) و در کنار آن‌ها آسایش فرد با ۳ فاکتور دیگر میزان فعالیت، میزان لباس و انتظارات شخصی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که نتیجتاً شاخص PMV با کلیه این فاکتورها محاسبه می‌گردد (Van Hoof, 2010: 8) و از طریق آن شاخص PPD محاسبه‌شده است. از طرفی میزان رضایت‌مندی حرارتی در فضاهای خانه‌های سنتی برای افراد، بیش از ۵۰ درصد است (Leo Samuel et al,2017,474). یکی از بخش‌های این خانه‌ها که به‌صورت فصلی نیاز حرارتی انسان را برطرف می‌کنند، زمستان‌نشین‌ها هستند که از مهم‌ترین ویژگی‌های آن‌ها به‌منظور ایجاد آسایش حرارتی در فصل زمستان، نحوه جهت‌گیری به‌منظور جذب تابش بیشتر، ابعاد پنجره‌ها، عمق اتاق و نوع مصالح بکار رفته در بدنه، بوده است (بهادری نژاد و یعقوبی، ۱۳۸۶: ۵۶). به‌طورکلی، این پژوهش به بررسی آسایش حرارتی زمستان‌نشین خانه سنتی پرداخته است و روش تحقیق مورداستفاده بر پایه روش PMV و PPD در نظر گرفته‌شده است. در این پژوهش خانه سنتی تولایی، در بافت قدیم شیراز، به‌عنوان نمونه موردی انتخاب‌شده است. درنهایت بر اساس مقایسهPMV و PPD فضای درونی با بیرونی، به این نتیجه می‌رسد که حیاط مرکزی تنها در ساعات ظهر مقداری به آسایش حرارتی نزدیک شده؛ اما فضای زمستان‌نشین در تمام ساعات روز در حالت آسایش حرارتی قرارگرفته است و کمتر از ۱۵٪ افراد از شرایط آسایش حرارتی آن ناراضی می‌باشند.

پیشینه تحقیق

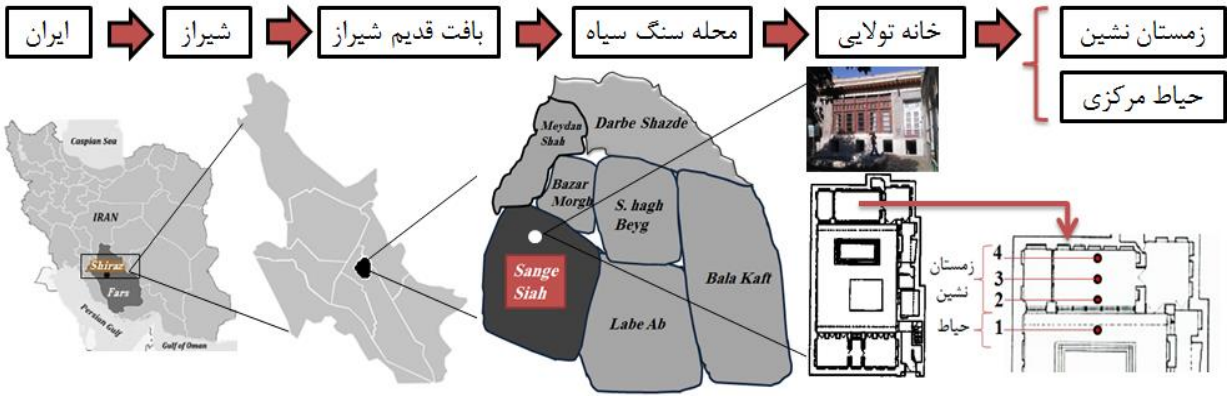
در ارتباط با آسایش حرارتی تحقیقات گسترده‌ای شکل‌گرفته است. به‌طورکلی مطالعات آسایش حرارتی از سال ۱۹۳۰ موردتوجه محققان قرارگرفته شده است (Gagge,1969; Humphreys, 1978; Hindmarsh & Macpherson, 1962; Oseland, 1995; Wong et al, 2016; Kotopouleas, 2016; Taleghani et al, 2013). مطالعات آسایش حرارتی غالباً در ارتباط با انواع ساختمان‌ها با اسکان دائم یا نیمه دائم، مانند، خانه‌ها، ادارات، کلاس‌های درس انجام‌شده است (Pereira et Karyono,2000 Braulio et al, 2016; Hens et al, 2009, al,2014;)؛ از طرفی به‌طورکلی تاکنون در ارتباط با آسایش حرارتی دو نوع تحقیقات انجام‌گرفته است که این تحقیقات شامل، آسایش حرارتی در فضای داخلی (Nicol, 1993; Nicol & Roaf, 1996; Kumar & Hens,2009; Suman, 2013) و آسایش حرارتی در فضای باز (Tianyu Kruger & Drach, 2017; Yang et al,2017 Makaremi,2012; et al, 2012;) می‌باشند و نیز در تحقیقات دیگر، آسایش حرارتی در فضای باز و بسته را با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند (Höppe, 2002 ;Wael et al, 2017; Zhu, 2007 ; Adewale et al, 2014; Yan, 2016). در حال حاضر به‌منظور سنجش و بررسی آسایش حرارتی دو شیوه رایج وجود دارد. روش منطقی یا PMV و روش تطبیقی یا Adaptive که از افرادی که آغازگران شیوهPMV بودند را می‌توان از (Gagge, 1986; Fanger, 1970) و همچنین درروش تطبیقی پژوهشگرانی چون

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]

(Ogbonna & Harris, 2008; Zaki et al, 2017)را می‌توان نام برد. ازآنجاکه روش PMV زیرساخت اولیه روش تطبیقی است، ازاین‌رو امروزه تحقیقاتی بسیاری در سراسر جهان بر پایه این روش انجام‌گرفته است (Homod et al, 2012; Fabbri, 2013 ;Mors et al, 2011؛ از سوی دیگر، در تحقیقات مختلف، طراحی مناسب مسکن و فضاهای مسکونی به دلیل میزان ماندگاری افراد و نیاز به آرامش و آسایش محیطی در آن‌ها، مورد اهمیت بوده و محققان همواره تلاش دارند تا توجه به ایجاد آسایش حرارتی، در زمان فرآیند طراحی ساختمان‌های مسکونی مدنظر قرارگرفته شود (Indraganti, 2010 ; Gonzalo et al,2016)؛ همچنین مطالعات دیگری در ارتباط با آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی انجام‌شده است که نتایج آن‌ها نشان‌دهنده آن است که شرایط آسایش حرارتی فضاهای این خانه‌ها باوجود گذشت سال‌ها همواره مطلوب بوده است (Hosseini et al,2016; Mousli & Semprini, 2015; Ryu et al, 2009; Jomehzadeh et al, 2017 ;Dili et al,2010) به‌طورکلی بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، در کاربری مسکونی، آسایش حرارتی درونی و بیرونی به روشPMV و PPD در پژوهش‌های بسیاری موردسنجش قرارگرفته شده است (Hong et al, 2009; Prakash & Ravikumar, 2015; Haval, 2016)؛ همچنین در ایران، پژوهش‌های بسیاری درزمینه آسایش حرارتی درونی یا آسایش حرارتی بیرونی به روشPMV و PPD در کاربری‌های مختلف مسکونی، بیمارستان، ادارات، بازار، باغ، پیاده راه و فضاهای شهری نیز ارزیابی گردیده است (بقایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ حسینی و همکاران،۱۳۹۳؛ بهزاد فر و منعام، ۱۳۸۹؛ نجفی،۱۳۹۱؛ انصاری‌منش، ۱۳۹۳)؛ اما بحث مقایسه آسایش حرارتی فضای درونی و بیرونی در خانه‌های سنتی به روشPMV و PPD کمتر موردتوجه واقع‌شده است؛ لذا به‌منظور اهمیت و ایجاد شرایط آسایش در فصل سرما، در محیط‌های مسکونی ضرورت دارد که به مقایسه فضای زمستان‌نشین به‌عنوان فضای درونی که بیشترین ساعات روز در آن سپری می‌شود با حیاط مرکزی به‌عنوان فضای بیرونی پرداخته شود.

نمونه موردی

شهر شیراز در بخش مرکزی استان فارس و در جنوب غربی کشور ایران، در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه جنوبی و طول ۵۲ درجه و ۳۷ دقیقه خاوری و ۵۲ درجه و ۲۶ دقیقه باختری واقع‌شده است و در ارتفاع ۱۴۸۶ تا ۱۶۷۰ متری از سطح دریا در نقاط مختلف شهر متغیر است (مزیدی و نارنگی‌فرد، ۱۳۹۵: ۱۳۵). بیشینه و کمینه دما سالیانه شهر شیراز از سال ۱۹۵۱– ۲۰۱۴ به ترتیب ۴۳/۲ و ۱۴/۰– درجه سانتی‌گراد می‌باشند (Irimo)؛ همچنین بیشینه و کمینه رطوبت نسبی این شهر از سال ۱۹۵۱–۲۰۰۰ به ترتیب ۶۹ و ۱۹ درصد می‌باشند (Iran hydrology). شیراز دارای اقلیم نیمه گرم و خشک است، در زمستان آب‌وهوای نسبتاً معتدل توأم با بارندگی و در تابستان دارای هوای گرم و خشک دارد؛ همچنین در دسته‌بندی کوپن این شهر در گروه BSk قرار می‌گیرد (Weather base).



تصویر ۱– نحوه انتخاب نمونه موردی و نقاط برداشت‌شده در خانه تولایی شیراز

بافت قدیم شهر شیراز به مساحت تقریبی ۳۶۰ هکتار در قلب این شهر جای دارد، به‌طوری‌که این محدوده ۲/۸ درصد از مساحت کل شهر را در برگرفته است، در این پژوهش از میان ۱۰ محله تاریخی شیراز، محله سنگ سیاه مدنظر قرار گرفت، سپس از کل خانه‌های سنتی این محله، خانه‌های دوره قاجاری در نظر گرفته شد و درنهایت با توجه به ویژگی‌های تأثیرگذار بر ایجاد آسایش حرارتی که در جدول ۱ شرح داده‌شده است، نمونه موردی این پژوهش انتخاب شد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

جدول ۱- ویژگی‌های تأثیرگذار در انتخاب نمونه موردی

ردیف	ویژگی‌های تأثیرگذار / خانه‌های قاجاری	جبهه‌های ساخته‌شده	جهت‌گیری تالار زمستان‌نشین	نوع گشودگی تالار	تعداد درک تالار	تعداد طبقات خانه	قابلیت دسترسی و برداشت
۱	نو بندگانی	۲ طرف ساخت	–	–	–	–	–
۲	شوریده شیرازی	۴ طرف ساخت	–	–	–	–	–
۳	حاجی عالم	۳ طرف ساخت	شرقی- غربی	–	–	–	–
۴	موحد کازرونی	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	لولا دار	–	–	–
۵	شفیعی اردکانی	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	ارسی	هفت دری	–	–
۶	فاطمی نژاد	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	ارسی	پنج‌دری	دوطبقه	–
۷	غضنفری	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	ارسی	پنج‌دری	یک طبقه	غیرقابل‌دسترس
۸	تولایی	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	ارسی	پنج‌دری	یک طبقه	قابل‌دسترس

(میراث فرهنگی استان فارس)

با توجه به جدول ۱، به‌منظور انتخاب نمونه موردی، تعداد کل ۳۳ خانه سنتی دوره قاجاری محله تاریخی سنگ سیاه که ثبت میراث فرهنگی فارس می‌باشند مدنظر قرار گرفت و این خانه‌ها در بین ۶ ویژگی تأثیرگذار بر شرایط حرارتی مقایسه شده‌اند که به‌غیراز خانه‌های گردآوری‌شده در این جدول، خانه‌های دیگری مانند بیگم، نمازی، بابا بابایی، ضیائیان، صبوری، حبیب شیرازی، نصر، فروغ الملک، سعادت، بصیری، صالحی، نائب میرزا، بیات پور، مؤمنی، شیرمردزاده، مستمندی، انجوی، اوجی، خلیلی، تکمیلی فرد، محمدی نژاد، مکاره‌چی، مؤیدی، حاجی مهیا، نیز مورد تحلیل و بررسی قرارگرفته‌اند؛ لذا ذکر ویژگی تمامی آن‌ها خارج از حوصله این مقاله است؛ به‌طورکلی ابتدا در ویژگی اول، به دلیل تعدد ساخت در ۳ جبهه زمین در این محله، خانه‌های سه‌طرفه ساخت مدنظر بوده است که از تعداد کل خانه‌ها، ۲۱ خانه که دارای این ویژگی هستند، انتخاب شد. در ویژگی دوم، جهت شمالی- جنوبی بودن زمستان‌نشین به دلیل نورگیری مناسب‌تر مدنظر قرار گرفت که در این ویژگی از بین این ۲۱ خانه، ۱۶ خانه انتخاب و مابقی حذف گردید، در ویژگی سوم، ارسی‌دار بودن زمستان‌نشین مدنظر بود که تعداد ۱۲ خانه نیز انتخاب و باقی خانه‌ها حذف شدند، در ویژگی چهارم، به دلیل کثرت تعداد پنج‌دری بودن تالارها نسبت به هفت دری، ارسی‌های پنج‌دری مدنظر بود که برای این ویژگی نیز تعداد ۹ خانه انتخاب شد. در ویژگی پنجم تعداد طبقات خانه به دلیل دو برابر شدن ارتفاع زمستان‌نشین مدنظر قرار گرفت که در این ویژگی تعداد ۴ خانه انتخاب شد و در آخرین ویژگی، قابلیت دسترسی و قابلیت برداشت از خانه مدنظر قرار داده شد که از میان ۴ خانه باقی‌مانده، ۱ خانه انتخاب شد؛ لذا با توجه به ویژگی‌های بیان‌شده، تنها خانه‌ای که تمام ویژگی‌های فوق را شامل شد و در این پژوهش مورد تحلیل قرار گرفت، خانه سنتی تولایی است. خانه تولایی به مساحت ۳۰۵ مترمربع و در جهت شمالی- جنوبی قرارگرفته است. تالار اصلی یا زمستان‌نشین آن در جبهه شمالی بنا با مساحت ۱۸/۳۶ مترمربع به طول ۵/۴۰ متر و عرض ۳/۴۰ متر و ارتفاع ۳/۵۰ متر است؛ همچنین به لحاظ گشودگی، این تالار دارای ارسی ۵ دری با سطح شیشه‌خور ۷/۵ مترمربع است و مصالح بکار رفته در بدنه تالار نیز شامل، اندود کاه‌گل، آجر، خشت همراه با تزیینات گچ و آینه است.

روش تحقیق

روش تحقیق این پژوهش، به‌صورت کمی است به‌طوری‌که ابتدا بر اساس مطالعات میدانی و با اندازه‌گیری ابزاری اطلاعات اولیه گردآوری شد، سپس داده‌ها با استفاده از روش PMV و PPD جهت سنجش میزان آسایش حرارتی و میزان رضایت‌مندی افراد، مورد تحلیل قرارگرفته شده‌اند. شاخص PMV نوعی تقسیم‌بندی احساس حرارتی ۷ درجه‌ای است و نشان‌دهنده یک شرایط محیطی یکسان است که حداقل ۸۰٪ افراد در آن در حالت آسایش قرار دارند و دامنه تغییرات آن از ۳/۵- (سرد) تا ۳/۵+ (گرم) متغیر است، صفر در این مقیاس نشان‌دهنده احساس حرارتی خنثی است، شاخص PPD برای پیش‌بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی بوده است و بر مبنای شاخص PMV محاسبه می‌گردد(Gameiro da Silva, 2013: 4).

به‌طورکلی متغیرهای موردنیاز این تحقیق شامل دما، رطوبت، سرعت باد، دمای تابشی، نوع پوشش و فعالیت می‌باشند که جهت تعیین میزان آسایش حرارتی در فضای زمستان‌نشین خانه تولایی در یک روز سرد سال (۱۳۹۵/۰۹/۱۵)، ابتدا اطلاعات دما و رطوبت در سه‌نقطه تالار اصلی (زمستان‌نشین) و یک نقطه در حیاط مرکزی (تصویر ۱)، با دستگاه Data logger TA120 (تصویر ۲) که در ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر از سطح

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]

زمین قرار داشت، به فاصله ۳۰ دقیقه (از ساعت ۱۰ صبح تا ۱۶:۳۰) اندازه‌گیری شد و به‌منظور عدم قابلیت انـدازه‌گیـری متغیـر سـرعت بـاد و دمای تابشی با دستگاه مذکور، این اطلاعات به‌وسیله نرم‌افزار Energy Plus 8.6 شبیه‌سازی شد؛ همچنین داده‌های نوع پوشش و فعالیت برای فضای زمستان نشین و حیاط خانه تولایی، بر اساس جدول ۲، به ترتیب از ۰/۰۱ تا ۰/۳۵ (clo) و از ۰/۷ تـا ۲/۷ (met) تعیـین شـد. سپس، شاخص PMV و PPD برای کلیه متغیرهای تحقیق محاسبه گردید و نهایتاً به مقایسه شاخص PMV و PPD فضـای بیرونـی و درونی پرداخته شد.

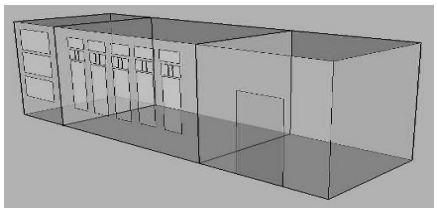
جدول ۲- آهنگ فعالیت‌های مختلف و ارزش نارسانایی پوشاک

فعالیت	آهنگ سوخت و ساز /met	نوع پوشش	ارزش نارسانایی clo/
خوابیده	۰/۷	لباس زیر	۰/۰۱
نشسته	۱/۰	زیر پیراهن	۰/۱۴
ایستادن، راحت	۱/۲	زیر شلوار	۰/۰۴
ایستاده، کار سبک	۱/۶	بلوز آستین بلند	۰/۲۵
در حال نظافت در خانه	۲/۰ -۳/۴	دامن بلند	۰/۲۵
		شلوار بلند	۰/۱
		ژاکت نازک	۰/۲۰
		ژاکت ضخیم	۰/۳۵

(www.uoregon.edu)



تصویر ۲- دستگاه data logger TA 120
(www.supertronsensing.com)



تصویر ۳- شبیه‌سازی و Zone بندی
(اتاق زمستان‌نشین خانه تولایی)

یافته‌های تحقیق

به‌منظور تحلیل و بررسی آسایش حرارتی در فضای زمستان‌نشین خانه تولایی شیراز و دست‌یابی به نتیجه نهایی، مراحل کار بـه ترتیـب در ۳ مرحله بوده است؛ به‌طوری‌که ابتدا در مرحله اول، اطلاعات دما و رطوبت اندازه‌گیری شده با دستگاه Data logger TA120 و در مرحلـه دوم، اطلاعات دمای تشعشعی و سرعت باد به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Energy Plus 8.6، در جدول ۳ گردآوری‌شـده و در مرحلـه آخـر، بـر اساس داده‌های گردآوری‌شده در مراحل قبل، به محاسبه شاخص PMV و شاخص PPD پرداخته‌شده است.

لازم به ذکر است که به‌منظور محاسبه داده‌های دمای تشعشـعی و سـرعت بـاد در نـرم‌افـزار Energy Plus 8.6، ابتـدا توسـط نـرم‌افـزار Sketch Up پلان خانه تولایی ترسیم‌شده و هر یک از اتاق‌ها مطابق طول و عرض مربوط به خود، به‌صورت یک Thermal Zone در نظر گرفته‌شده و همچنین پنجره‌ها بر اساس تعداد و ابعادشان برای هر اتاق تعریف‌شده است، در آخر، پلان ساختمان به نـرم‌افـزار Energy Plus 8.6 منتقل گردیده شد و اطلاعات موردنیاز همچون، اطلاعات آب و هوایی شهر شیراز، ضـریب نهـایی انتقـال حـرارت مصـالح بکـار گرفته‌شده در جداره‌ها و پنجره‌ها، سامانه‌های سرمایش و گرمایشی، میزان روشنایی، تعداد افراد و میزان فعالیت و پوشش آن‌ها، در این نرم‌افزار تعریف‌شده است. تصویر ۳، شبیه‌سازی و Zone بندی زمستان‌نشین خانه تولایی و اتاق‌های مجاور آن را نشان می‌دهد.

داده‌های محیطی: با توجه به جدول ۳ و تصویر ۴، چگونگی تغییرات داده‌هـای محیطـی (دمـا، رطوبـت، سـرعت بـاد و دمـای تشعشـعی) به‌دست‌آمده از دستگاه Data logger TA120 و نرم‌افزار Energy Plus 8.6، در ساعات مختلف در حیاط مرکزی و زمستان‌نشین به شرح زیر است:

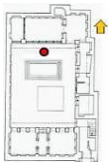
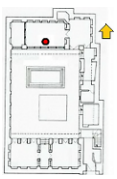
در حیاط مرکزی میزان دما، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۴ از ۱۷/۸ به ۲۳/۸ رسیده و از ساعت ۱۴ تا ۱۶، میزان دما ۲۲/۱ الی ۲۰/۷ است؛ در واقع با تغییر زاویه تابش خورشید در ساعات مختلف روز، میزان سایه‌اندازی و حرارت خورشید، دمای حیاط در هنگام ظهر در بیشترین میزان خود قرار

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

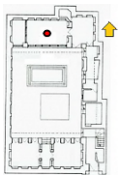
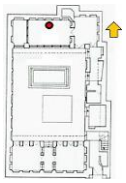
دارد و در ساعات بعدازظهر به‌تدریج کاهش می‌یابد، از طرفی میزان رطوبت در حیاط مرکزی، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۴، ۲۵ الی ۱۷ درصد است و در ساعات ۱۴:۳۰ تا ۱۶، ۱۸ الی ۲۴ درصد بوده است که برخلاف میزان دما، از ساعت ۱۰ هرچه به هنگام ظهر نزدیک شده، با افزایش دما، میزان رطوبت کاهش‌یافته و در هنگام بعدازظهر، با کاهش دما، رطوبت حیاط افزایش پیداکرده است. سرعت باد در حیاط مرکزی در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۶، از ۰/۳۵ الی ۳/۱۵ تغییر داشته است، درواقع هرچه به ساعات بعدازظهر نزدیک‌تر شده، سرعت باد نیز افزایش‌یافته است، دمای تشعشعی در حیاط مرکزی، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵، با افزایش تغییرات دمایی از ۱۸/۴۳ الی ۲۵/۷۷ افزایش‌یافته است و از ساعت ۱۵ تا ۱۶ با کاهش دما به ۲۰/۳۸ رسیده است.

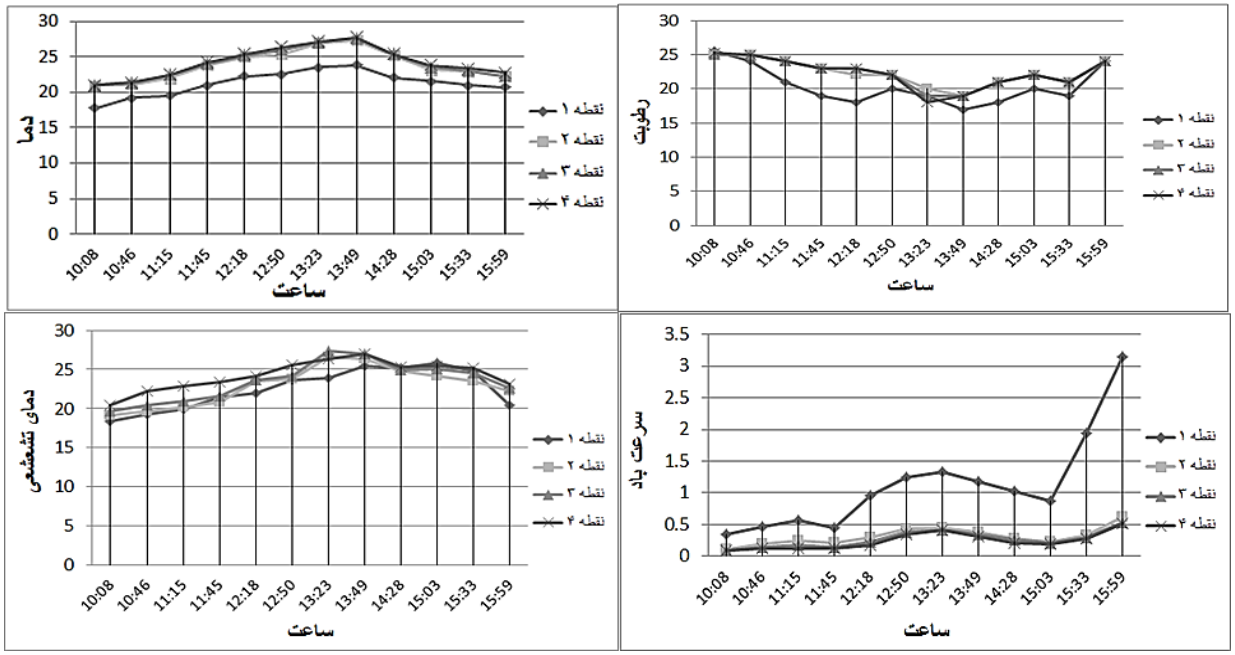
در زمستان‌نشین، تغییرات دمایی در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۴، روبه افزایش است. به‌طوری‌که در نقطه ۲، ۲۱ الی ۲۷/۴، در نقطه ۳، ۲۱ الی ۲۷/۶ و در نقطه ۴، ۲۱ الی ۲۷/۷ درجه تغییر داشته است؛ این در حالی است که تمامی این نقاط در ساعات ۱۴:۳۰ تا ۱۶، حدود ۲۵ الی ۲۲/۵ درجه کاهش داشته است. میزان رطوبت در زمستان‌نشین، در بازه زمانی ۱۰-۱۴، در هر سه‌نقطه، از ۲۵ الی ۱۹ درصد با افزایش دما، کاهش‌یافته است و پس‌ازاین ساعت، رطوبت هر سه‌نقطه به ۲۴ درصد افزایش داشته است؛ به‌طورکلی میزان تغییرات رطوبت در هر سه‌نقطه زمستان‌نشین، تقریباً به یک نسبت افزایش یا کاهش داشته است. سرعت باد، در ساعات ۱۰ تا ۱۳:۲۰، در نقطه ۲، از ۰/۱۱ الی ۰/۴۴، در نقطه ۳، از ۰/۰۹ الی ۰/۴۲ و در نقطه ۴، از ۰/۰۸ الی ۰/۴۱ افزایش‌یافته است؛ همچنین در بازه زمانی ظهر، از ۱۳:۵۰ تا ۱۵ سرعت باد، در نقطه ۲، از ۰/۳۸ الی ۰/۲۳، در نقطه ۳، ۰/۳۴ الی ۰/۲۱ و در نقطه ۴، ۰/۳۱ الی ۱۹ کاهش‌یافته و پس‌ازاین ساعت سرعت باد در هر سه‌نقطه مجدداً افزایش پیداکرده است. نکته قابل‌ذکر این است که میزان سرعت باد در نقطه ۴ که در فاصله بیشتری با پنجره زمستان‌نشین قرار دارد، کمتر بوده است که این نکته به دلیل وجود روزن‌های موجود در پنجره است، میزان دمای تشعشعی در زمستان‌نشین، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۳:۲۰، در نقطه ۲، از ۱۹/۱۲ به ۲۶/۵۸، در نقطه ۳، از ۱۹/۷۱ به ۲۷/۴۱ و در نقطه ۴، از ساعت ۱۰ تا ۱۳:۵۰ از ۲۰/۴۴ به ۲۷/۰۲، افزایش‌یافته است و در ساعات بعدازظهر، نقاط ۲ و ۳، از ۲۶ به ۲۲ و نقطه ۴ از ۲۵ به ۲۳ درجه کاهش داشته‌اند.

جدول ۳- داده‌های محیطی نقاط برداشت‌شده در خانه تولایی

نقطه	محل برداشت	داده‌های محیطی	زمان برداشت												
			10:08	10:46	11:15	11:45	12:18	12:50	13:23	13:49	14:28	15:03	15:33	16:00
نقطه ۱ حیاط مرکزی		دما C^0	17.8	19.2	19.5	21	22.3	22.6	23.5	23.8	22.1	21.6	21	20.7
		رطوبت نسبی%	25	24	21	19	18	20	19	17	18	20	19	24
		سرعت باد m/s	0.35	0.46	0.57	0.45	0.95	1.24	1.33	1.18	1.02	0.87	1.95	3.15
		دمای تشعشعی C^0	18.43	19.28	19.92	21.47	21.97	23.68	23.91	25.47	25.19	25.77	24.79	20.38
نقطه ۲ زمستان نشین		دما C^0	21	21.1	22	23.8	25	25.4	27	27.4	25.2	23.2	23	22.3
		رطوبت نسبی%	25	25	24	23	22	22	20	19	21	22	21	24
		سرعت باد m/s	0.11	0.19	0.24	0.20	0.29	0.43	0.44	0.38	0.27	0.23	0.33	0.61
		دمای تشعشعی C^0	19.12	19.69	20.15	20.83	23.49	23.71	26.58	26.34	24.75	24.16	23.46	22.23

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]

نقطه ۳ زمستان نشین 	دما C^0	21	21.3	22.5	24	25.2	26	27.1	27.6	25.4	23.5	23.1	22.3
	رطوبت نسبی%	25	25	24	23	23	22	19	19	21	22	21	24
	سرعت باد m/s	0.09	0.14	0.18	0.14	0.22	0.38	0.42	0.34	0.25	0.21	0.30	0.53
	دمای تشعشعی C^0	19.71	20.42	20.98	21.57	23.69	24.19	27.41	26.94	24.89	25.12	24.54	22.63
نقطه ۴ زمستان نشین 	دما C^0	21	21.4	22.5	24.2	25.4	26.4	27.2	27.7	25.4	23.8	23.3	22.8
	رطوبت نسبی%	25	25	24	23	23	22	18	19	21	22	21	24
	سرعت باد m/s	0.08	0.12	0.13	0.12	0.17	0.34	0.41	0.31	0.21	0.19	0.27	0.52
	دمای تشعشعی C^0	20.44	22.24	22.90	23.39	24.21	25.61	26.29	27.02	25.31	25.41	25.16	23.13



تصویر ۴- نمودار داده‌های محیطی برداشت‌شده در خانه تولایی

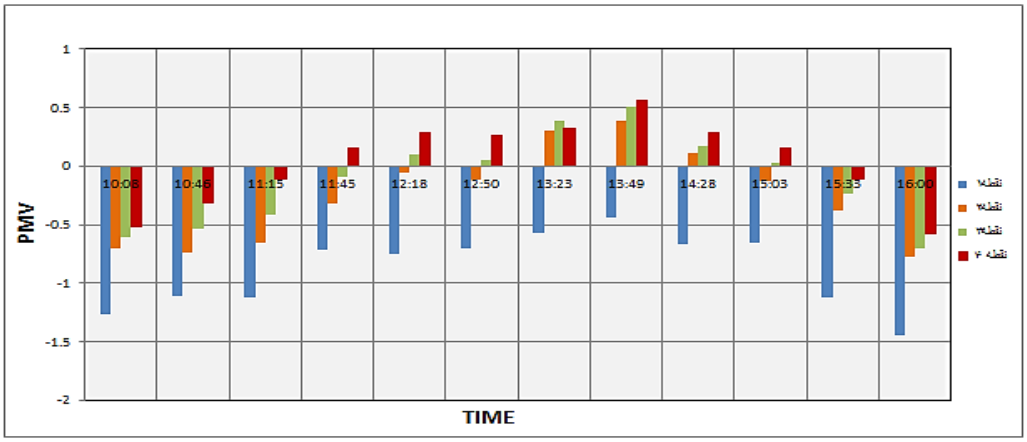
محاسبه شاخص PMV زمستان‌نشین و حیاط مرکزی: به‌منظور محاسبه این معیار، داده‌های دما، رطوبت، سرعت باد، دمای تشعشعی، میزان فعالیت و پوشش افراد در فرمول PMV قرار گرفت، سپس میزان شاخص PMV برای هر یک از نقاط انتخابی محاسبه گردید. در جدول ۴ مقدار PMV هر یک از نقاط برداشت‌شده خانه تولایی در ساعات مختلف نشان داده‌شده است. به‌طورکلی اعدادی که کمی بالاتر از ۱+ یا کمی پایین‌تر از ۱- باشند، موجب بروز نارضایتی می‌شوند و اعداد بین ۱+ و ۱- در محدودهٔ آسایش قرار می‌گیرند (قیابکلو،۱۳۸۰:۷۳).

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

جدول ۴- میزان PMV محاسبه‌شده نقاط در ساعات مختلف

نقاط	10:08	10:46	11:15	11:45	12:18	12:50	13:23	13:49	14:28	15:03	15:33	16:00
نقطه ۱ حیاط مرکزی	-1.27	-1.11	-1.12	-0.71	-0.75	-0.70	-0.57	-0.44	-0.67	-0.66	-1.12	-1.45
نقطه ۲ زمستان‌نشین	-0.70	-0.74	-0.66	-0.32	-0.06	-0.12	+0.31	+0.39	+0.11	-0.13	-0.38	-0.77
نقطه ۳ زمستان نشین	-0.61	-0.53	-0.42	-0.09	+0.10	+0.05	+0.39	+0.51	+0.17	+0.03	-0.24	-0.70
نقطه ۴ زمستان نشین	-0.52	-0.31	-0.11	+0.15	+0.29	+0.26	+0.32	+0.56	+0.29	+0.16	-0.11	-0.58

بر اساس جدول ۴ و تصویر ۵ مشاهده می‌شود که شاخص PMV حیاط مرکزی، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۳، به ترتیب بین ۱/۲۷- الی ۰/۷۰- متغیر بوده است و با افزایش دما و حرارت خورشید، میزان این شاخص رفته‌رفته کم شده است، در بازه زمانی ۱۴:۳۰ تا ۱۶:۰۰ نیز به ترتیب از ۰/۶۷- الی ۱/۴۵- است که با کاهش دما نیز این شاخص از حالت آسایش فاصله پیدا می‌کند؛ اما در بازه زمانی ۱۳:۲۰-۱۴، شاخص PMV به ۰/۵۷- تا ۰/۴۴- رسیده است که در حالت آسایش حرارتی است. به‌طورکلی، در حیاط مرکزی تنها در ساعاتی از روز که آفتاب به‌طور عمود می‌تابد، این شاخص به سطح آسایش حرارتی نزدیک شده است؛ اما در دیگر ساعات با میزان استاندارد آسایش حرارتی اختلاف دارد. از طرفی در تمامی نقاط زمستان‌نشین، در ساعات ۱۱:۱۵ تا ۱۵:۳۳ میزان شاخص PMV به‌جز ۲ مورد، از مینیمم ۰/۰۳+ تا ماکزیمم ۰/۵۱+ متغیر است، به عبارتی به‌جز ساعات ۱۰:۰۸، ۱۰:۴۵ و ۱۶:۰۰ که در نقاط ۲ و ۳ زمستان‌نشین شاخص PMV از ۰/۶۱- تا ۰/۷۷- رسیده است، در بیشتر ساعات در زمستان‌نشین، این شاخص بین ۰/۵+ و ۰/۵- است. با توجه به آنچه گفته شد، شاخص PMV نقطه حیاط مرکزی، در ساعات صبح و بعدازظهر به نسبت نقاط زمستان نشین در حدود ۱ تا ۱/۱ درصد تفاوت داشته است.



تصویر ۵- نمودار PMV محاسبه‌شده نقاط در ساعات مختلف

محاسبه شاخص PPD زمستان‌نشین و حیاط مرکزی: همان‌طور که بیان شد، شاخص PPD برای پیش‌بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی است که بر مبنی شاخص PMV شکل می‌گیرد. در شاخص PPD درصد افرادی که بر اساس میزان PMV، نظر ۲-، ۳- و یا کمتر و نظر ۲+، ۳+ و یا بیشتر داده‌اند، به‌صورت درصد بیان می‌شود. به‌طورکلی، درزمانی که میزان PMV در حالت خنثی (صفر) قرار گیرد، شاخص PPD حالت ۵٪ را نشان می‌دهد (ذوالفقاری، ۱۳۸۶: ۱۳۲)، در جدول ۵ شاخص PPD نقاط که بر اساس شاخص‌های PMV محاسبه‌شده در جدول ۴ به‌دست‌آمده، قرار داده‌شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]

جدول ۵- میزان PPD نقاط برداشتی در ساعات مختلف

نقاط	10:08	10:46	11:15	11:45	12:18	12:50	13:23	13:49	14:28	15:03	15:33	16:00
نقطه ۱ حیاط مرکزی	39%	31%	32%	16%	17%	15%	12%	9%	14%	16%	32%	48%
نقطه ۲ زمستان‌نشین	15%	16%	14%	7%	5%	5%	7%	8%	5%	5%	8%	18%
نقطه ۳ زمستان‌نشین	13%	11%	9%	5%	5%	5%	8%	10%	6%	5%	6%	15%
نقطه ۴ زمستان‌نشین	11%	7%	5%	5%	7%	6%	7%	12%	7%	6%	5%	12%

با توجه به جدول ۵، مشاهده می‌شود که در نقطه حیاط مرکزی میزان شاخص PPD، در بازه زمانی ۱۰:۰۰ تا ۱۲:۳۰، از ۳۹٪ تا ۱۷٪ متغیر است و پس از ساعت ۱۵:۰۰ نیز به ۳۲٪ و ۴۸٪رسیده است. این در حالی است که در این نقطه، در بازه زمانی ۱۳:۰۰ تا ۱۴:۳۰ شاخص PPD مطلوب‌تر بوده و از ۹٪ تا ۱۵٪ متغیر است. به‌طورکلی شاخص PPD در حیاط مرکزی، در اکثریت ساعات روز از ۱۵٪ بالاتر است، این بدین معناست که بیش از ۱۵٪ افراد در حیاط مرکزی این خانه، از شرایط حرارتی احساس نارضایتی دارند؛ اما در زمستان‌نشین این خانه، میزان شاخصPPD، در بازه زمانی ۱۰:۰۰ تا ۱۶:۰۰، در نقطه ۲، از ۵٪ تا ۱۸٪ و در نقطه ۳، از ۵٪ تا ۱۵٪ و در نقطه ۴، از ۵٪ تا ۱۲٪ متغیر است؛ لذا در بیشتر ساعات روز در زمستان‌نشین، مقدار PPD تقریباً کمتر از ۱۵٪ است که نشان‌دهنده آن است که کمتر از ۱۵٪ افراد از شرایط حرارتی آن ناراضی می‌باشند.

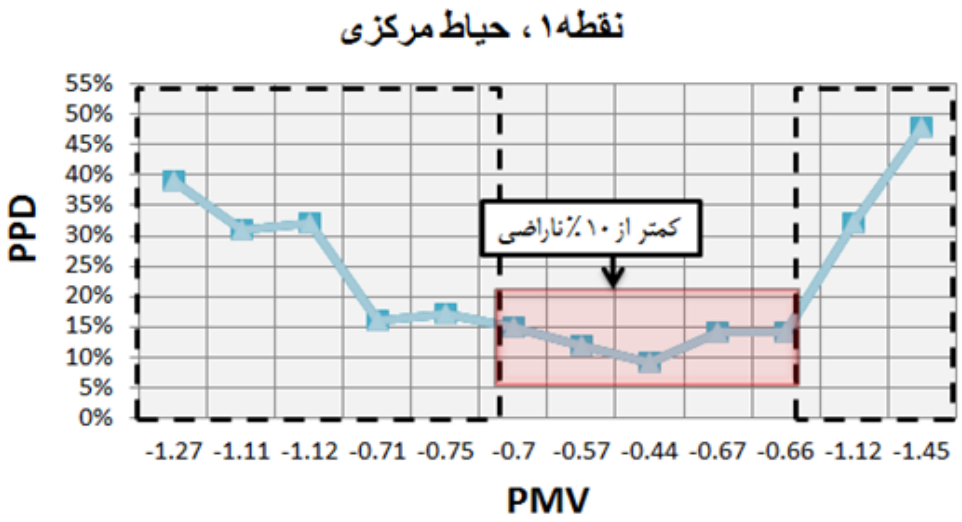
مقایسه PMV و PPD فضای درونی و بیرونی: ازآنجاکه در شاخصPMV اعدادی که در بین عدد ۱+ و ۱- باشند در محدودهٔ آسایش و همچنین در شاخص PPD هرچه این شاخص از ۱۵٪ بیشتر شود نشان از نارضایتی بیشتر افراد بوده است؛ لذا با توجه به جدول ۶ و تصویر ۶، در فضای بیرونی خانه تولایی تنها در هنگام ظهر شاخصPMV و PPD در شرایط آسایش مناسب‌تری است؛ اما در فضای درونی این خانه، هر دو شاخصPMV و PPD در تمامی ساعات روز در شرایط آسایشی مطلوب‌تری قرارگرفته است.

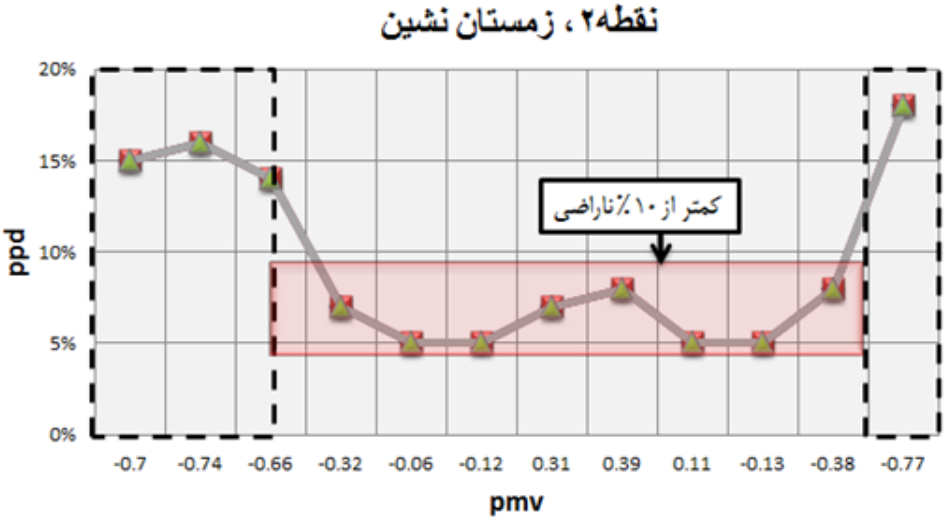
جدول ۶- مقایسه میزان PMV و PPD فضای درون و بیرون

نقاط		شاخص	10:08	10:46	11:15	11:45	12:18	12:50	13:23	13:49	14:28	15:03	15:33	16:00
فضای بیرونی	نقطه ۱ حیاط مرکزی	PMV	-1.27	-1.11	-1.12	-0.71	-0.75	-0.70	-0.57	-0.44	-0.67	-0.66	-1.12	-1.45
		PPD	39%	31%	32%	16%	17%	15%	12%	9%	14%	16%	32%	48%
		C	PMV بین ۱+ و ۱-، PPD زیر ۱۶٪											
فضای درونی	نقطه ۲ زمستان نشین	PMV	-0.70	-0.74	-0.66	-0.32	-0.06	-0.12	+0.31	+0.39	+0.11	-0.13	-0.38	-0.77
		PPD	15%	16%	14%	7%	5%	5%	7%	8%	5%	5%	8%	18%
		C	PMV بین ۱+ و ۱-، PPD زیر ۱۶٪											

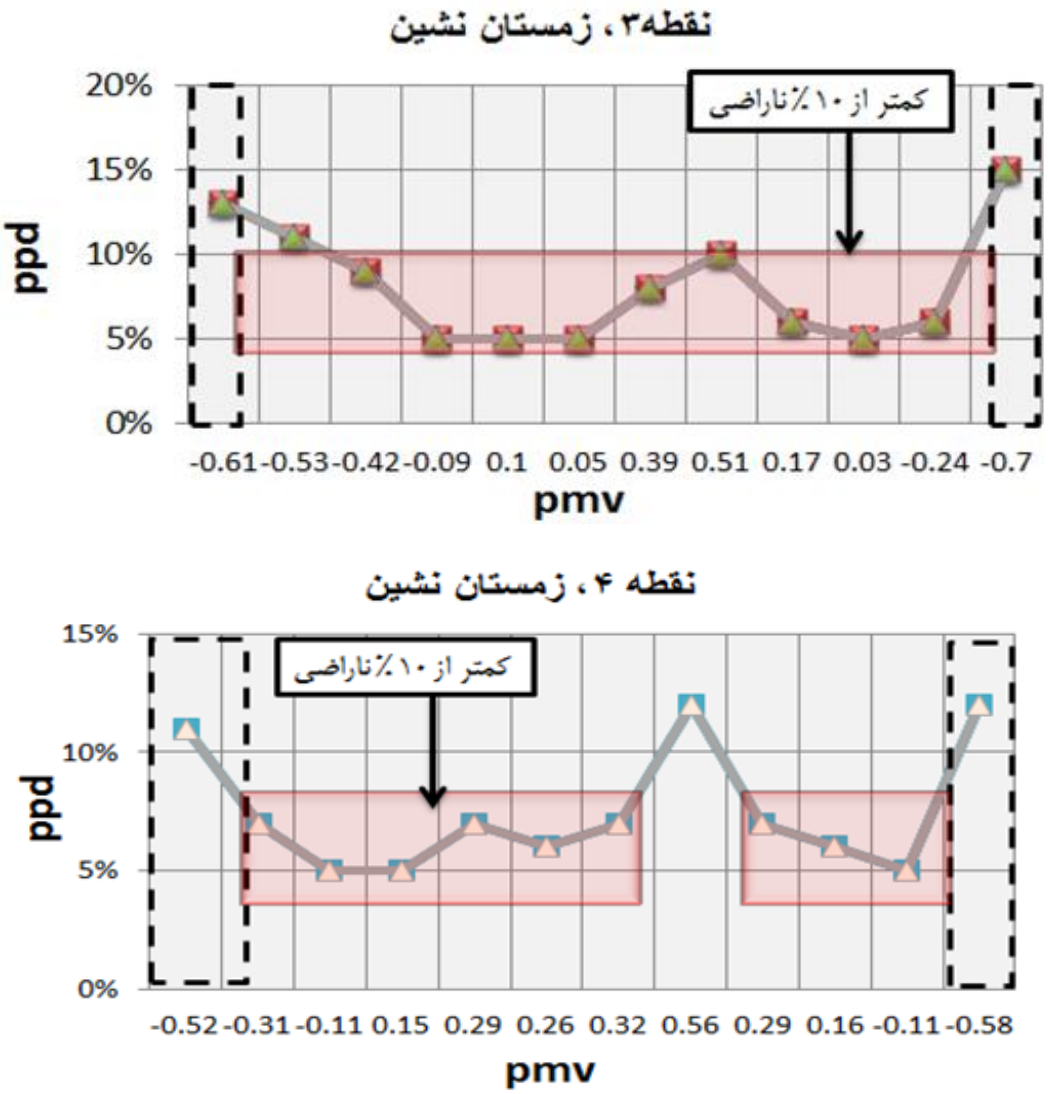
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

نقطه ۳ زمستان نشین	PMV	-0.61	-0.53	-0.42	-0.09	+0.10	+0.05	+0.39	+0.51	+0.17	+0.03	-0.24	-0.70
	PPD	13%	11%	9%	5%	5%	5%	8%	10%	6%	5%	6%	15%
	C	PMV بین ۱+ و ۱-، PPD زیر ۱۵٪											
نقطه ۴زمستان نشین	PMV	-0.52	-0.31	-0.11	+0.15	+0.29	+0.26	+0.32	+0.56	+0.29	+0.16	-0.11	-0.58
	PPD	11%	7%	5%	5%	7%	6%	7%	12%	7%	6%	5%	12%
	C	PMV بین ۱+ و ۱-، PPD زیر ۱۲٪											





[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]



تصویر ۶- نمودار PPD محاسبه‌شده نقاط در ساعات مختلف

نتیجه‌گیری

بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده در این پژوهش بر مبنی، مقایسه آسایش حرارتی دو فضای حیاط مرکزی و زمستان‌نشین، نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق، در ۳ گام کلی گردآوری‌شده‌اند. در گام اول، نتایج حاصل از داده‌های محیطی نشان می‌دهد که میزان دمای حیاط مرکزی در طول روز نسبت به زمستان‌نشین، در حدود ۲ درجه کمتر است و میزان رطوبت زمستان‌نشین نسبت به حیاط در حدود ۱-۲٪ بیشتر است؛ همچنین میزان سرعت باد در حیاط مرکزی نسبت به زمستان نشین، حدود ۱/۵ تا ۲ کیلومتر بر ساعت بیشتر بوده است. دمای تشعشعی در حیاط مرکزی در ساعات مختلف حدود ۱/۵- ۲ درجه، نسبت به زمستان‌نشین کمتر است. در گام دوم، نتایج حاصل از محاسبات PMV نشان می‌دهد که در حیاط مرکزی، تنها در بازه زمانی ۱۳:۲۰-۱۴، شاخص PMV به ۰/۵۷- تا ۰/۴۴- رسیده است و در بقیه ساعات از این مقدار بیشتر بوده است؛ اما در زمستان‌نشین، این شاخص در اکثریت نقاط، به‌جز ۲ مورد، از ۰/۰۳+ تا ۰/۵۱+ متغیر است، این بدین معناست که فضای زمستان‌نشین خانه تولایی در این روز سرد، نسبت به حیاط مرکزی، در حالت آسایش حرارتی بیشتری قرارگرفته است، درنهایت در گام سوم، نتایج حاصل از محاسبات PPD نشان می‌دهد که میزان این شاخص در حیاط مرکزی، بین ۱۷٪ تا ۴۸٪ متغیر است؛ لذا بیش از ۱۵٪ افراد از شرایط آسایش حرارتی آن ناراضی می‌باشند؛ اما در زمستان‌نشین در کلیه ساعات برداشت، شاخص PPD از ۵٪ تا ۱۸٪ متغیر است که کمتر بودن اکثریت نقاط این فضا از ۱۵٪، حاکی از آن است که کمتر از ۱۵٪ افراد از شرایط آسایش حرارتی زمستان‌نشین ناراضی بوده‌اند، این

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

میزان رضایت از آسایش حرارتی در فضای زمستان‌نشین، نشان‌دهنده به‌کارگیری اصول طراحی معماری همچون مصالح با ظرفیت حرارتی بالا (خشت، آجر، کاه‌گل و...) در جداره‌ها، سقف و کف بنا، ابعاد مناسب فضا، میزان گشودگی و استفاده از شیشه‌های مشبک و رنگی و نیز جهت قرارگیری فضا در جبهه شمالی حیاط مرکزی بوده است که موجب شده در تمامی ساعات روز نسبت به حیاط مرکزی، به لحاظ حرارتی در محدوده آسایش بهتری قرار گیرد. بر این اساس، بامطالعه و شناخت بیشتر از این اصول طراحی و به‌کارگیری آن‌ها در معماری مدرن امروز، می‌توان در جهت ایجاد آسایش حرارتی و به‌ویژه کاهش مصرف انرژی گام برداشت. در آخر با توجه به این نکته که شهر شیراز در اقلیم گرم و خشک قرارگرفته است، پیشنهاد می‌شود که آسایش حرارتی در فضای تابستان نشین این خانه، در فصل تابستان موردتحقیق و بررسی قرار گیرد.

منابع

– انصاری‌منش، م.، و نصر الهی، ن. (۱۳۹۳). تعیین محدوده آسایش حرارتی ساکنان به‌منظور بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان‌های اداری کرمانشاه. نشریه نقش‌جهان، ۲، ۲۱– ۱۱.

– بهادری نژاد، م.، و یعقوبی، م. (۱۳۸۶). تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان‌های سنتی ایران. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

– بهزاد فر، م.، و منعام، ع. (۱۳۸۹). تاثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری. بررسی بوستان های منتخب شهر تهران، معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۵، ۳۴–۲۳.

– بقایی، پ.، انصاری، م.، بمانیان، م. و فیاض، ر. (۱۳۹۴). محدوده آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی سنتی شهر یزد. نشریه هویت شهر. ۲۳، ۷۲ –۵۹.

– حسینی، ا.، شعبانی، ح.، عباسیان، غ. و بلانیان، ن. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر عوامل میکرو اقلیم بر آسایش محیطی فضاهای پیاده شهری (نمونه موردی: بررسی آسایش حرارتی در خیابان شهرداری تهران، حدفاصل میدان تجریش تا میدان قدس). نشریه مطالعات مدیریت شهری. ۱۹، ۱۵–۱.

– ذوالفقاری، ح. (۱۳۸۶). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردشگر در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی‌شده (PMV). نشریه پژوهش‌های جغرافیایی. ۶۲، ۱۴۱– ۱۲۹.

– راز جویان، م. (۱۳۸۸). آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ دوم.

– کسمایی، م. (۱۳۷۲)، پهنه‌بندی اقلیمی ایران. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول.

– مزیدی، ا.، نارنگی فرد، م. (۱۳۹۵). تأثیر توسعه شهری و تغییرات کاربری بر عناصر آب و هوایی شهر شیراز و فسا. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۶، ۴۰، ۱۵۴–۱۳۱.

– نجفی، ن.، و نجفی، م.ع. (۱۳۹۱). بررسی آسایش حرارتی با استفاده از روش‌های PMV و PET (مطالعه موردی: بازار وکیل شیراز). فصلنامه مطالعات محیطی هفت حصار. ۱، ۷۰–۶۱.

– هاشمی، ف.، و حیدری، ش. (۱۳۹۰). بررسی کارکرد اقلیمی حیاط زمستان‌نشین در مناطق سردسیر (نمونه موردی: شهر اردبیل). نشریه نامه معماری و شهرسازی. ۶، ۱۵۴– ۱۳۹.

– Adewale, O. A. (2014). Evaluation of urban residential thermal comfort in relation to indoor and outdoor air temperatures in Ibadan, Nigeria, Building and Environment, 75, 190-205.

– ASHRAE Standard 55. (1992). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

– Dili, A. S., Naseer, M. A., & Varghese, T. (2010). Thermal comfort study of Kerala traditional residential buildings based on questionnaire survey among occupants of traditional and modern buildings, Energy and Buildings, 42, 11, 21392150.

– Fabbri, K. (2013). Thermal comfort evaluation in kindergarten PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire, Building and Environment, 68, 202-214.

– Fanger, P.O. (1970). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen.

– Fanger, P.O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. British Journal of Industrial Medicine, 30, 4.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]

– Gameiro da Silva, M.C. (2013). Spreadsheets for the Calculation of Thermal Comfort Indices PMV and PPD, University of Coimbra.
– Gagge, AP., Stolwijk, J., & Nishi, Y. (1969). The prediction of thermal comfort when thermal equilibrium is maintained by sweating. ASHRAE Transaction; 75:108–25.
– Gonzalo,M.B., Bovea, M.D. Ruá. M.J., Juan.P. (2016).A methodology for predicting the energy performance and indoor thermal comfort of residential stocks on the neighbourhood and city scales. A case study in Spain, Journal of Cleaner Production, 139, 646-665
– Haval, A.k. (2016). Thermal Comfort through the Microclimates of the Courtyard. A Critical Review of the Middle-eastern Courtyard House as a Climatic Response, Procedia, Social and Behavioral Sciences, 216, 662-674.
– Hindmarsh M.E., & Macpherson. R.K. (1962). Thermal Comfort in Australia, Australian Journal of Science, 24, 335-339.
– Homod, R.Z., Sahari, K., Salleh. M., Almurib, H., & Nagi, F.H. (2012). RLF and TS fuzzy model identification of indoor thermal comfort based on PMV/PPD, Building and Environment, 49, 141-153.
– Höppe, Peter. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort,Energy and Buildings, 34, 6, 661-665.
– Humphreys MA. (1978). Outdoor temperatures and comfort indoors. Building Research and Practice (Journal of CIB), 6, 2, 92–105.
– Hosseini, S.H., Shokry. E, Ahmadian Hosseini. A.J, Ahmadi. G, Calautit. J.K. (2016). Evaluation of airflow and thermal comfort in buildings ventilated with wind catchers: Simulation of conditions in Yazd City, Iran, Energy for Sustainable Development, 35, 7-24.
– Indraganti, M. (2010). Using the adaptive model of thermal comfort for obtaining indoor neutral temperature: Findings from a field study in Hyderabad, India, Building and Environment 45, 3, 519-536
– ISO 7730. (1984). Moderate thermal environments Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO, Geneva.
– ISO 7730. (2005). Ergonomics of the thermal environment analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
– Jomehzadeh, F., Nejat, P., Calautit,J.K., Mohd, B., Mohd,Y., Afiq Witri, M.N., & Muhammad, Y. (2017). A review on wind catcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, Part 1: Indoor air quality and thermal comfort assessment, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 736-756.
– Karyono, T.H. (2000). Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta—Indonesia, Building and Environment, 35, 1, 77-90.
– Kotopouleas, A., & Nikolopoulou, M. (2016). Thermal comfort conditions in airport terminals: Indoor or transition spaces, Building and Environment, 99, 184-199.
– Kruger, E.L., & Drach, P. (2017). Identifying potential effects from anthropometric variables on outdoor thermal comfort, Building and Environment, 117, 230-237.
– Kumar, A., Suman, B.M. (2013). Experimental evaluation of insulation materials for walls and roofs and their impact on indoor thermal comfort under composite climate, Building and Environment, 59, 635-643.
– Leo Samuel, D.G., Dharmasastha, K., Shiva Nagendra, S.M., & Prakash Maiya. M. (2017). Thermal comfort in traditional buildings composed of local and modern construction materials, International Journal of Sustainable Built Environment, 6, 2, 463–475.
– Makaremi,N., Salleh,E., Zaky, J. M., & Ghaffarian Hoseini, A.H. (2012). Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia, Building and Environment, 48, 7-14.
– Mors,S.T., Hensen Jan, L.M., Loomans Marcel, G.L.C., & Boerstra, A.C. (2011).Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV based comfort charts, Building and Environment, 46, 12, 2454-2461.
– Mousli, K., & Giovanni, S. (2015). Thermal Performances of Traditional Houses in Dry Hot Arid Climate and the Effect of Natural Ventilation on Thermal Comfort: A Case Study in Damascus, Energy Procardia, 78, 2893-2898.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1397.6.24.7.4]

– Nicol, J.F. (1993). Thermal comfort. A handbook for field studies toward an adaptive model. London: University of East London.
– Nicol. F., & Roaf, S. (1996). Pioneering new indoor temperature standards: the Pakistan project, Energy and Buildings, 23, 3, 169-174
– Ogbonna, A.C., & Harris, D.J. (2008). Thermal comfort in sub-Saharan Africa: Field study report in Jos-Nigeria, Applied Energy, 85, 1, 1-11.
– Orosa J.A., Oliveira. & Armando, C. (2011). A new thermal comfort approach comparing adaptive and PMV models, Renewable Energy, 36, 3, 951-956.
– Oseland, N. A. (1995). Predicted and reported thermal sensation in climate chambers, offices and homes. Energy and Buildings, 22.
– Pereira, L.D., Raimondo, D., Corgnati, S.P., & Gameiro da Silva, M. (2014). Assessment of indoor air quality and thermal comfort in Portuguese secondary classrooms: Methodology and results, Building and Environment, 81, 69-80.
– Prakash. D., & Ravikumar. P. (2015). Analysis of thermal comfort and indoor air flow characteristics for a residential building room under generalized window opening position at the adjacent walls, International Journal of Sustainable Built Environment, 4, 1, 42-57.
– Ryu,Y., Kim.S., Lee,D. (2009). The influence of wind flows on thermal comfort in the Daechung of a traditional Korean house, Building and Environment, 44, 1, 18-26.
– Taleghani M., Tenpierik M., Kurvers S., & Dobbelsteen, A. (2013). A review into thermal comfort in buildings, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, 201-215.
– Tianyu, X., Qiong, L., Akashi, M., & Qinglin, M. (2012). Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas, Building and Environment, 52, 162-170.
– Van Hoof, J., Mazej. M., & Hensen, J. (2010). "Thermal comfort: research and practice," Frontiers in bioscience: a journal and virtual library, 15, 765- 788.
– Wael A.Y.M., Lang, W., & Waleed, A.Y. (2017). Simulations and quantitative data analytic interpretations of indoor-outdoor temperatures in a high thermal mass structure, Journal of Building Engineering, 12, 68-76.
– Wong, N.H., Tan, E., Gabriela,O., & Jusuf, S.K. (2016). Indoor Thermal Comfort Assessment of Industrial Buildings in Singapore, Procardia Engineering, 169, 158-165.
– Yang, D., Xiong. J., & Liu,W. (2017). Adjustments of the adaptive thermal comfort model based on the running mean outdoor temperature for Chinese people: A case study in Changsha China, Building and Environment, 114, 357-365.
– Zhu,Y., Liu, J., Hagishima, A., Tanimoto, J., & Ma, Z. (2007). Evaluation of coupled outdoor and indoor thermal comfort environment and anthropogenic heat, Building and Environment, 42, 2, 1018-1025.
– Zaki, Sh. A., Damiati, Siti, A., Rijal, H.B., Hagishima, A., & Razak, A.A. (2017). Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan, Building and Environment, 122, 294-306.
– www.Irimo.ir
– www.Iranhydrology.net
– www. Weatherbase.com
– www.supertronsensing.com

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1397.6.24.7.4]