

## مقایسه میزان آسایش حرارتی درونی و بیرونی زمستان نشین و حیاط مرکزی در خانه سنتی به روش PMV و PPD (مطالعه موردي: خانه تولایی شیراز)

نجمه زنگنه\*، زهرا بزرگر\*\*

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 به عنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های انسان در نیم قرن گذشته محسوب گردیده است. در این پژوهش میزان آسایش حرارتی فضای زمستان نشین 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 و PPD محاسبه شد. نهایتاً با مقایسه آسایش حرارتی فضای زمستان نشین و حیاط مرکزی نتایج نشان داد که آسایش حرارتی زمستان نشین خانه تولایی در فصل سرما نسبت به حیاط مرکزی آن، از درجه راحت‌تر برخوردار بوده است و بیش از ۸۵ درصد کاربران از زمستان نشین این خانه احساس رضایت دارند. این نحوه عملکرد حرارتی در خانه‌های سنتی که هنوز پس از گذشت سال‌های طولانی مشاهده می‌شود، بسیار ارزشمند و جالب توجه است؛ از این‌رو این پژوهش می‌تواند در ساخت و ساز امروزی، زمینه‌ساز طراحی اقلیمی مناسب در جهت افزایش میزان رضایتمندی استفاده کنندگان از فضا باشد.

### واژگان کلیدی

آسایش حرارتی، زمستان نشین، 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

Zahrabarzegar86@yahoo.com

\*\* مدرس، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

## 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 از لحاظ 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 پیش‌بینی شده (PMV) و درصد افراد ناراضی (PPD) هستند (ISO7730, 2005). پروفسور فنگر با مرتبه دانستن احساس گرما با توان فرد و بر اساس نتایج تجربی به دست آمده از آزمایش، معیاری را به عنوان درجه احساس تعیین کرد، این معیار به عنوان ضریب PMV شاخص آسایش نامیده شده است که نشان‌دهنده متوسط احساس یکسان چندین نفر از یک شرایط محیطی است (کسمایی، ۵۰:۱۳۷۲) و نیز شاخص PPD نیز برای پیش‌بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی تعیین شده بر مبنای شاخص PMV 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 بخشد (راز جویان، ۱۳۸۸: ۴۷). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خانه‌های سنتی، توجه به تأثیر گردش خورشید بر جهه‌های مختلف خانه است؛ به‌طوری که معماران هر جهه 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). به‌طور کلی 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). 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 محاسبه شده 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 به صورت 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). به‌طور کلی، این پژوهش به بررسی آسایش حرارتی زمستان‌نشین خانه سنتی پرداخته است و روش تحقیق مورداستفاده بر پایه روش PPD و PMV در نظر گرفته شده است. در این پژوهش خانه سنتی تولایی، در بافت قدیم شیراز، به عنوان نمونه موردنی انتخاب شده است. درنهایت بر اساس مقایسه PMV 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 ساعت‌های روز در حالت آسایش حرارتی قرار گرفته است و کمتر از ۱۵٪ افراد از شرایط آسایش حرارتی آن ناراضی می‌باشند.

## پیشینه تحقیق

در ارتباط با آسایش حرارتی تحقیقات گستره‌ای شکل‌گرفته است. به‌طور کلی مطالعات آسایش حرارتی از سال ۱۹۳۰ مورد توجه محققان قرار گرفته شده است. به‌طور کلی مطالعات آسایش حرارتی از سال ۱۹۳۰ مورد توجه محققان (Gagge, 1969; Humphreys, 1978; Hindmarsh & Macpherson, 1962; Oseland, 1978; Kotopouleas, 2016; Taleghani et al, 2013). این نوع ساختمان‌ها با اسکان دائم یا نیمه دائم، مانند، خانه‌ها، ادارات، کلاس‌های درس انجام شده است (Pereira et al, 2000; Braulio et al, 2016; Hens et al, 2009; al, 2014; Nicol, 1993; Nicol & Roaf, 1996; Kumar & Tianyu Kruger & Drach, 2017; Yang et al, 2017) و آسایش حرارتی در فضای باز (Hens, 2009; Suman, 2013) از طرفی به‌طور کلی تاکتون در ارتباط با آسایش حرارتی دو نوع تحقیقات انجام گرفته است که این تحقیقات شامل، آسایش حرارتی در فضای داخلی () Makaremi, 2012; et al, 2012; Nicol, 1993; Nicol & Roaf, 1996; Kumar & Tianyu Kruger & Drach, 2017; Yang et al, 2017 (Hens, 2009; Suman, 2013) 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 شیوه PMV بودند را می‌توان از (Gagge, 1986; Fanger, 1970) و همچنین در روش تطبیقی پژوهشگرانی چون

(Ogbonna & Harris, 2008; Zaki et al, 2017) امی توان نام برد. از آنجاکه روش PMV زیرساخت اولیه روش تطبیقی است، از این رو امروزه تحقیقاتی بسیاری در سراسر جهان بر پایه این روش انجام گرفته است (Homod et al, 2012; Fabbri, 2013; Mors et al, 2011; Indraganti, 2010 ; Gonzalo et al, 2016)؛ همچنین مطالعات دیگری در ارتباط با 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 قرار گرفته شود (Ryu et al, 2015; Hosseini et al, 2016; Mousli & Semprini, 2015; Hong et al, 2009; Jomehzadeh et al, 2017; Dili et al, 2010) به طور کلی بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، در کاربری مسکونی، آسایش حرارتی درونی و بیرونی به روش PMV و PPD در پژوهش‌های بسیاری مورد استجش قرار گرفته شده است (Prakash & Ravikumar, 2015; Haval, 2016)؛ همچنین در ایران، پژوهش‌های بسیاری در زمینه آسایش حرارتی درونی یا آسایش حرارتی بیرونی به روش PMV و PPD در کاربری‌های مختلف مسکونی، بیمارستان، ادارات، بازار، باعث، پیاده راه و فضاهای شهری نیز ارزیابی گردیده است (باقایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۳؛ بهزاد فر و معنام، ۱۳۸۹؛ نجفی، ۱۳۹۱؛ انصاری‌منش، ۱۳۹۳؛ اما بحث مقایسه آسایش حرارتی فضای درونی و بیرونی در خانه‌های سنتی به روش PMV و PPD کمتر مورد توجه واقع شده 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 ساعت 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 ۳۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه جنوبی و طول ۵۲ درجه و ۳۷ دقیقه خاوری و ۵۲ درجه و ۲۶ دقیقه باختری واقع شده است و در ارتفاع ۱۴۸۶ تا ۱۶۷۰ متری از سطح دریا در نقاط مختلف شهر متغیر است (زمبیدی و نارنگی‌فرد، ۱۳۹۵). بیشینه و کمینه دما سالیانه شهر شیراز از سال ۱۹۵۱-۱۴۰۴ و ۱۴۰-۱۳۹/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Irimo)؛ همچنین بیشینه و کمینه رطوبت نسبی این شهر از سال ۱۹۵۱-۲۰۰۰ به ترتیب ۶۹ و ۱۹ درصد می‌باشد (Iran hydrology). شیراز دارای اقلیم نیمه گرم و خشک است، در زمستان آب‌وهوای نسبتاً معتدل توازن 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 برداشت شده 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 داده شده است، نمونه موردی این پژوهش انتخاب شد.

جدول ۱- ویژگی‌های تأثیرگذار در انتخاب نمونه موردی

ردیف.	ویژگی‌های تأثیرگذار	جهه‌های ساخته شده	جهه‌های زمستان‌نشین	تعداد طبقات خانه	تعداد درک	نوع گشودگی	قابلیت دسترسی و برداشت	خانه‌های قاجاری
								نوبنده‌گانی
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	دو طبقه	پنج دری	-	
۷	غضنفری	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	ارسی	یک طبقه	پنج دری	-	
۸	تولایی	۳ طرف ساخت	شمالی- جنوبی	ارسی	یک طبقه	پنج دری	قابل دسترس	(میراث فرهنگی استان فارس)

با توجه به جدول ۱، به منظور انتخاب نمونه موردی، تعداد کل ۳۳ خانه سنتی دوره قاجاری محله تاریخی سنگ سیاه که ثبت میراث فرهنگی فارس می‌باشد مدنظر قرار گرفت و این خانه‌ها در بین ۶ ویژگی تأثیرگذار بر شرایط حرارتی مقایسه شده‌اند که به غیراز خانه‌های گردآوری شده 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، شیرمردانه، مستمندی، انجوی، اوچی، خلیلی، تکمیلی فرد، محمدی نژاد، مکاره‌چی، مؤیدی، حاجی مهیا، نیز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند؛ لذا ذکر ویژگی تمامی آن‌ها خارج از حوصله این مقاله است؛ به طور کلی ابتدا در ویژگی اول، به دلیل تعداد 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، جبهه شمالی- جنوبی بودن زمستان‌نشین به دلیل نورگیری مناسبتر مدنظر قرار گرفت که در این ویژگی از بین این ۲۱ خانه، ۱۶ خانه انتخاب و باقی حذف گردید، در ویژگی سوم، ارسی دار بودن زمستان‌نشین مدنظر بود که تعداد ۱۲ خانه نیز انتخاب و باقی خانه‌ها حذف شدند، در ویژگی چهارم، به دلیل کثرت تعداد پنج دری بودن تالارها نسبت به هفت دری، ارسی‌های پنج دری 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 آخرين ویژگي، قابلیت برداشت از خانه مدنظر قرار داده شد که از میان ۴ خانه باقی‌مانده، ۱ خانه انتخاب شد؛ لذا با توجه به ویژگی‌های بیان شده، 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 جبهه شمالی- جنوبی قرار گرفته است. تالار اصلی یا زمستان‌نشین آن در جبهه شمالی با مساحت  $18/36$  مترمربع به طول  $5/40$  متر و عرض  $3/40$  متر و ارتفاع  $3/50$  متر است؛ همچنین به لحاظ گشودگی، این تالار دارای ارسی ۵ دری با سطح شیشه‌خور  $7/5$  مترمربع است و مصالح بکار رفته در بدنه تالار نیز شامل، انود کاهگل، آجر، خشت همراه با تزیینات گچ و آینه است.

## روش تحقیق

روش تحقیق این پژوهش، به صورت کمی است به‌طوری که ابتدا بر اساس مطالعات میدانی و با اندازه‌گیری اطلاعات اولیه گردآوری شد، سپس داده‌ها با استفاده از روش PMV و PPD جهت سنجش میزان آسایش حرارتی و میزان رضایت‌مندی افراد، مورد تحلیل قرار گرفته 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  $-3/5$  تا  $+3/5$  (سرد) تا  $5/40$  (گرم) متغیر است، صفر در این مقیاس نشان‌دهنده احساس حرارتی خنثی است، شاخص PPD برای پیش‌بینی درصد افراد نازاضی از محیط حرارتی بوده است و بر مبنای شاخص PMV محاسبه می‌گردد (Gameiro da Silva, 2013: 4).

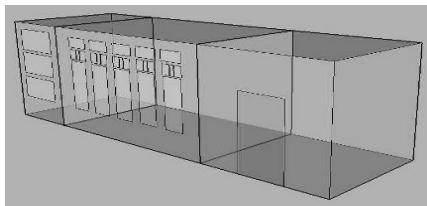
به‌طور کلی متغیرهای موردنیاز این تحقیق شامل دما، رطوبت، سرعت باد، دمای تابشی، نوع پوشش و فعالیت می‌باشند که جهت تعیین میزان آسایش حرارتی در فضای زمستان‌نشین خانه تولایی در یک روز سرد سال (۱۳۹۵/۰۹/۱۵)، ابتدا اطلاعات دما و رطوبت در سه نقطه تالار اصلی (زمستان‌نشین) و یک نقطه در حیاط مرکزی (تصویر ۱)، با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

زمین قرار داشت، به فاصله ۳۰ دقیقه (از ساعت ۱۰ صبح تا ۱۶:۳۰) اندازه گیری شد و به منظور عدم قابلیت اندازه گیری متغیر سرعت باد و دمای تابشی با دستگاه مذکور، این اطلاعات به وسیله نرم افزار Energy Plus 8.6 شبیه سازی شد؛ همچنین داده های 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 تا ۲/۷ (met) تعیین شد. سپس، شاخص PMV و PPD برای کلیه متغیرهای تحقیق محاسبه گردید و نهایتاً به مقایسه شاخص PMV و PPD فضای بیرونی و درونی پرداخته شد.

جدول ۲- آهنگ فعالیتهای مختلف و ارزش نارسانایی پوشش

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

(www.uoregon.edu)



تصویر ۳- شبیه سازی و بندی Zone  
(اتاق زمستان نشین خانه تولایی)



تصویر ۲- دستگاه TA 120  
(www.supertronensing.com)

## یافته های تحقیق

به منظور تحلیل و بررسی آسایش حرارتی در فضای زمستان نشین خانه تولایی شیراز و دست یابی به نتیجه نهایی، مراحل کار به ترتیب در ۳ مرحله بوده است؛ به طوری که ابتدا در مرحله اول، اطلاعات دما و رطوبت اندازه گیری شده با دستگاه Data logger TA120 و در مرحله دوم، اطلاعات دمای تشعشعی و سرعت باد به دست آمده در نرم افزار Energy Plus 8.6، در جدول ۳ گردآوری شده و در مرحله آخر، بر اساس داده های گردآوری شده در مراحل قبل، به محاسبه شاخص PMV و شاخص PPD پرداخته شده است.

لازم به ذکر است که به منظور محاسبه داده های دمای تشعشعی و سرعت باد در نرم افزار Energy Plus 8.6، ابتدا توسط نرم افزار Sketch Up پلان خانه تولایی ترسیم شده و هر یک از اتاق ها مطابق طول و عرض مربوط به خود، به صورت یک Thermal Zone در نظر گرفته شده و همچنین پنجره ها بر اساس تعداد و ابعاد شان برای هر اتاق تعریف شده است، در آخر، پلان ساختمان به نرم افزار Energy Plus 8.6 منتقل گردیده شد و اطلاعات موردنیاز همچون، اطلاعات آب و هوایی شهر شیراز، ضریب نهایی انتقال حرارت مصالح بکار گرفته شده در جداره ها و پنجره ها، سامانه های سرمایش و گرمایشی، میزان روشنایی، تعداد افراد و میزان فعالیت و پوشش آن ها، در این نرم افزار تعریف شده است. تصویر ۳، شبیه سازی و بندی زمستان نشین خانه تولایی و اتاق های مجاور آن را نشان می دهد.

**داده های محیطی:** با توجه به جدول ۳ و تصویر ۴، چگونگی تغییرات داده های محیطی (دما، رطوبت، سرعت باد و دمای تشعشعی) به دست آمده از دستگاه TA120 و نرم افزار Energy Plus 8.6 در ساعت مختلف در حیاط مرکزی و زمستان نشین به شرح زیر است:

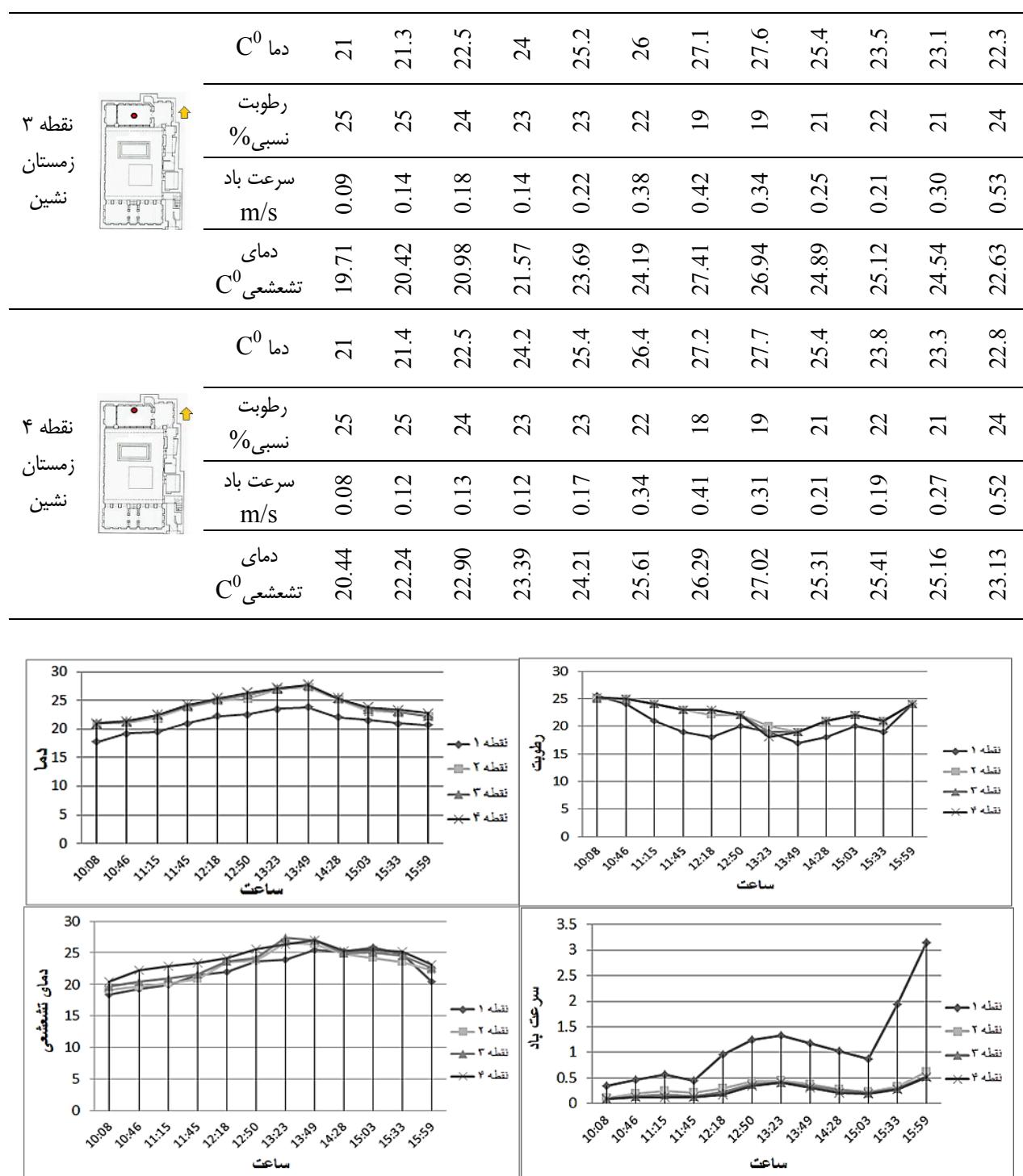
در حیاط مرکزی میزان دما، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۴ از ۱۷/۸ به ۲۳/۸ رسیده و از ساعت ۱۴ تا ۱۶، میزان دما ۲۲/۱ الی ۲۰/۷ است؛ در واقع با تغییر زاویه تابش خورشید در ساعت مختلف روز، میزان سایه اندازی و حرارت خورشید، دمای حیاط در هنگام ظهر در بیشترین میزان خود قرار

دارد و در ساعت بعدازظهر به تدریج کاهش می‌پابد، از طرفی میزان رطوبت در حیاط مرکزی، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۴، ۲۵ الی ۱۷ درصد است و در ساعت 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 کاهش یافته و در هنگام بعدازظهر، با کاهش دما، رطوبت حیاط افزایش پیداکرده است. سرعت باد در حیاط مرکزی در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۶، از ۳/۱۵ الی ۳/۲۵ تغییر داشته است، درواقع هرچه به ساعت بعدازظهر نزدیکتر شده، سرعت باد نیز افزایش یافته است، دمای تشبعی در حیاط مرکزی، در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵، با افزایش تغییرات دمایی از ۱۸/۴۳ الی ۲۵/۷۷ افزایش یافته است و از ساعت ۱۵ تا ۱۶ با کاهش دما به ۲۰/۳۸ رسیده است.

در زمستان نشین، تغییرات دمایی در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۴، روبه افزایش است. به طوری که در نقطه ۲، ۲۱ الی ۲۷/۶ در نقطه ۳، ۲۱ الی ۲۷/۴ در نقطه ۴، ۲۱ الی ۲۷/۷ درجه تغییر داشته است؛ این در حالی است که تمامی این نقاط در ساعت ۱۴:۳۰ تا ۱۶، حدود ۲۵ الی ۲۲/۵ درجه کاهش داشته است. میزان رطوبت در زمستان نشین، در بازه زمانی ۱۴-۱۰، در هر سه نقطه، از ۲۵ الی ۱۹ درصد با افزایش دما، کاهش یافته است و پس از این ساعت، رطوبت هر سه نقطه به ۲۶ درصد افزایش داشته است؛ به طور کلی میزان تغییرات رطوبت در هر سه نقطه زمستان نشین، تقریباً به یک نسبت افزایش یا کاهش داشته است. سرعت باد، در نقاطه ۱۰ تا ۱۳:۲۰، در نقطه ۲، از ۰/۴۴ الی ۰/۰۹ در نقطه ۳، از ۰/۴۲ الی ۰/۰۸ در نقطه ۴، از ۰/۰۰ الی ۰/۴۱ افزایش یافته است؛ همچنین در بازه زمانی ظهر، از ۱۳:۵۰ تا ۱۵ ساعت باد، در نقطه ۲، از ۰/۳۸ الی ۰/۲۳ در نقطه ۳، ۰/۳۴ الی ۰/۰ در نقطه ۴، ۰/۳۱ الی ۰/۰ کاهش یافته و پس از این ساعت سرعت باد در هر سه نقطه مجدد افزایش پیداکرده است. نکته قابل ذکر این است که میزان سرعت باد در نقطه ۴ که در فاصله بیشتری با پنجره زمستان نشین قرار دارد، کمتر بوده است که این نکته به دلیل وجود روزن های موجود در پنجره است، میزان دمای تشبعی در زمستان نشین، 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 ۲۰/۰۲ به ۲۰/۴۴، افزایش یافته است و در ساعت بعدازظهر، نقاط ۲ و ۳، از ۲۶ به ۲۲ و نقطه ۴ از ۲۵ به ۲۳ درجه کاهش داشته اند.

جدول ۳-داده های محیطی نقاط برداشت شده در خانه تو لایی

نقطه	محل برداشت	داده های محیطی	زمان برداشت							
			C <sup>0</sup> دما	روطوبت نسبی %	سرعت باد m/s	C <sup>0</sup> دمای تشبعی	C <sup>0</sup> دما	روطوبت نسبی %	سرعت باد m/s	C <sup>0</sup> دمای تشبعی
نقطه ۱ حیاط مرکزی		نقطه ۱	۱۸.۴۳	۰.۳۵	۰.۳۵	۱۹.۲۸	۰.۴۶	۰.۵۷	۱۹.۹۲	۰.۵۷
		نقطه ۲	۱۹.۶۹	۰.۱۹	۰.۲۵	۲۱.۱	۰.۲۲	۰.۲۲	۲۱.۹۲	۰.۲۲
		نقطه ۳	۲۰.۱۵	۰.۲۴	۰.۲۴	۲۰.۸۳	۰.۲۰	۰.۲۳	۲۳.۸	۰.۴۵
		نقطه ۴	۲۰.۸۳	۰.۲۰	۰.۲۰	۲۳.۴۹	۰.۲۹	۰.۲۲	۲۵.۴	۰.۹۵
		نقطه ۱	۲۰.۱۵	۰.۲۴	۰.۲۴	۲۰.۱۵	۰.۲۴	۰.۵۷	۱۹.۹۲	۰.۵۷
		نقطه ۲	۲۰.۸۳	۰.۲۰	۰.۲۰	۲۰.۸۳	۰.۲۰	۰.۴۵	۲۱.۴۷	۰.۴۵
نقطه ۲ زمستان نشین		نقطه ۱	۱۹.۱۲	۰.۱۱	۰.۲۵	۱۹.۶۹	۰.۱۹	۰.۲۵	۲۱.۱	۰.۴۶
		نقطه ۲	۲۰.۳۴	۰.۳۸	۰.۳۸	۲۰.۷۱	۰.۴۴	۰.۲۰	۲۷.۴	۰.۴۷
		نقطه ۳	۲۰.۷۱	۰.۲۷	۰.۲۱	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۷	۲۵.۴	۰.۱۸
		نقطه ۴	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۳.۹۱	۰.۳۳
		نقطه ۱	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۳.۶۸	۱.۲۴
		نقطه ۲	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۰.۷۱	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۰.۹۵	۰.۹۵



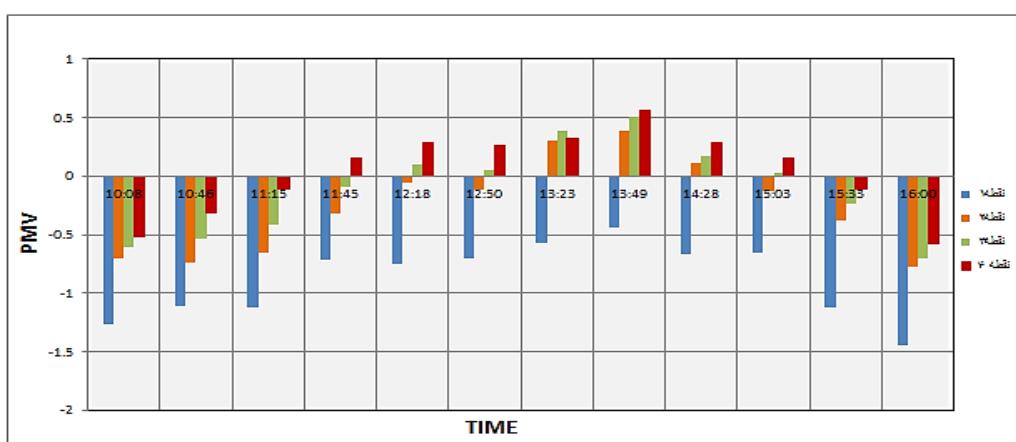
تصویر ۴- نمودار داده های محیطی برداشت شده در خانه تولایی

محاسبه شاخص **PMV** زمستان نشین و حیاط مرکزی: به منظور محاسبه این معیار، داده های 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 برداشت شده خانه تولایی در ساعات مختلف نشان داده شده است. به طور کلی اعدادی که کمی بالاتر از +1 یا کمی پایین تر از -1 باشند، موجب بروز نارضایتی می شوند و اعداد بین +1 و -1 در محدوده آسایش قرار می گیرند (قیابکلو، ۷۳:۱۳۸۰).

جدول ۴- میزان PMV محاسبه شده نقاط در ساعت مختلف

نقاط	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
نقطه ۱ حیاط مرکزی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
نقطه ۲ زمستان نشین	-0.70	-0.70	-1.27	-1.11	-0.74	-0.66	-1.12	-1.15	-0.71	-0.32	-0.06	-0.75	-12:18	-	-
نقطه ۳ زمستان نشین	-0.61	-0.61	-0.53	-0.42	-0.42	-0.15	-0.09	+0.10	+0.29	+0.26	+0.05	-0.12	-0.70	-12:50	-
نقطه ۴ زمستان نشین	-0.52	-0.52	-0.31	-0.11	-0.11	+0.15	+0.09	+0.10	+0.29	+0.32	+0.39	+0.31	-0.57	-13:23	-

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 ۱۴:۲۰- ۱۳:۲۰، شاخص PMV به ۰/۵۷- تا ۰/۴۴- رسیده است که در حالت آسایش حرارتی است. به طور کلی، در حیاط مرکزی تنها در ساعتی از روز که آفتاب به طور عمود می‌تابد، این شاخص به سطح آسایش حرارتی نزدیک شده است؛ اما در دیگر ساعت‌ها با میزان استاندارد آسایش حرارتی اختلاف دارد. از طرفی در تمامی نقاط زمستان نشین، در ساعت ۱۱:۱۵ تا ۱۵:۳۳ میزان شاخص PMV به جز ۲ مورد، از مینیمم ۰/۰۳- تا ماکزیمم ۰/۵۱- متغیر است، به عبارتی به جز ساعت ۱۰:۰۸، ۱۰:۴۵ و ۱۶:۰۰ که در نقاط ۲ و ۳ زمستان نشین شاخص PMV از ۰/۶۱- تا ۰/۷۷- رسیده است، در بیشتر ساعت‌ها در زمستان نشین، این شاخص بین ۰/۵- ۰/۵- است. با توجه به آنچه گفته شد، شاخص PMV نقطه حیاط مرکزی، در ساعت صبح و بعدازظهر به نسبت نقاط زمستان نشین در حدود ۱ تا ۱/۱ درصد تفاوت داشته است.



تصویر ۵- نمودار PMV محاسبه شده نقاط در ساعت مختلف

محاسبه شاخص PPD زمستان نشین 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- یا کمتر و نظر +۲ و یا بیشتر داده‌اند، به صورت درصد بیان می‌شود. به طور کلی، در زمانی که میزان PMV در حالت خنثی (صفر) قرار گیرد، شاخص PPD حالت ۵٪ را نشان می‌دهد (ذوق‌فاری، ۱۳۸۶: ۱۳۲)، در جدول ۵ شاخص PPD نقاط که بر اساس شاخص‌های PMV محاسبه شده در جدول ۴ به دست آمده، قرار داده شده است.

جدول ۵- میزان PPD نقاط برداشتی در ساعت 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 زمستان نشین	15%	16%	14%	7%	5%	5%	7%	8%	5%	5%	8%	18%
نقطه ۳ زمستان نشین	13%	11%	9%	5%	5%	5%	8%	10%	6%	5%	6%	15%
نقطه ۴ زمستان نشین	11%	7%	5%	5%	7%	6%	7%	12%	7%	6%	5%	12%

با توجه به جدول ۵، مشاهده می شود 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 مطلوب تر بوده و از ۹٪ تا ۱۵٪ متغیر است. به طور کلی شاخص PPD در حیاط مرکزی، در اکثریت ساعت 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 زمستان نشین این خانه، میزان شاخص PPD، 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 ساعت روز در زمستان نشین، مقدار PPD تقریباً کمتر از ۱۵٪ است که نشان دهنده آن است که کمتر از ۱۵٪ افراد از شرایط حرارتی آن ناراضی می باشند.

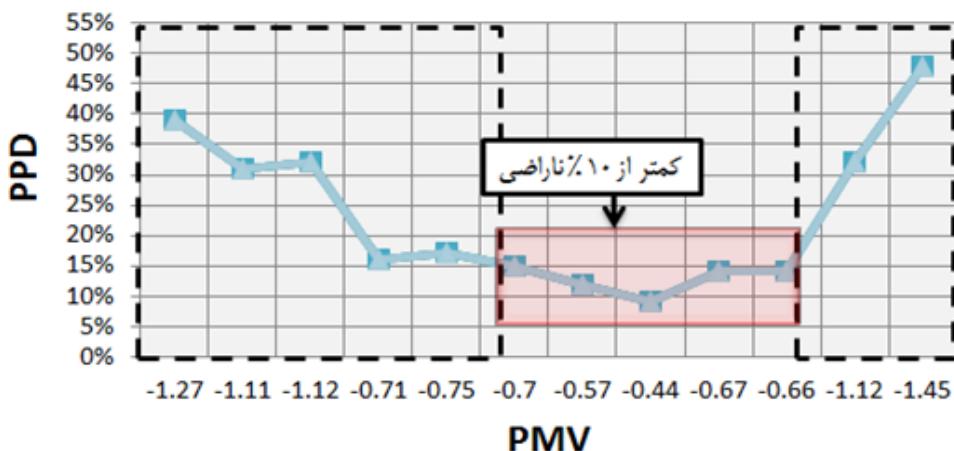
**مقایسه PPD و PMV فضای درونی و بیرونی:** از آنجاکه در شاخص PMV عددی که در بین عدد +۱ و -۱ باشد در محدوده آسایش و همچنین در شاخص PPD هرچه این شاخص از ۱۵٪ بیشتر شود نشان از نارضایتی بیشتر افراد بوده است؛ لذا با توجه به جدول ۶ و تصویر ۶ در فضای بیرونی خانه تولایی تنها در هنگام ظهر شاخص PMV و PPD در شرایط آسایش مناسب تری است؛ اما در فضای درونی این خانه، هر دو شاخص PMV و PPD در تمامی ساعت روز در شرایط آسایشی مطلوب تری قرار گرفته است.

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

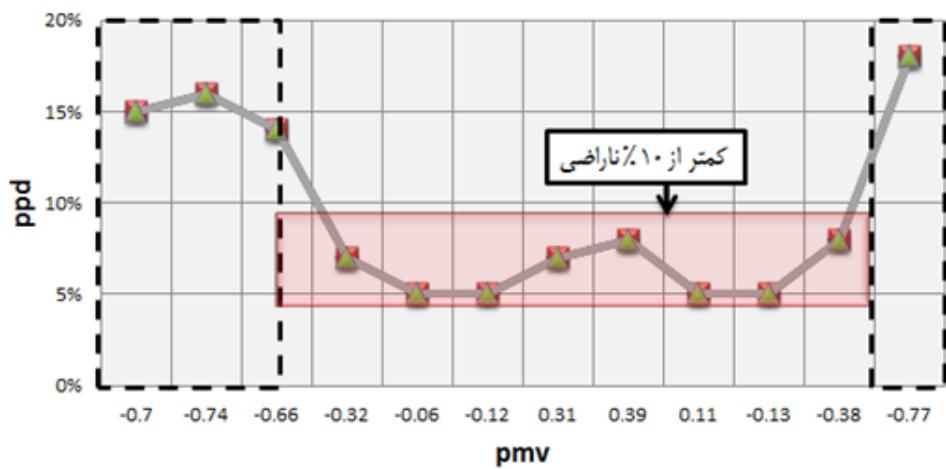
نقاط	شاخص	PMV	PPD	PMV								
فضای بیرونی نقطه ۱ حیاط مرکزی	C	-0.70	39%	-1.27	10:08	-0.74	31%	-1.11	10:46	-0.66	32%	-1.12
	C	15%	-0.74	31%	-1.11	14%	-0.66	32%	-1.12	7%	-0.32	16%
فضای درونی نقطه ۲ زمستان نشین	PPD	15%	-0.70	15%	-0.74	14%	-0.66	14%	-0.71	7%	-0.32	5%
	C	18%	-0.74	16%	-0.74	16%	-0.66	16%	-0.75	5%	-0.06	5%
% زیر ۱۶٪ PPD بین +۱ و -۱												
فضای بیرونی نقطه ۳ زمستان نشین	PPD	15%	-0.74	15%	-0.74	14%	-0.66	14%	-0.75	7%	-0.32	5%
	C	18%	-0.74	16%	-0.74	16%	-0.66	16%	-0.75	5%	-0.06	5%
% زیر ۱۶٪ PMV بین +۱ و -۱												
فضای درونی نقطه ۴ زمستان نشین	PPD	15%	-0.74	15%	-0.74	14%	-0.66	14%	-0.75	7%	-0.32	5%
	C	18%	-0.74	16%	-0.74	16%	-0.66	16%	-0.75	5%	-0.06	5%
% زیر ۱۶٪ PPD بین +۱ و -۱												

نقطه ۳، زمستان نشین	C	PPD	PMV	نقطه ۴، زمستان نشین	C	PPD	PMV
13%	-0.61			11%	-0.53		
11%	-0.53			9%	-0.42		
5%	-0.09			5%	+0.10		
% ۱۵ بین -۱ و +۱، PPD زیر				% ۱۰ بین -۱ و +۱، PMV زیر			
7%	-0.31			7%	+0.29		
5%	-0.11			6%	+0.26		
5%	+0.15			7%	+0.32		
% ۱۲ بین -۱ و +۱، PMV زیر				% ۱۰ بین -۱ و +۱، PPD زیر			

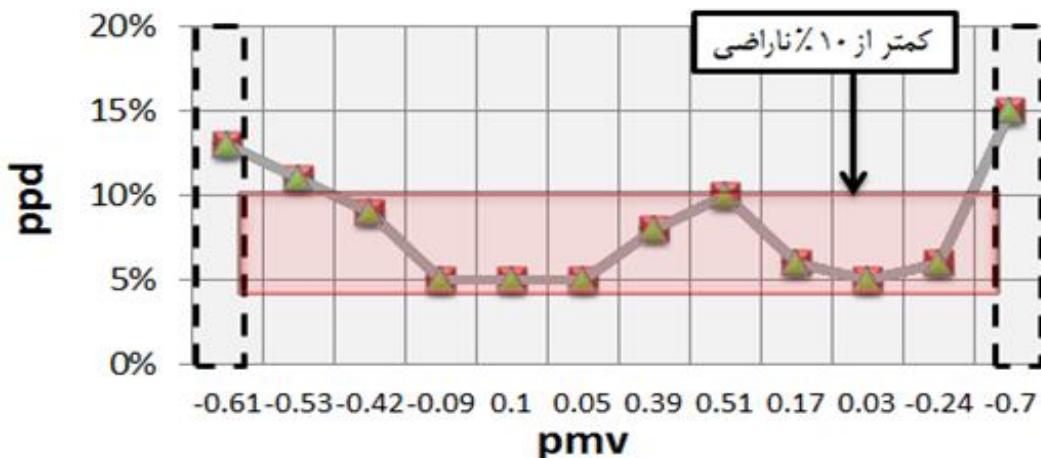
### نقطه ۱، حیاط مرکزی



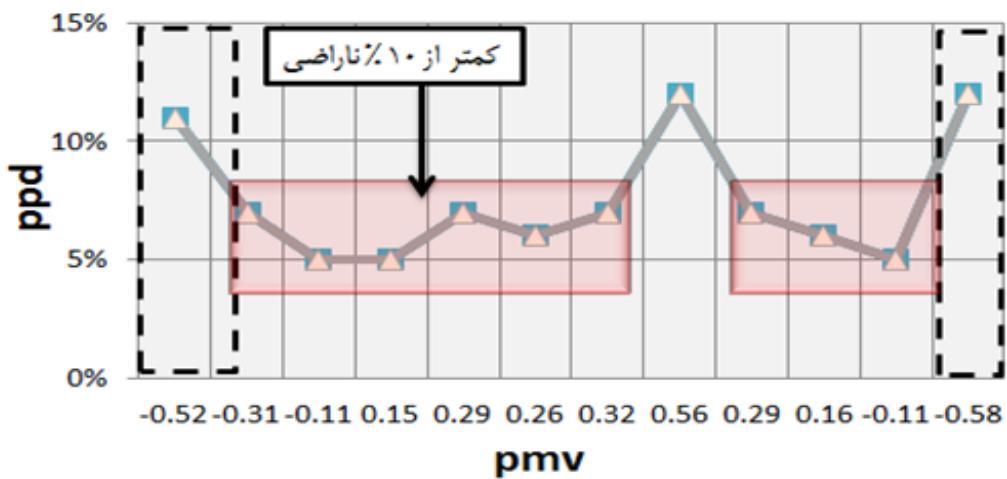
### نقطه ۲، زمستان نشین



## نقطه ۳، زمستان نشین



## نقطه ۴، زمستان نشین



تصویر ۶- نمودار PPD محاسبه شده نقاط در ساعت مختلف

## نتیجه گیری

بر اساس تحلیل های انجام شده در این پژوهش بر مبنی، مقایسه آسایش حرارتی دو فضای حیاط مرکزی و زمستان نشین، نتایج به دست آمده از تحقیق، در ۳ گام کلی گردآوری شده اند. در گام اول، نتایج حاصل از داده های محیطی نشان می دهد که میزان دمای حیاط مرکزی در طول روز نسبت به زمستان نشین، در حدود ۲ درجه کمتر است و میزان رطوبت زمستان نشین 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 ساعت مختلف حدود ۱-۵ درجه، نسبت به زمستان نشین کمتر است. در گام دوم، نتایج حاصل از محاسبات PMV نشان می دهد که در حیاط مرکزی، تنها در بازه زمانی ۱۴-۱۳:۲۰ PMV به  $-0/44$ - $-0/57$ - تا  $+0/03$ - رسانیده است و در بقیه ساعت از این مقدار بیشتر بوده است؛ اما در زمستان نشین، این شاخص در اکثریت نقاط، به جز ۲ مورد، از  $+0/51$ - تا  $+0/03$ - متغیر است، این بدین معناست که فضای زمستان نشین خانه تولایی در این روز سرد، نسبت به حیاط مرکزی، در حالت آسایش حرارتی بیشتری قرار گرفته است، درنهایت در گام سوم، نتایج حاصل از محاسبات PPD نشان می دهد که میزان این شاخص در حیاط مرکزی، بین ۱۷٪ تا ۴۸٪ متغیر است؛ لذا بیش از ۱۵٪ افراد از شرایط آسایش حرارتی آن ناراضی می باشند؛ اما در زمستان نشین در کلیه ساعت 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 زمستان نشین ناراضی بوده اند، این

میزان رضایت از آسایش حرارتی در فضای زمستان نشین، نشان دهنده به کارگیری اصول طراحی معماری همچون مصالح با ظرفیت حرارتی بالا (خشت، آجر، کاه‌گل و...) در جدارهای سقف و کف بنا، ابعاد مناسب فضای 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 ساعت روز نسبت به حیاط مرکزی، به لحاظ حرارتی در محدوده آسایش بهتری قرار گیرد. بر این اساس، با مطالعه و شناخت بیشتر از این اصول طراحی و به کارگیری 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 موردنحقیق و بررسی قرار گیرد.

## منابع

- انصاری منش، م، و نصر الهی، ن. (۱۳۹۳). تعیین محدوده آسایش حرارتی ساکنان به منظور 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 بومتان‌های منتخب شهر تهران، معماری و شهرسازی آرمان شهر، 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 تحریش تا میدان قدس). نشریه مطالعات مدیریت شهری، ۱۹، ۱-۱۵.
- ذوالقاری، ح. (۱۳۸۶). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردشگر در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV). نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲، ۱۴۱-۱۲۹.
- راز جویان، م. (۱۳۸۸). آسایش در پناه معماري همساز با اقلیم. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ دوم.
- کسامیی، 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، ۱۳۱-۱۳۶.
- 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 زمستان نشین در مناطق سردسیر (نمونه موردی: شهر اردبیل). نشریه نامه معماری و شهرسازی، ۱۵۴-۱۳۹، ۶-۱۵۴.
- 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.

- Gameiro da Silva, M.C. (2013). Spreadsheets for the Calculation of Thermal Comfort Indices PMV and PPD, University of Coimbra.
- Gagge, A.P., 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., Almuriib, 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., Dharmastha, 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.

- 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](http://www.Irimo.ir)
- [www.Iranhydrology.net](http://www.Iranhydrology.net)
- [www.Weatherbase.com](http://www.Weatherbase.com)
- [www.supertronsensing.com](http://www.supertronsensing.com)