نوع مقاله: پژوهشی
دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰
صفحات: ۶۵-۵۱
10.52547/mmi.2317.14020620

بررسی آسایش حرارتیِ فضای باز در دورهٔ گرم سال در ساختمان‌های سنتیِ احیاشده (نمونه مطالعاتی: دانشکدهٔ هنر و معماری یزد)*

فاطمه نوروزی** سیده زینب عمادیان رضوی*** لیلا موسوی**** فاطمه اکرمی*****

چکیده

تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی در فضای باز پیچیده بوده و ازآنجاکه وجود آسایش حرارتی بر حضور بیشتر افراد در فضای باز کمک می‌کند، امری مهم است. در پژوهش حاضر سعی شده است محدودهٔ آسایش حرارتی افراد در فضای بازِ بناهای سنتی و احیاشده، در اقلیم گرم‌وخشک شهر یزد برای دوره گرم سال تعیین گردد. بدین منظور در پنج حیاط مرکزی از مجموعه دانشکدهٔ هنرومعماری شهر یزد از بناهایی که از کاربری آن‌ها از مسکونی به آموزشی تغییر یافته است، یک پایش میدانی در فصل گرم سال انجام شده که شامل اندازه‌گیری اطلاعات اقلیمی هم‌زمان با تکمیل ۳۸۹ پرسش‌نامهٔ آسایش حرارتی توسط دانشجویان دانشکده بوده است. سپس به کمک نرم‌افزار Ray Man و SPSS اطلاعات به‌دست‌آمده تحلیل شد و پس از بررسی نمودارهای رگرسیون خطی، محدودهٔ آسایش حرارتی برای افراد در حیاط‌های مرکزی دانشکده به‌عنوان یک خُرداقلیم در منطقهٔ گرم‌وخشک شهر یزد بین بازه ۲۸-۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد براساس شاخص دمایِ معادل فیزیولوژیک (PET) به دست آمد. به‌علت این‌که ترکیب عوامل اقلیمی و جغرافیایی در هر منطقه خاص به درک متفاوت از شرایط آسایش حرارتی برای افراد آن جامعه منجر خواهد شد. این بازهٔ آسایش با محدوده‌های آسایش در مناطق دیگر که در پژوهش‌های متعدد تعیین شده، متفاوت است. از مقایسهٔ حیاط‌هایِ مورد مطالعه نیز چنین برآمد که هرچه نسبت ارتفاع به عرضِ حیاط بیشتر و محصورتر باشد، میزان دریافت سایه و در نهایت آسایش حرارتی در طول شبانه‌روز و ایام گرم سال بیشتر خواهد بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، اقلیم گرم‌وخشک، حیاط مرکزی، ساختمان آموزشی، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET).

---

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد فاطمه نوروزی: "طراحی هنرستان دخترانه در شهر یزد با تأملی بر نقش حیاط در آسایش حرارتی اقلیم گرم و خشک" به راهنمایی دکتر سیده زینب عمادیان رضوی و دکتر لیلا موسوی نسل خامنه در دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد است.

** دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه معماری و انرژی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران (نویسنده مسئول).
fatemehnorouzi94@yahoo.com
*** استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
**** استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
***** دانشجوی دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

مجموعه شاخص‌های حرارتی در دو گروه: تجربی (ET[1], RT[2], HOP[3], OP[4], WCI[5]) و تحلیلی (PT[6], PMV[7], SET[8], SET[9], ET[10], HIS[11], ITS[12], PET[13], OUT_SET) تقسیم‌بندی می‌شوند (Fanger, 1970). نتایج پژوهش‌های مختلف دربارهٔ اعتبارسنجی شاخص‌ها نشان می‌دهد شاخص‌های دمای مؤثر استاندارد (SET) و دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) رابطه همبستگی و بیشتری در حدود ۸۹ ٪ با احساس آسایش حرارتی در فضای باز دارند (Monteiro & Alucci, 2009). مطابق با نتایج پژوهش "حیدری و همکارش" نیز، دمای معادل فیزیولوژیکی با احساس حرارتی افراد همبستگی بیشتری دارد (حیدری و همکاران، ۲۰۱۳). در جدول ۱، خلاصه‌ای از پژوهش‌های

جدول ۱. چکیده‌ای از مطالعات پیشین

منبع	اقلیم و مکان	شاخص مورد استفاده	یافته‌ها
(حیدری et al., 2013)	اقلیم گرم‌وخشک تهران	PET	محدودهٔ آسایش حرارتی برای فضای باز در شهر تهران با روش میدانی و در فصل پاییز ۲۴/۸ تا ۲۸/۴ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است. همچنین شاخص دمای معادل فیزیولوژیک برای فضای باز، در مقایسه با دیگر شاخص‌ها با احساس حرارتی افراد همبستگی بیشتری دارد.
(چهرازی et al., 2021)	سه منطقه با اقلیم: گرم‌وخشک، معتدل و خشک و نیمه‌سرد در اصفهان	PET	به روش میدانی در سه مدرسه و سه منطق آب‌وهوایی متفاوت، محدودهٔ دمای آسایش فضای باز برای دانش‌آموزان دختر ۷ تا ۱۳ساله بر مبنای دمای معادل فیزیولوژیک ۶/۱۳تا ۳۲ و دمای خنثی ۴/۱۷ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است.
(Nasrollahi et al., 2021)	اقلیم گرم‌وخشک اهواز	PET	در ۶ خیابان با هندسه و جهت‌گیری متفاوت و با روش میدانی و شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزار ENVI-met، محدودهٔ آسایش حرارتی در فضای باز برای شهر اهواز براساس دمای معادل فیزیولوژیک در محدودهٔ ۶/۱۹ تا ۹/۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای خنثی ۳/۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است. براساس نتایج شبیه‌سازی، هرچه جهت‌گیری خیابان‌ها به راستای شمال- جنوب نزدیک‌تر باشد، آسایش حرارتی بیشتر خواهد بود.
(Nasrollahi et al., 2017)	اقلیم گرم‌وخشک اصفهان	PET	با روش میدانی و شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزار ENVI-met در محوطهٔ ۶ فضای تاریخی در شهر اصفهان، محدودهٔ آسایش حرارتی گردشگران در بازه ۰۶/۲۳ تا ۷۳/۲۹ درجه سانتی‌گراد براساس دمای معادل فیزیولوژیک است. وجود سایه و سطوح پوشش‌گیاهی تأثیر مطلوبی بر آسایش حرارتی دارد.
(فتاحی et al., 2021)	اقلیم گرم‌وخشک کاشان	UTCI	به روش میدانی، محدودهٔ آسایش حرارتی در باغ فین بین ۴۵/۱۹ تا ۶۳/۳۷ درجه سانتی‌گراد و در بافت تاریخی بین ۵/۱۸ تا ۳۵/۱۶ درجه سانتی‌گراد براساس شاخص جهانی، اقلیم گرمایی است. تفاوت در کیفیت محیطی، پوشش گیاهی، زیبایی و تنوع فضایی در محدودهٔ باغ فین باعث وسعت محدودهٔ آسایش حرارتی در این فضا نسبت به بافت تاریخی شده است.
(Apolonio Callejas et al., 2020)	اقلیم نیمه‌مرطوب گرمسیری (ساوانا گرمسیری) کویابا	mPET	با روش میدانی میزان استرس گرمایی در دو حیاط مرکزی از یک فضای آموزشی- تاریخی براساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیکِ اصلاح‌شده (mPET) بررسی شده است. حیاط مرکزی در طول فصول گرم یک راه‌حل مناسب برای کاهش دما و در طول روزهای سرد دمای هوای حیاط بیشتر از دمای هوای بیرون است. همچنین پوشش گیاهی خزان‌پذیر در حیاط توصیه می‌شود.
(بقایی et al., 2015)	اقلیم گرم‌وخشک یزد	–	با مطالعات میدانی در حیاط سه خانهٔ سنتی در سه روز از اوایل زمستان، محدودهٔ آسایش حرارتی فضای باز برای شهر یزد۲۲/ ۱۷تا ۴۹/۲۶ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است.

نگارندگان)

انجام‌شده در سال‌های اخیر پیرامون آسایش حرارتی در فضای باز ارائه شده است.

مطابق با نتایج پژوهش‌های انجام‌شده لزوم مطالعات دقیق آسایش حرارتیِ میدانی برای افراد مختلف مشخص شده است. نتایج نشان می‌دهد بهترین روش جهت رسیدن به بازه آسایش حرارتی افراد، برداشت‌های میدانی است. در مطالعات میدانی، افراد در دنیای واقعی و بدون تغییر شرایط محیطی مورد پرسش قرار می‌گیرند و در زمان تکمیل پرسش‌نامه‌ها متغیرهای آب‌وهوایی هم‌زمان اندازه‌گیری می‌شوند.

بر همین اساس و با توجه به نبود پژوهشی با هدف تعیین بازه آسایش حرارتی افراد در دوره گرم سال و در خانه‌های تاریخیِ تغییر کاربری داده‌شده به فضاهای آموزشی، این پژوهش به بررسی و تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی دانشجویان براساس شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیک(PET) در دانشکدهٔ هنرومعماری شهر یزد می‌پردازد.

مواد و روش

پژوهش حاضر پایش میدانی و از نوع کمّی و کیفی است که در دو مرحله انجام شده است. مرحله اول شامل جمع آوری داده‌های آب‌وهوایی به‌کمک دستگاه‌های دیتالاگر، هات وایر TA 888 ،ایستگاه هواشناسی TFA Nexus و همچنین ارزیابی هم‌زمان احساس حرارتی افراد از طریق پرسش‌نامه آسایش حرارتی در حیاط‌های دانشکدهٔ هنرومعماری شهر یزد است. در مرحله دوم به‌کمک نرم‌افزار ریمن[۱۴] نسخه ۱,۲، شاخص آسایش حرارتی برای هر پرسش‌نامه تعیین و در نهایت به‌کمک نرم‌افزار SPS Statistics 26 با تحلیل همبستگی و نمودارهای رگرسیون خطی، محدودهٔ آسایش حرارتی افراد در فضای باز مشخص می‌شود. اطلاعات مربوط به مشخصات دستگاه‌ها در جدول۲ دیده می‌شود.

معرفی اقلیمی

شهر یزد با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸۹ دقیقه (Aghamolaei et al., 2019) و ارتفاع ۱۲۳۷ متر از سطح دریا، در فلات مرکزی ایران و کمربند خشک نیم‌کرهٔ شمالی قرار دارد. براساس تقسیمات اقلیمی کوپن- گایگر، شهر یزد در منطقهٔ اقلیمی گرم‌وخشک بیابانی (BWh) واقع شده و تابستان‌های گرم‌وخشک و زمستان‌های سردوخشک دارد (Peel et al., 2007). طبق بررسی‌های انجام‌شده طی ۱۰ سال متوالی (از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ میلادی)، میانگین بارندگی ۰,۱۲ میلی‌متر و حداکثر میزان بارش ۲۰,۹ میلی‌متر بوده است. در جدول۳ میانگین دما و رطوبت در ماه‌های مختلف سال ارائه شده است (اکبری و مرادی، ۱۳۹۹).

جدول۲. مشخصات دستگاه‌ها

نام دستگاه	متغیر مورد سنجش	دقت	بازه سنجش	تصویر
Hot wire Anemometer TA 888	دما	٪۵±	۰°C تا ۵۰°C	
	سرعت جریان هوا	۲± °C	۰/۱ تا ۱۵ m/s	
datalogger Benetech (GM1365)	دما	۰/۳± °C	۳۰°C- تا ۸۰°C+	
	رطوبت نسبی	٪۲±	۰ تا ۱۰۰ ٪	

(نگارندگان)

جدول۳. میانگین دمای ماهیانه شهر یزد (۲۰۰۸-۲۰۱۸)

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین دما (°C)	۲/۲۱	۲۷	۱/۳۲	۸/۳۳	۴/۳۱	۸/۲۷	۵/۲۱	۸/۱۲	۵/۸	۳/۷	۳/۱۰	۴/۱۶
میانگین رطوبت (٪)	۳/۳۰	۸/۲۶	۴/۲۱	۱۱	۱۱	۶/۱۲	۸/۱۳	۵/۲۲	۷/۳۴	۲/۳۵	۷/۴۰	۵/۴۲

(اکبری و مرادی، ۱۳۹۹)

مقدمه

بافت تاریخی در اغلب شهرهای کشور ایران در جهت ایجاد خرداقلیمی مناسب شکل گرفته و آسایش حرارتی از مهم‌ترین ارکان پایداری در خانه‌های سنتی تاریخی بوده است (کریم‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰). در این میان، کهن‌الگوی حیاط مرکزی در خانه‌های سنتی یکی از مؤثرترین راهکارهای اقلیمی با توانایی ارائه خرداقلیم بوده که به بهبود آسایش حرارتی منجر می‌شود(Rivera-Gómez et al., 2019).

مطالعات نشان داده که ساختمان با حیاط مرکزی یکی از بهترین نوع ساختمان‌ها در مناطق گرم‌وخشک است (Abdallah et al., 2019). حیاط مرکزی با برخورداری از سایه‌اندازی مناسب، مصالح بومی، پوشش گیاهی خاص و حوض آب در آسایش حرارتی و بصری ساکنین از یک‌سو و فراهم کردن شرایط اقلیمی مساعد ازسوی دیگر، تأثیرگذار است و سبب حضور بیشتر افراد در فضاهای باز در بنا می‌شود. تغییر کاربری خانه‌های سنتی به‌عنوان یک امر توصیه‌شده جهت حفاظت و رواج زندگی در محدودهٔ تاریخی می‌باشد. امروزه تعدادی از ساختمان‌های سنتی در بافت تاریخی احیا شده و اکثر آن‌ها با تغییر کاربری به فضاهای دیگری مانند: موزه، مدرسه، اداره، دانشکده، دانشگاه و مواردی ازاین‌دست، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعات زیادی پیرامون آسایش حرارتی و تعیین دمای آسایش درون ساختمان‌های سنتی و حیاط مرکزی آن‌ها انجام شده است.

مطالعات میدانی در نقاط مختلف جهان براساس تئوری سازگاریِ ارائه‌شده توسط "نیکول و همفریز" بیانگر این موضوع است که محدودهٔ آسایش حرارتی قابل قبول، بیش‌تر از بازهٔ پیش‌بینی شده ازسوی استانداردهاست (رفسنجانی و همکاران، ۲۰۱۸).

نکته اساسی این که هریک از شاخص‌های زیست‌اقلیمی در یک شرایط جغرافیایی خاص و برای یک اجتماع مشخص طراحی و مدل‌سازی شده است و نمی‌توان از این شاخص‌ها برای اقلیم‌ها و مکان‌های جغرافیایی متفاوت استفاده کرد (Roshan et al., 2019). بنابراین ترکیب عوامل اقلیمی و جغرافیایی برای هر منطقهٔ خاص به درک متفاوت از شرایط آسایش حرارتی برای افراد آن جامعه منجر خواهد شد (چهرازی و همکاران، ۲۰۲۱).

همچنین تفاوت عمدهٔ محاسبه آسایش حرارتی فضایِ داخل و خارج، سبب می‌شود تعمیم کامل استانداردهای آسایش حرارتیِ فضای بسته در هر ناحیه به فضای باز، امکان‌پذیر نباشد (قنواتی, ۱۳۹۴). و با توجه به انتظارات افراد، محدودهٔ شرایط حرارتی قابل قبول در فضای باز گسترده‌تر از فضای داخلی باشد (Spagnolo & De Dear, 2003).

لذا با توجه به پیچیدگی آسایش حرارتی در فضای باز، لازم است عوامل درگیر با آسایش انسان با روش‌هایی ازجمله: مطالعات میدانی (استفاده از پرسش‌نامه و اندازه‌گیری متغیرهای خرداقلیمی) و مدل‌سازی، مطالعه شود (Akrami & Afrasiabi, 2021). اگرچه در سایر کشورها روند مطالعات و تدقیق آسایش حرارتی شتاب بالاتری دارد، اما می‌بایست در اقلیم‌ها و کاربری‌های مختلف ایران، به‌ویژه شهر یزد که دارای بافت تاریخی با ثبت جهانی است، مطالعات بیشتری صورت گیرد. بررسی گسترده‌تر شرایط آسایش حرارتی فضاهای باز در اقلیم‌های مختلف و در کاربری‌های متفاوت می‌تواند به هم‌افزایی نتایج آن منجر شده و بنیانی را برای بهره‌گیری در زمینه طراحیِ معماری فراهم کند.

بر این اساس در پژوهش حاضر سعی شده است، محدودهٔ دمای آسایش حرارتی در دوره زمانی گرم سال و در سه ساختمانِ سنتی دارایِ حیاط مرکزی که به‌عنوان ساختمان دانشکدهٔ هنرومعماری دانشگاه یزد احیا شده‌اند، تعیین شود. سپس میان این بازهٔ آسایش با بازه‌های آسایش به‌دست‌آمده در پژوهش‌های دیگر مقایسه صورت گیرد.

پیشینه پژوهش

شروع پژوهش‌های آسایش حرارتی تطبیقی را می‌توان از زمانی دانست که همفریز نتایج ناشی از استانداردهای آسایش حرارتی را زیر سؤال برد و محدودهٔ آسایش حرارتی را متغیر و بازه آن را به‌مراتب بزرگ‌تر از استانداردهای رایج بیان کرد (حیدری، ۱۳۹۳). در دو دهه اخیر با افزایش توجه به آسایش حرارتی در فضای باز به‌منزلهٔ لازمه حضور و سلامت افراد در محیط‌های شهری، پژوهش‌های بیشتری در این زمینه صورت گرفته که شماری از آن‌ها با مطالعات میدانی، محدودهٔ آسایش حرارتی گروه‌های مختلف را در فضاهای باز تعیین کرده است.

سنجش میزان آسایش، نیازمند شاخص‌هایی برای مقایسه با مجموع شرایط اقلیمی حادث بر فرد است. درواقع تنها یک خصوصیت اقلیم، بیان‌کنندهٔ میزان آسایش حرارتی از محیط نیست (حیدری و همکاران، ۲۰۱۳). در نتیجه پارامترهای مؤثر در آسایش حرارتی باید در تعامل با یکدیگر باشند تا بتوان شرایط مشخصی را آسوده خواند و برایند این شرایط باید شاخصی به دست دهد تا به‌کمک آن بتوان وضعیت مشخصی را از نقطه‌نظر آسایش ارزیابی کرد.

معرفی نمونه‌های مورد بررسی

مطالعه حاضر در مجموعه دانشکدهٔ هنرومعماری دانشگاه یزد انجام شده است. این مجموعه در محلهٔ تاریخی گلچینان قرار گرفته و فعالیت خود را از سال ۱۳۶۸ آغاز کرده است. تاکنون در سه گروه معماری، شهرسازی و هنرهای تجسمی دانشجو پذیرفته است. این مجموعه از به هم پیوستن و مرمت تعدادی خانهٔ سنتی مربوط به دوره‌های قاجار و پهلوی تشکیل شده است. مجموع این خانه‌ها ۱۷ حیاط دارد که از این تعداد، ۱۲حیاط مرکزی اکنون توسط دانشجویان و کارکنان دانشکده مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون این دانشکده از تغییر کاربریِ خانه‌های سنتی به فضاهای آموزشی تشکیل شده است و درحال‌حاضر مجموعه‌ای زنده و فعال است، گزینه مناسبی جهت انتخاب به‌عنوان نمونهٔ مورد مطالعه در این پژوهش بود.

جهت انتخاب حیاط‌های مرکزی، آن دسته از حیاط‌هایی که اکنون مورد استفاده است و امکان بازدید و انجام کار میدانی در آن‌ها وجود داشته، ازنظرِ متغیرهای تأثیرگذار بر آسایش حرارتی مانند: تراز کف حیاط، جهت‌گیری، تناسبات، مصالح مورد استفاده و عناصر طبیعی بررسی شدند. ابتدا، تعدادی از حیاط‌ها که در تراز منفی قرار گرفته و حالت گودال‌باغچه داشتند و یا فاقد پوشش گیاهی و حوضچه بودند، از دایرهٔ بررسی‌ها کنار گذاشته شدند و آن دسته از حیاط‌هایی که در تراز همکف قرارگرفته و ازنظرِ مصالح و وجود عناصر طبیعی مشابه اما ازنظرِ تناسبات و جهت‌گیری با یکدیگر متفاوت بودند، به‌منظور کار میدانی انتخاب شدند. این حیاط‌ها ۵ عدد و شامل: حیاط درونی خانهٔ کرمانی، حیاط درونی و بیرونی خانهٔ مرتاض، حیاط هفت‌دری و نقاشی خانهٔ رسولیان هستند. در شکل ۱، محل قرارگیری حیاط‌های مرکزی نمایش داده و در جدول۴، مشخصات آن‌ها بیان شده است.

پایش میدانی

مطالعات میدانی در دوره زمانی گرم سال انجام شد و شامل جمع آوری داده‌های آب‌وهوایی همراه با پرسش‌نامه بود که دانشجویان دانشکده آن را تکمیل کردند. پس بازه زمانی انجام کار میدانی باید علاوه‌بر قرارگیری در ایام گرم سال، با حضور فعال دانشجویان در دانشکده تنظیم می‌شد.

طبق بررسی‌های انجام‌شده ماه خرداد آخرین بازه زمانی برقراری کلاس‌های درسی در روزهای گرم سال و حضور دانشجویان در دانشکده پیش از شروع امتحانات پایان ترم و تعطیلات تابستانه است. در نتیجه در بازهٔ زمانی ۷ تا ۲۹ خرداد (به‌غیر از روزهای پنج‌شنبه، جمعه و تعطیلات رسمی)

شکل ۱. نقشهٔ دانشکدهٔ هنر و معماری دانشگاه یزد (نگارندگان)

۱۵ روز جهت انجام کار میدانی انتخاب شد و هر سه روز به برداشت میدانی در یک حیاط مرکزی دانشکده اختصاص داده شد. با توجه به ساعات حضور دانشجویان، ۸ صبح تا ۷ بعدازظهر، پرسش‌نامه‌ها به‌صورت تصادفی میان دانشجویان حاضر در حیاط توزیع می‌شد.

پرسش‌نامه

بخش اول سؤالات پرسش‌نامه شامل اطلاعاتی همچون: سن، وزن، قد، جنسیت و نوع پوشش و بخش دوم در رابطه با نظر کاربران پیرامون احساس و میزان رضایت از وضعیت حرارتی و ترجیح حرارتی هریک از متغیرهای آب‌وهوایی بود. پرسش‌های مربوط به احساس حرارتی در بازهٔ بسیار سرد تا بسیار گرم است و میزان رضایت از وضعیت حرارتی در بازه بسیار راضی تا بسیار ناراضی دارای مقیاس هفت‌گانه می‌باشد. پرسش‌های مربوط به ترجیح حرارتی مقیاس ۵گانه داشتند (Foruzanmehr & Nicol, 2008). بخش‌های مختلف پرسش‌نامه براساس مطالعات پیشین و استانداردهای مرتبط تنظیم شدند (Nasrollahi et al., 2017; Johansson et al., 2018; ISO, 2019; AC08013703, 2008). با توجه به این‌که فعالیت ۱۵دقیقهٔ قبل اشخاص بر احساس حرارتی آن‌ها مؤثر است (Fanger, 1970)، هنگام تکمیل پرسش‌نامه از دانشجویان خواسته شد تا حداقل ۱۵دقیقه در سایه و بدون انجام هیچ فعالیتی نشسته و بعد پرسش‌نامه را تکمیل کنند.

جمعیت و میزان رفت‌وآمد دانشجویان در هر حیاط متفاوت می‌باشد و نمی‌توان برای تمام حیاط‌ها پرسش‌نامه‌های مساوی در نظر گرفت. طبق مشاهدات صورت‌گرفته هر حیاط به یکی از گروه‌های معماری، شهرسازی یا هنرهای تجسمی اختصاص دارد که در اکثر مواقع، میزبان دانشجویان همان

جدول۴. مشخصات حیاط‌های مرکزی فعال در دانشکدهٔ هنرومعماری دانشگاه یزد

شماره حیاط مرکزی	H1	H2	H3	H4	H5
نام حیاط مرکزی	حیاط درونی خانه کرمانی	هفت‌دری خانه رسولیان	نقاشی خانه رسولیان	حیاط درونی خانه مرتاض	حیاط بیرونی خانه مرتاض
تراز کف حیاط	همکف	همکف	همکف	همکف	همکف
کشیدگی	مربع‌شکل	شمال شرقی _ جنوب غربی	شمال شرقی _ جنوب غربی	شمال شرقی _ جنوب غربی	مربع‌شکل
زاویه چرخش نسبت به شمال (درجه)	۵۶	۴۷	۴۶	۴۵	۴۶
طول (متر)	۴۴/۱۱	۴۴/۲۰	۷۲/۱۶	۲۲/۲۲	۶۶/۱۱
عرض (متر)	۳۰/۱۱	۶/۱۵	۴۰/۱۳	۷۳/۱۴	۵۹/۱۱
ارتفاع (متر)	۳۴/۵	۵۰/۶	۸۴/۶	۸	۳۰/۹
L/W	۱	۳۱/۱	۲۴/۱	۵۰/۱	۱
L/H	۱۴/۲	۱۴/۳	۴۴/۲	۱۷/۳	۲۵/۱
H/W	۴۷/۰	۴۱/۰	۵۱/۰	۰،۵۴	۰/۸
مصالح کف و دیوارها	آجر، کاهگل و گچ	آجر، کاهگل و گچ	آجر، کاهگل و گچ	آجر و گچ	آجر و گچ
مساحت پوشش گیاهی/ مساحت حیاط (درصد)	۱۹	۱۱	۱۰	۱۴	۱۱
مساحت حوضچه/ مساحت حیاط (درصد)	۱۴	۱۶	۵	۱۲	۶

(نگارندگان)

رشته است. بر همین اساس، حیاط‌ها دسته‌بندی شده بود. حیاط هفت‌دری خانهٔ رسولیان مختص حیاط گروه معماری، حیاط نقاشی رسولیان و درونی کرمانی مختص حیاط گروه هنرهای تجسمی و حیاط‌های مرتاض مختص حیاط گروه شهرسازی بود. به کمک فرمول کوکران کل پرسش‌نامه‌ها ۳۸۹ عدد شد. پرسش‌نامه‌های تکمیلی قابل قبول ۴۰۸ عدد بود که ۷۴ درصد را خانم‌ها و ۲۶ درصد را آقایان تکمیل کردند. جدول۵ بازه سنی افرادی را که در تکمیل پرسش‌نامه مشارکت داشته اند، نشان می‌دهد. یک نمونه پرسش‌نامه هم در پیوست ۱ آورده شده است.

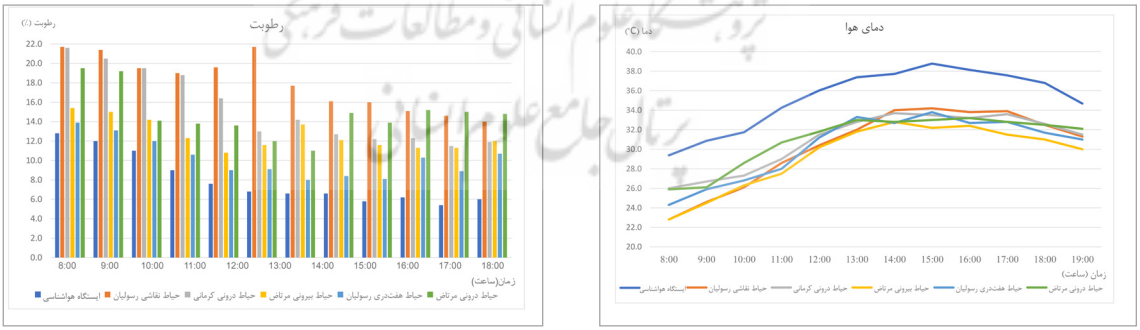
اندازه‌گیری میدانی

هم‌زمان با تکمیل پرسش‌نامه در هر حیاط، اندازه‌گیری داده‌های آب‌وهوایی هر ۵ دقیقه یک‌بار به‌وسیلهٔ یک دستگاه دیتالاگر GM1365 جهت برداشت دما و رطوبت و یک دستگاه هات‌وایر TA 888 جهت برداشت دما و سرعت جریان هوا، انجام شد. دمای متوسط تشعشعی نیز در هرلحظه به کمک اطلاعات آب‌وهوایی برداشت شد. این دما با نرم‌افزار ریمن به دست آمده بود.

به‌دلیل محدودیت در تعداد دستگاه‌های کالیبره‌شده و دردسترس و همچنین به‌منظور امکان نظارت هنگام تکمیل پرسش‌نامه‌ها، هرروز تنها امکان انجام کار میدانی در یک حیاط فراهم بود. طبق مطالعات انجام‌شده استاندارد قرارگیری دستگاه‌ها ۱/۱ متر بالاتر از سطح زمین با فاصله ۱ متر از دیوارهای اطراف حیاط بر روی پایه می‌باشد (Sharmin et al., 2015; Stanton et al., 2004; Apolonio Callejas et al., 2020). به‌دلیل تأثیرات قابل توجه عناصر طبیعی بر متغیرهای اقلیمی، دستگاه‌ها نباید زیر سایه درخت یا در نزدیکی باغچه‌ها و حوضچه و همچنین در فضای تالارِ هر حیاط که خود به‌عنوان یک خرداقلیم عمل می‌کند، قرار بگیرند.

پس محل قرارگیری دستگاه‌ها در جبهه‌ای انتخاب شد که در طول روز حداکثر میزان سایه‌اندازی توسط جداره‌های حیاط وجود داشته و همچنین با تالار فاصله داشته باشد. در ساعاتی از ظهر که هیچ‌گونه سایه‌ای در حیاط‌ها وجود نداشت، از سپرهایی جهت ایجاد سایه بالای سنسور حرارتی دستگاه‌ها با هدف جلوگیری از دریافت تشعشعات استفاده شده است (Rivera-Gómez et al., 2019; Darvish et al., 2021; López-Cabeza et al., 2018). این محل در حیاط‌ها به‌طور تقریبی جبههٔ جنوب شرقی بوده است.

هنگام کار میدانی سعی بر آن بوده است که در و پنجره‌های فضاهای اداری یا کلاس‌های مشرف به هر حیاط بسته باشد تا سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و وسایل الکترونیکی تأثیری بر شرایط خرداقلیمی حیاط‌ها نداشته باشند. یک ایستگاه هواشناسی TFA Nexus نیز روی بام دانشکدهٔ هنرومعماری جهت برداشت اطلاعات آب‌وهوایی خارج از حیاط‌ها نصب شد. محل استقرار دستگاه‌ها در هر حیاط در شکل ۲ و نمودارهای میانگین ساعتی دما و رطوبت حیاط‌ها و ایستگاه هواشناسی روی بام دانشکده، در شکل ۲ نشان داده‌شده است.



شکل ۲. نمودارهای دما و رطوبت حیاط‌های مورد پژوهش و ایستگاه هواشناسی (نگارندگان)

جدول۵. بازهٔ سنی تکمیل‌کنندگان پرسش‌نامه‌ها

بازهٔ سنی	۲۰-۱۵ سال	۲۵-۲۰ سال	۳۰-۲۵ سال	۳۵-۳۰ سال	۴۰-۳۵ سال
فراوانی	۳۶	۳۱۱	۵۵	۱	۱
درصد (٪)	۸/۸۵	۷۶/۲۰	۱۳/۵۰	۰/۲۵	۰/۲۵

(نگارندگان)

تحلیل داده‌های مطالعات میدانی

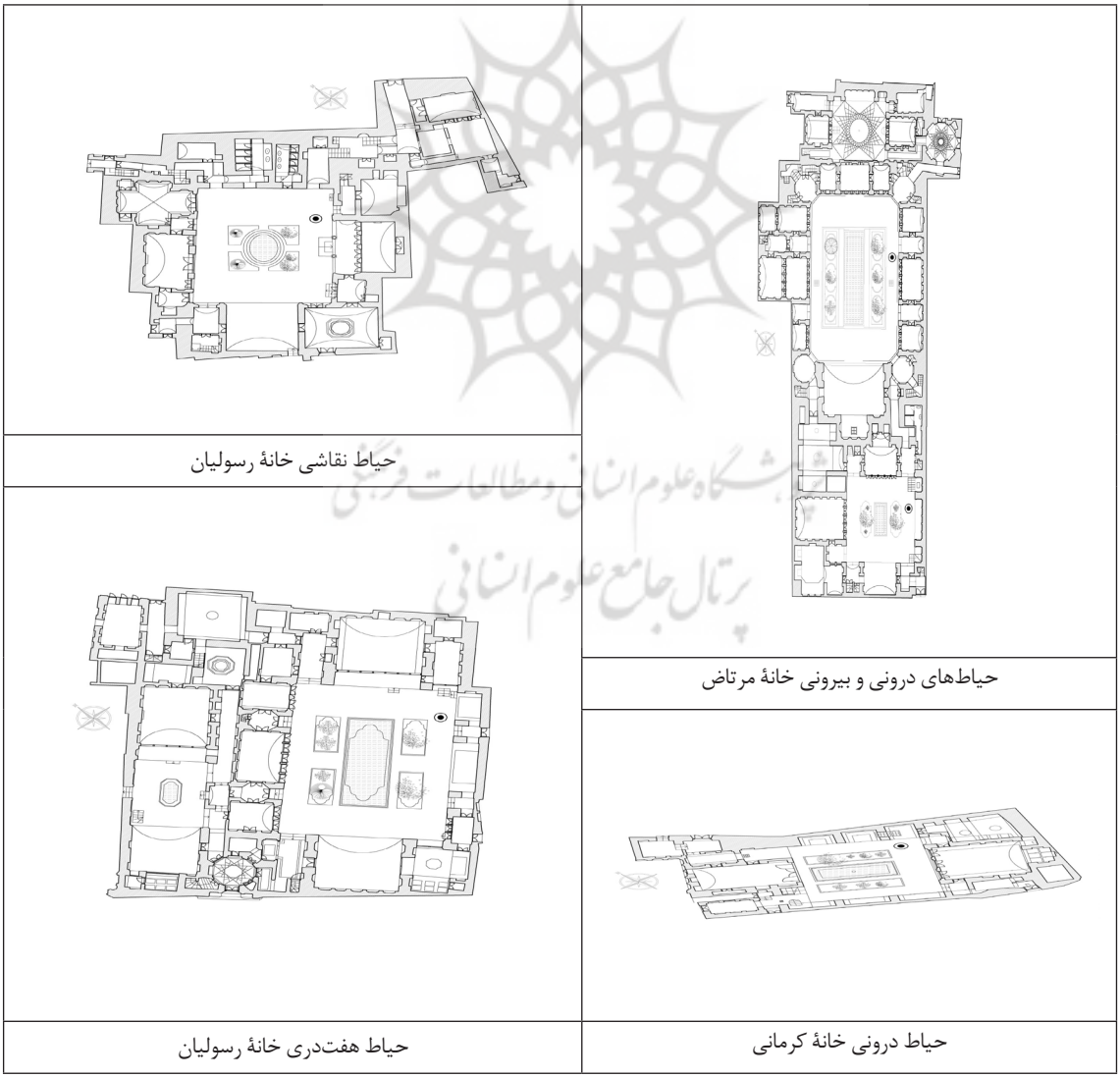
مطابق با آنچه در پیشینه پژوهش اشاره شد، در مطالعات متعدد شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، به‌عنوان شاخصی مناسب جهت سنجش آسایش حرارتی بیرونی استفاده شده است. در این پژوهش نیز این شاخص مورد استفاده قرار گرفته است.

مشخصات فردی پرسش‌نامه مانند نوع پوشش و نرخ فعالیت براساس مطالعات پیشین به داده‌های کمّی تبدیل شدند و تمامی اطلاعات حاصل از پرسش‌نامه و داده‌های میدانی برداشت‌شده از هر حیاط، با نرم‌افزار SPSS طبقه‌بندی گردیدند. سپس این اطلاعات در نرم‌افزار ریمن وارد شده و متوسط دمای تابشی و در نهایت شاخص آسایش حرارتی PET برای هر شخص به‌صورت مجزا محاسبه شد. جدول۶ نرخ لباس به‌دست‌آمده براساس مطالعات پیشین را به صورت مجزا نشان می‌دهد.

برای تحلیل همبستگی از آزمون همبستگی دومتغیرهٔ پیرسون[15] و اسپیرمن[16] استفاده شده است. مطابق با جدول۷ سطح معنی‌داری کمتر از ۰,۰۵ بوده پس همبستگی مورد تأیید است. همان‌طور که در جدول۸ نمایش داده شده، در نمونه‌های مورد مطالعه، نسبت همبستگی دما با احساس حرارتی افراد از ۰/۲۸۸ تا ۰/۴۵۱ و نسبت همبستگی رطوبت با احساس حرارتی افراد از ۰/۲۳۵- تا ۰/۳۸۰- متغیر بوده است. از میان متغیرهای بررسی‌شده، دما قوی‌ترین همبستگی را داشته و دارای تأثیر بیشتری بر آسایش حرارتی افراد است.

تعیین محدودهٔ آسایش

محاسبه محدودهٔ آسایش ازطریقِ تحلیل رگرسیون به‌کمک نرم‌افزار SPSS عملی است. برای بررسی رابطهٔ بین PET



شکل۳. محل قرارگیری دستگاه‌ها در هر حیاط (ž) (نگارندگان)

جدول۶. نرخ لباس

نوع پوشش	نرخ عایق بودن لباس (clo)	نوع پوشش	نرخ عایق بودن لباس (clo)	نوع پوشش	نرخ عایق بودن لباس (clo)
لباس آستین بلند	۰/۲۵	مانتو	۰/۲۷	جوراب	۰/۰۲
لباس آستین کوتاه	۰/۱۹	پالتو/کاپشن	۰/۵	کفش	۰/۰۲
کت و شلوار	۰/۹۶	سویشرت/ مانتو بافت	۰/۴۳	چادر	۰/۲۹
تیشرت	۰/۰۸	مقنعه	۰/۱	شلوار	۰/۲۴

(Havenith et al., 2015)

جدول۷. همبستگی متغیرهای پژوهش

رگرسیون MTSV و MPET	سطح معنی‌داری	ß	R^2
حیاط هفت‌دری خانهٔ رسولیان	۰,۰۰	۰/۸۱۸	۰/۶۷۰
حیاط نقاشی خانهٔ رسولیان	۰,۰۰	۰/۷۱۷	۰/۷۴۱
حیاط درونی خانهٔ مرتاض	۰,۰۰	۰/۹۱۹	۰/۸۳۳
حیاط بیرونی خانهٔ مرتاض	۰,۰۰	۰/۸۲۹	۰/۶۹۶
حیاط درونی خانهٔ کرمانی	۰,۰۴	۰/۶۷۳	۰/۴۵۹

(نگارندگان)

جدول۸. همبستگی متغیرهای پژوهش با شاخص دمایِ معادل فیزیولوژیک و احساس حرارتی

نام حیاط	متغیرها	ضریب همبستگی با PET / ضریب همبستگی با احساس حرارتی	نوع ارتباط	نام حیاط	متغیرها	ضریب همبستگی با PET / ضریب همبستگی با احساس حرارتی	نوع ارتباط
حیاط هفت‌دری خانهٔ رسولیان	احساس حرارتی	۰/۴۰۷	مستقیم و متوسط	حیاط درونی خانهٔ مرتاض	احساس حرارتی	۰/۴۵۳	مستقیم و متوسط
	دما	۰/۹۶۰	مستقیم و قوی		دما	۰/۹۰۸	مستقیم و قوی
		۰/۳۲۴	مستقیم و متوسط			۰/۲۸۸	مستقیم و ضعیف
	رطوبت	-۰/۶۷۶	معکوس و قوی		رطوبت	-۰/۵۴۷	معکوس و متوسط
		-۰/۳۴۹	معکوس و متوسط			_	بدون ارتباط
	سرعت باد	_	عدم ارتباط		سرعت باد	-۰/۲۸۹	معکوس و ضعیف
		_	عدم ارتباط			_	عدم ارتباط

ادامه جدول۸. همبستگی متغیرهای پژوهش با شاخص دمایِ معادل فیزیولوژیک و احساس حرارتی

نام حیاط	متغیرها	ضریب همبستگی با PET / ضریب همبستگی با احساس حرارتی	نوع ارتباط	نام حیاط	متغیرها	ضریب همبستگی با PET / ضریب همبستگی با احساس حرارتی	نوع ارتباط
حیاط نقاسی خانهٔ رسولیان	احساس حرارتی	۰/۵۱۶	مستقیم و متوسط	حیاط بیرونی خانهٔ مرتاض	احساس حرارتی	۰/۴۴۲	مستقیم و متوسط
	دما	۰/۹۷۵	مستقیم و قوی		دما	۰/۹۲۳	مستقیم و قوی
		۰/۴۵۱	مستقیم و متوسط			_	عدم ارتباط
	رطوبت	-۰/۷۸۱	معکوس و قوی		رطوبت	-۰/۵۲۲	معکوس و متوسط
		-۰/۲۳۵	معکوس و ضعیف			-۰/۳۸۰	معکوس و متوسط
	سرعت باد	_	عدم ارتباط		سرعت باد	_	عدم ارتباط
		_	عدم ارتباط			_	عدم ارتباط
حیاط درونی خانهٔ کرمانی	دما	۰/۹۷۳	مستقیم و قوی	حیاط درونی خانهٔ کرمانی	سرعت باد	_	عدم ارتباط
		۰/۲۹۰	مستقیم و ضعیف			_	عدم ارتباط
	رطوبت	-۰/۸۹۷	معکوس و قوی		احساس حرارتی	۰/۴۶۵	مستقیم و متوسط
		_	عدم ارتباط				

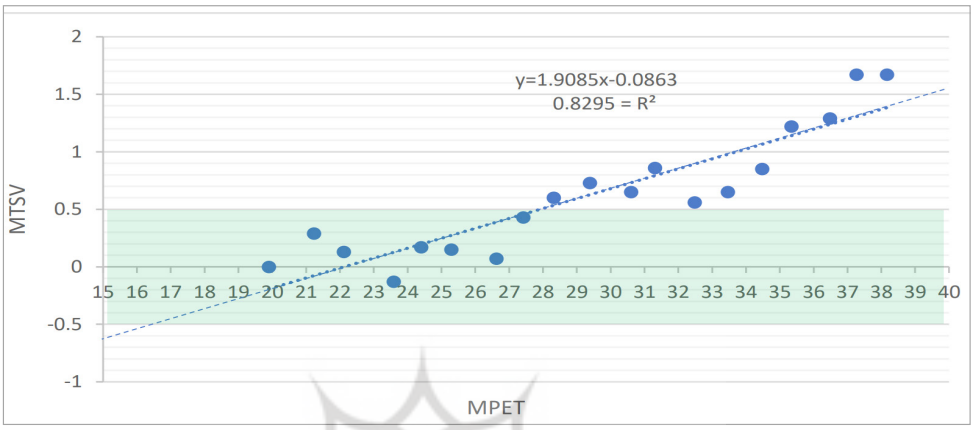
(نگارندگان)

و احساس حرارتی افراد(TSV)، ابتدا لازم است MTSV[۱۷] برای هر بازهٔ ۱ درجه سانتی‌گراد PET محاسبه شود (De Dear & Brager, 2002). این روش به پیشنهاد ماتزارکیس، پژوهشگر برجسته در این حوزه، انجام شده است. ضریب تعیین در معادلات رگرسیونی، با علامت R^2 نشان داده می‌شود و بیانگر میزان احتمال هم‌بستگی میان دو دسته داده در آینده است و قدرت پیش‌بینی متغیر وابسته "احساس حرارتی اصلاح شده (MTSV)" را براساس متغیرهای مستقل "دمای معادل فیزیولوژیک اصلاح‌شده (MPET)[۱۸]" نشان می‌دهد. مطابق با جدول۶، ضریب تعیین حیاط کرمانی متوسط و مابقی حیاط‌ها قوی است. به‌دلیل پایین بودن سطح معنی‌داری و بالا بودن ضریب تعیین و بتا، متغیر مستقل "MPET" تأثیر شدیدی بر متغیر وابسته "MTSV" دارد.

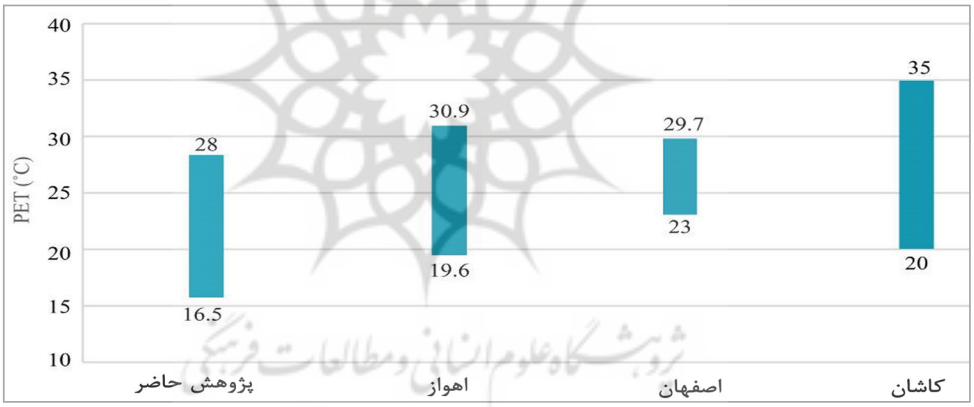
شکل۴ نمودار مربوط به رابطه خطیِ دمای معادل فیزیولوژیکی و احساس حرارتی در حیاط‌هاست. محدودهٔ آسایش حرارتی قابل قبول در بازهٔ ۰٫۵- تا ۰٫۵+ است، بنابراین با در نظر گرفتن MTSV =۰٫۵± PET (Nasrollahi et al., 2021) و پس از بررسی هر ۵ حیاط مرکزی، محدودهٔ آسایش حرارتی در حیاط‌های مرکزی ساختمان‌های سنتیِ تغییر کاربری داده‌شده به فضای آموزشی، ۲۸- ۱۶/۵ و بازهٔ آسایش ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در میان حیاط‌های بررسی‌شده، حد بالای دمای آسایش برای حیاط بیرونی خانهٔ مرتاض و حیاط نقاشی خانهٔ رسولیان بیشتر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد بود. این نشان می‌دهد دو حیاط مذکور در فصل گرم آسایش بیشتری برای کاربران فراهم می‌کنند زیرا نسبت ارتفاع به عرض و محصوریت این دو حیاط در مقایسه با حیاط‌های دیگر بیشتر بوده است. همچنین این دو حیاط در مقایسه با حیاط کرمانی دارای زاویه چرخش کمتری از راستای شمال- جنوب نسبت به شرق دارند. رابطهٔ مستقیم محصوریت حیاط‌های مرکزی با آسایش حراریی در آن‌ها در پژوهش‌های دیگر نیز تأیید شده است.

شکل۵ محدوده آسایش حرارتی به‌دست‌آمده در پژوهش‌های دیگر و نزدیک به پژوهش حاضر بوده که به‌منظور فضای باز

در اقلیم گرم‌وخشک و در بازه زمانی گرم سال به دست آمده است. از مقایسهٔ این اطلاعات مشابه آنچه در پیشینه پژوهش اشاره شد، چنین بر می‌آید که محدودهٔ آسایش حرارتی برای فضای باز در هر ناحیه، با محدودهٔ تعیین‌شده برای فضای بسته در اروپا، یعنی بازهٔ ۱۸-۲۳ درجه سانتی‌گراد متفاوت بوده و حد بالای آسایش از ۲۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر است. این مسئله نشان می‌دهد، در تمام مطالعات، میزان تحمل گرما توسط افراد در فضای باز در اقلیم گرم‌وخشک، نسبت‌به فضای بسته بیشتر بوده و بازهٔ آسایش حرارتی وسیع‌تری دارد.



شکل ۴. رگرسیون خطی بین احساس حرارتی و PET (نگارندگان)



شکل ۵. بازهٔ احساس حرارتی در پژوهش‌ها (نگارندگان)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری

در دو دهه اخیر به آسایش حرارتی در فضای باز بیشتر توجه شده است. تفاوت عمدهٔ محاسبه آسایش حرارتی فضای داخل و خارج، سبب می‌شود که استانداردهای آسایش حرارتیِ فضای بسته به فضای باز قابل تعمیم نباشد. ضمن این‌که، هرکدام از شاخص‌های زیست‌اقلیمی در یک شرایط جغرافیاییِ خاص و برای یک اجتماع مشخص طراحی و مدل‌سازی شده است. لذا محاسبه آسایش حرارتی در فضای باز به انجام پژوهش‌هایی با روش میدانی نیاز دارد. با توجه به نبود پژوهشی متمرکز بر محاسبه محدودهٔ آسایش حرارتیِ فضای باز در بناهای سنتیِ احیاشده و تغییر کاربری داده‌شده به ساختمان‌های آموزشی در اقلیم گرم‌وخشک، پژوهشِ حاضر با روش میدانی به محاسبهٔ آسایش حرارتی دانشجویان در حیاط‌های مرکزی دانشکدهٔ هنرومعماری شهر یزد پرداخته است. حیاط مرکزی در بناهای سنتی به‌عنوان یک خرداقلیم، نقش مؤثری در فراهم کردن آسایش حرارتی افراد داشته است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد بازه آسایش حرارتی برای ایام گرم سال بین ۲۸- ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد براساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) است. از مقایسه این محدودهٔ آسایش با محدوده‌های به‌دست‌آمده

در پژوهش‌های دیگر، مشخص شد که در ایام گرم سال، میزان تحمل افراد نسبت به گرما در اقلیم گرم‌وخشک بیشتر است. همچنین نسبت همبستگی دما با احساس حرارتی افراد از ۰/۲۸۸ تا ۰/۴۵۱ و نسبت همبستگی رطوبت با احساس حرارتی افراد از ۰/۲۳۵- تا ۰/۳۸۰- متغیر بوده و از میان متغیرهای بررسی‌شده، دما قوی‌ترین همبستگی را داشته و دارای تأثیر بیشتری بر آسایش حرارتی افراد است.

از مقایسهٔ شرایط آسایش حرارتی در ۵ حیاط مرکزی مورد بررسی، می‌توان نتیجه گرفت هرچه حیاط محصورتر باشد یعنی نسبت ارتفاع به عرض حیاط بیشتر باشد، حیاط مرکزی در ایام گرم سال دارای سایه بیشتر و در نهایت، آسایش حرارتی بیشتری خواهد بود. به‌گونه‌ای که حد بالای آسایش حیاط بیرونی خانهٔ مرتاض و حیاط نقاشی خانهٔ رسولیان که به‌ترتیب دارای محصوریت بیشتری بودند، از ۲۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر است. این الگوی حیاط مرکزی، می‌تواند الگوی خوبی برای معماری‌های آینده باشد.

همچنین، به دست آوردن بازهٔ آسایش حرارتی برای فضای باز در این اقلیم، کمک شایانی به دیگر طراحان و پژوهشگران خواهد کرد. تاکنون در بسیاری از پژوهش‌ها و طراحی‌ها، بازه آسایش حرارتی در محدودهٔ ۱۸-۲۳ درجه سانتی‌گراد براساس شاخص PET معرفی شده و به‌عنوان مبنایی جهت طراحی و انجام پژوهش در فضاهای باز قرار گرفته است. این درحالی است که این بازهٔ آسایش حرارتی برای فضای بسته در اروپاست و نمی‌تواند مبنایی صحیح جهت طراحی در فضای باز و در اقلیم گرم‌وخشک باشد. لذا نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنا در اختیار دیگر پژوهشگران و طراحان قرار گیرد.

پیوست

از اینکه برای تکمیل این پرسشنامه وقت می‌گذارید، بسیار سپاسگزارم.

تاریخ:	ساعت:	موقعیت(نام حیاط):
جنسیت: مونث ☐ مذکر ☐	سن:	وزن: قد:
آیا به بیماری زمینه ای مبتلا بوده و داروی دائمی مصرف می کنید؟ بله☐ خیر☐		

رنگ پوشش شما: تیره ☐ روشن ☐

نوع پوشش شما:

(آقایان)

لباس آستین کوتاه ☐ لباس آستین بلند ☐ کت و شلوار ☐ جوراب ☐ کفش ☐ شلوار ☐
لباس بافت آستین بلند ☐ کاپشن ☐ سویشرت ☐

(خانم‌ها)

مانتو ☐ شلوار ☐ مقنعه ☐ جوراب ☐ کفش ☐ چادر ☐ مانتو بافت ☐
پالتو ☐ کاپشن ☐ سویشرت ☐ لباس آستین کوتاه ☐ لباس آستین بلند ☐

احساس حرارتی شما در این لحظه چگونه است؟

خیلی سرد☐ سرد☐ کمی سرد☐ نه سرد و نه گرم☐ کمی گرم☐ گرم☐ خیلی گرم☐

رضایت شما از وضعیت حرارتی در این محل چگونه است؟

بسیار راضی☐ راضی☐ کمی راضی☐ خنثی☐ کمی ناراضی☐ ناراضی☐ بسیار ناراضی☐

ترجیح می دهید که هر یک از پارامتر های زیر چه تغییری کند؟

دمای هوا:	کمتر شود☐	کمی کمتر شود☐	بدون تغییر☐	کمی بیشتر شود☐	بیشتر شود☐
رطوبت:	کمتر شود☐	کمی کمتر شود☐	بدون تغییر☐	کمی بیشتر شود☐	بیشتر شود☐
سرعت باد:	کمتر شود☐	کمی کمتر شود☐	بدون تغییر☐	کمی بیشتر شود☐	بیشتر شود☐
تابش آفتاب:	کمتر شود☐	کمی کمتر شود☐	بدون تغییر☐	کمی بیشتر شود☐	بیشتر شود☐

پی‌نوشت

1. Effective Temperature
2. Resultant Temperature
3. Humid Operative Temperature
4. Operative Temperature
5. Wind Chill Index
6. Perceived Temperature
7. Predicted Mean Vote
8. Outdoor Standard Effective Temperature
9. Standard Effective Temperature
10. New Effective Temperature
11. Heat Stress Index
12. Index of Thermal Stress
13. Physiologically Equivalent Temperature
14. Ray Man
15. Pearson's Correlation Coefficient
16. Spearman's Correlation Coefficient
17. Mean Thermal Sensation Vote
18. Mean Physiological Equivalent Temperature

فهرست منابع

- اکبری، حسن و مرادی چراتی، سپیده (۱۳۹۹). ارزیابی عملکرد سایه و تابش حیاط‌های مرکزی خانه‌های سنتی در اقلیم گرم و خشک شهر یزد. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۱ (۴۲): ۵۸-۷۴.
- بقایی، پرهام؛ انصاری، مجتبی و بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۴). محدودهٔ آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی سنتی شهر یزد. *هویت شهر*، ۹ (۲۳): ۷۲-۵۹.
- چهرازی، غزاله؛ دهقان، نرگس و صنایعیان، هانیه (۱۴۰۰). تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی در فضای باز دبستان‌های دخترانهٔ شهر اصفهان. *صفه*، ۳۱ (۳): ۵۸-۴۳.
- حیدری، شاهین و منعام، علیرضا (۱۳۹۲). ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز. *جغرافیاوتوسعه ناحیه‌ای*، ۱۱ (۱).
- حیدری، شاهین (۱۳۹۳). **سازگاری حرارتی در معماری نخستین قدم در صرفه‌جویی مصرف انرژی**. تهران: دانشگاه تهران.
- فتاحی، کارن؛ نصراللهی، نازنین و انصاری‌منش، مریم (۱۴۰۰). مقایسه محدودهٔ آسایش حرارتی باغ فین و بافت تاریخی کاشان. *نقش جهان- مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی*، ۱۱ (۱): ۶۳-۵۳.
- قنواتی، پروین (۱۳۹۴). "بررسی آسایش حرارتی در فضای باز شهری در اقلیم نیمه‌خشک مطالعه موردی: میدان بانک ملی بهبهان". پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده معماری و شهرسازی، تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.
- کریم‌زاده، درزی؛ مهدوی‌نژاد درزی، جمال‌الدین و کریمی، باقر (۱۴۰۰). سنجش عملکرد عناصر اقلیمی خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز با رویکرد آسایش حرارتی؛ موردپژوهی: ایوان. *مطالعات معماری ایران*، ۱۰ (۲۰): ۱۱۵-۸۹.
- هاشمی رفسنجانی، لیلاسادات و حیدری، شاهین (۱۳۹۷). ارزیابی آسایش حرارتی تطبیقی در خانه‌های مسکونی اقلیم گرم‌وخشک مطالعه موردی: استان کرمان. *معماری اقلیم گرم‌وخشک*، ۶ (۷): ۶۵-۴۳.

- Abdallah, A. S. H., Mohammad, D. A. (2019). The influence of different courtyard ratios in university buildings on their thermal performance during the hot period:(Faculties of Agriculture and Education, New Sohag University, Egypt as a case study). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

- AC08013703, A. (2008). Ergonomics of the thermal environment-estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble: ISO.
- Aghamolaei, R., Ghaani, M. R. (2019). A comprehensive energy-oriented approach for optimization of solar potential in urban contexts: an application study for residential districts. *Advances in Building Energy Research*, 13 (2), 205-219.
- Akrami, F. & Afrasiabi, H. (2021). A Review on the Foundations of Thermal Comfort Methodology in the Built Environment. *Iran University of Science & Technology*, 31 (4), 1-17.
- Apolonio Callejas, I. J., Cleonice Durante, L. (2020). Thermal sensation in courtyards: Potentialities as a passive strategy in tropical climates. *Sustainability*, 12 (15), 6135.
- Darvish, A., Eghbali, G. (2021). Tree-configuration and species effects on the indoor and outdoor thermal condition and energy performance of courtyard buildings. *Urban Climate*, 37 100861.
- De Dear, R. J. & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and buildings*, 34 (6), 549-561.
- Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*.,
- Foruzanmehr, A. & Nicol, F. (2008). Towards new approaches for integrating vernacular passive-cooling systems into modern buildings in warm-dry climates of Iran. *Proceeding of Conference: Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge*, *Windsor, London*,
- Havenith, G., Kuklane, K. (2015). A database of static clothing thermal insulation and vapor permeability values of non-Western ensembles for use in ASHRAE Standard 55, ISO 7730, and ISO 9920. *Ashrae Trans*, 121 (1), 197-215.
- ISO. 2019. Ergonomics of the Physical Environment—Subjective Judgement Scales for Assessing Physical Environments. International Organization for Standardization Geneva, Switzerland.
- Johansson, E., Yahia, M. W. (2018). Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador. *International journal of biometeorology*, 62 (3), 387-399.
- López-Cabeza, V., Galán-Marín, C. (2018). Courtyard microclimate ENVI-met outputs deviation from the experimental data. *Building and Environment*, 144 129-141.
- Monteiro, L. M. & Alucci, M. P. (2009). Thermal comfort index for the assessment of outdoor urban spaces in subtropical climates. *The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama*.
- Nasrollahi, N., Hatami, Z. (2017). Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; A case study in Isfahan. *Building and environment*, 125 356-372.
- Nasrollahi, N., Namazi, Y. (2021). The effect of urban shading and canyon geometry on outdoor thermal comfort in hot climates: A case study of Ahvaz, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 65 102638.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences*, 11 (5), 1633-1644.
- Rivera-Gómez, C., Diz-Mellado, E. (2019). Tempering potential-based evaluation of the courtyard microclimate as a combined function of aspect ratio and outdoor temperature. *Sustainable Cities and Society*, 51 101740.

- Roshan, G., Almomenin, H. S. (2019). Estimate of outdoor thermal comfort zones for different climatic regions of Iran. *Urban Climate*, 27 8-23.
- Sharmin, T., Steemers, K. (2015). Analysis of microclimatic diversity and outdoor thermal comfort perceptions in the tropical megacity Dhaka, Bangladesh. *Building and Environment*, 94 734-750.
- Spagnolo, J. & De Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and environment*, 38 (5), 721-738.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Received: 2022/11/14
Accepted: 2023/09/11

Assessment of Thermal Comfort in Outdoor Spaces During the Warm Season in Revitalized Traditional Buildings (Case Study: Faculty of Art and Architecture, Yazd)*

Fatemeh Nourouzi** **Seyedeh Zeynab Omadian Razavi***** **Leila Mousavi****** **Fatemeh Akrami*******

Abstract

Determining the thermal comfort range in outdoor spaces is complex, and since the presence of thermal comfort contributes to increased human occupancy in these areas, it is an important matter. This study aims to determine the thermal comfort range for individuals in the outdoor spaces of revitalized traditional buildings in the hot and dry climate of Yazd during the warm season. To this end, a field study was conducted in five central courtyards of the Faculty of Art and Architecture in Yazd, where the building usage has changed from residential to educational. The study comprised simultaneous climate data measurements alongside the completion of 389 thermal comfort questionnaires by the students of the faculty during the warm season. The collected data was then analyzed using RayMan and SPSS software, and through the examination of linear regression charts, the thermal comfort range for individuals in the central courtyards of the faculty—considered a microclimate within the hot and dry region of Yazd—was determined to be between 16.5 to 28 degrees Celsius based on the Physiological Equivalent Temperature (PET) index. Due to the unique combination of climatic and geographical factors in each specific area, this leads to different perceptions of thermal comfort for individuals in that community. This comfort range differs from those established in other regions through various studies. A comparison of the studied courtyards also revealed that the greater the height-to-width ratio of the courtyard and the more enclosed it is, the more shading is received, and consequently, thermal comfort is enhanced throughout the day and the warm season.

Keywords: thermal comfort, hot and dry climate, central courtyard, educational building, Physiological Equivalent Temperature (PET) index.

---

* This article is derived from the master's thesis of Fatemeh Norouzi: "Designing a Girls' Technical School in Yazd with a Reflection on the Role of the Courtyard in Thermal Comfort in Hot and Arid Climates," supervised by Dr. Seyedeh Zeynab Emadian Razavi and Dr. Leila Mousavi Nasl Khameneh at the Faculty of Art and Architecture, Yazd University.

** Master's student, Department of Architecture and Energy, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, *** Yazd, Iran (corresponding author). *fatemehnorouzi94@yahoo.com*

**** Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

***** Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

PhD student in Architecture, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.