

تحلیل نشانه‌های سازگاری در آسایش حرارتی فضاهای باز*

(نمونه مورد مطالعه: محلات مسکونی منتخب شهر اصفهان)

فاطمه السادات مجیدی^۱، شاهین حیدری^{۲*}

^۱ استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

^۲ استاد دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۹/۱۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۲/۲۵)

چکیده

سازگاری در آسایش حرارتی، شامل تمامی فرایندهایی است که افراد برای تطبیق و متناسب کردن محیط و نیازهایشان انجام می‌دهند. به عبارت دیگر، انسان‌ها خود به نحو ممکن در محیط حرارتی تغییر ایجاد می‌کنند تا به آسایش حرارتی برسند. براین اساس، در مقاله حاضر تلاش می‌شود تا با تحلیل نشانه‌های سازگاری در آسایش حرارتی فضاهای باز محلات مسکونی، به اثبات نظریه سازگاری در شهر اصفهان پرداخته و نهایتاً معادله حرارتی جهت تعیین دمای راحتی کاربران در فضای باز محلات مسکونی ارائه شود. این مطالعه با بهره‌گیری از روش‌های پژوهش موردی و مطالعه میدانی، به برداشت متغیرهای اقلیمی و تکمیل پرسشنامه در چهار محله منتخب در دو فصل زمستان و تابستان پرداخته است. در این راستا چهار محله علی‌قلی‌آقا، جلفا، مرداویج و دشتستان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. این انتخاب براساس معیارهای اولیه، ثانویه و نهایتاً تمایز در ساختار فضایی - کالبدی و الگوی ریخت‌گونه‌شناسی محلات صورت گرفته است. نشانه‌های نظریه سازگاری جهت تحلیل و اثبات، شامل تحلیل دمای خنثی، رابطه دمای خارج و دمای خنثی، متوسط دمای ماهیانه و دمای خنثی و نهایتاً مقایسه معادله به دست آمده با سایر معادله‌ها است. نتایج حاصل از تحلیل نشانه‌های فوق در محلات مورد مطالعه نشان می‌دهد که نظریه مذکور در شهر اصفهان اثبات شده و قابل تعمیم است.

واژه‌های کلیدی

نظریه سازگاری، آسایش حرارتی فضاهای باز، دمای خنثی، متوسط دمای ماهیانه، محلات مسکونی شهر اصفهان.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول با عنوان: "ارائه مدل آسایش حرارتی در فضای باز عمومی محلات مسکونی با تکیه بر نظریه سازگاری (نمونه موردی: محلات منتخب جدید و قدیم شهر اصفهان)" به راهنمایی نگارنده دوم است.
** نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۲۱-۶۱۱۲۴۹۶؛ نمابر: ۰۲۱-۶۶۴۹۰۱۶۱؛ E-mail: shheidari@ut.ac.ir.

مقدمه

سازگاری که در این فضاها رخ می‌دهد، مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شود؛ زیرا تأثیر چشمگیری بر ادراک حرارتی افراد از محیط و در نتیجه شرایط آسایش آنان دارد. افراد مختلف، محیط پیرامون را به صورت‌های متفاوتی درک می‌کنند. پاسخ انسان به یک محرک فیزیکی، وابسته به اطلاعاتی است که افراد از یک موقعیت خاص دارند. بنابراین عوامل روان‌شناختی بر ادراک حرارتی فضا و تغییراتی که در آن رخ می‌دهد، موثر هستند (همان، ۱۰۳-۱۰۲).

پیرامون مبحث فوق، با توجه به این که فضاهای باز شهری و محلی در معرض متغیرهای غیرقابل کنترل اقلیمی قرار دارند، اندازه‌گیری و تعامل میان این متغیرهای اقلیمی متفاوت سخت و پیچیده بوده (Taleb and Taleb, 2014, 253)؛ و به دلیل کم بودن زمان حضور افراد در این فضاها نسبت به فضاهای داخل ساختمان، دستیابی به شرایط پایدار برای رسیدن به آسایش حرارتی در فضاهای باز، دشوار است (احمدپور کله‌رودی و همکاران، ۱۳۹۶، ۶۳).

در این راستا، کار Carr (1992) آسایش را یکی از نیازهای کاربران در فضاهای باز دانسته و معتقد است اگر آسایش نباشد، نیازهای دیگر به سختی برآورده می‌شوند. همچنین وایت^۲ (Whyte, 1980)، بیان می‌کند که در فضاهای باز باید موقعیت‌های مختلفی برای نشستن در آفتاب و سایه به صورت گروهی و انفرادی تعبیه شود. در ادامه، بوسلمن و همکاران^۳ (Bosselmann et al., 1983)، دسترسی به نور خورشید و یا داشتن سایبان را از عوامل مهم در استفاده از فضاهای باز می‌دانند. گِل (Gehl, 1996) نیز سطح فعالیت‌ها در فضای باز شهری را با محیط زیست و خرد اقلیم این فضاها مرتبط دانسته و معتقد است از بین فعالیت‌های موجود در فضای باز، فعالیت‌های انتخابی و اجتماعی در شرایط ایده‌آل اقلیمی و در مواقعی که شرایط برای مکث، قدم زدن و ... مناسب باشد، انجام می‌گیرند (Aljababra, 2014, 15). به طور کلی آسایش در فضاهای باز یکی از ارکان اصلی استفاده از این فضاها توسط شهروندان بوده و ایجاد محیطی مناسب برای آن‌ها از طریق حفاظت در برابر شرایط نامناسب مانند تابش آفتاب یا جریان باد، توجه به خرد اقلیم منطقه و پرهیز از تغییرات ناگهانی شرایط جوی ضروری است. همچنین تأمین آسایش در رابطه با نیازهای اولیه انسان بوده و نحوه پاسخگویی به آن در کیفیت فضا موثر است.

مطالعات این پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از مطالعات میدانی آسایش حرارتی، تأیید یا رد نتایج و نهایتاً اثبات نظریه سازگاری در فضاهای باز محلات مسکونی شهر اصفهان است. بدین منظور، پس از انتخاب محلات مورد مطالعه، بررسی‌های میدانی و جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا به محاسبه دمای خنثی (ارزیابی آسایش حرارتی) و سپس به تحلیل نشانه‌های نظریه سازگاری در مطالعات مذکور پرداخته می‌شود. این نشانه‌ها شامل دمای خنثی، رابطه دمای خارج و دمای خنثی، متوسط دمای ماهیانه و دمای خنثی و مقایسه معادله به دست آمده با سایر معادله‌ها است.

ارزیابی آسایش حرارتی به خصوص در فضاهای باز شهری به عنوان یک چالش بزرگ مطرح است، زیرا عوامل محیطی و شخصی (فیزیولوژیک و روان‌شناسی) زیادی در آن دخیل هستند (Szűcs, 2013, 50). در محاسبات فیزیولوژیک، معمولاً پدیده‌های مختلفی که در راس آن‌ها سازگاریست، نادیده گرفته می‌شوند. این سازگاری از جنبه شخصی به تغییر لباس و سطح فعالیت، نوع غذا یا نوشیدنی مصرفی و غیره در فصول مختلف سال و از جنبه روان‌شناختی به انتظارات، انطباق و تجارب افراد برمی‌گردد (Nikolopoulou et al., 2001, 229). قابلیت سازگاری و شروع مطالعات آن در آسایش حرارتی فضاهای باز برای نخستین بار توسط هیمفریز در سال ۱۹۷۵ بیان شد. پس از آن هیمفریز و نیکل در سال ۱۹۹۸ نظریه سازگاری را ارائه کردند. مسئله از این قرار بود که «افراد در شرایط محیطی، غیر فعال نیستند.» با وجود این که در فضاهای مختلف، شرایط متفاوت حرارتی حاکم است و سیستم فیزیولوژیک انسان‌ها مانند یکدیگر کار می‌کند، ولی پاسخ به شرایط محیطی یکسان نیست. اگر در محیط تغییری در جهت عدم آسایش حرارتی رخ دهد، انسان‌ها به کمک راه‌حل‌هایی در رسیدن به آسایش حرارتی تلاش خواهند کرد. به طور خلاصه می‌توان اینگونه بیان کرد که انسان‌ها خود به نحو ممکن در محیط حرارتی تغییر ایجاد می‌کنند تا به آسایش حرارتی برسند (حیدری، ۱۳۹۳، ۶۶). از آنجایی که ایجاد آسایش در تمامی زمان‌ها ممکن نیست، افراد کنترل‌های شخصی را برای رسیدن به آسایش حرارتی در شرایط مختلف اقلیمی، انجام می‌دهند. این امر می‌تواند شامل تمامی فرایندهایی باشد که افراد برای تطبیق و متناسب کردن محیط و نیازهایشان انجام می‌دهند. بر مبنای همین سازگاری حرارتی است که افراد تنوع شرایط حرارتی در فضاهای خارجی را، راحت‌تر از فضاهای داخلی تحمل می‌کنند (منعم، ۱۳۹۰، ۲۸). به طور گسترده اصطلاح سازگاری را می‌توان چنین تعریف نمود: کاهش تدریجی پاسخ ارگانیسم به قرارگیری‌های مکرر در معرض محرک‌ها که شامل تمام اقداماتی است که باعث وفق دادن بهتر آن‌ها برای باقی ماندن در چنین محیط‌هایی می‌شود. در مورد آسایش حرارتی، این امر می‌تواند شامل تمامی فرایندهایی باشد که افراد برای تطبیق و متناسب کردن محیط و نیازهایشان انجام می‌دهند. در چنین چارچوبی، فرصت‌های سازگاری را می‌توان در سه دسته متفاوت از هم متمایز نمود: رفتاری، فیزیولوژیک و روان‌شناختی (بقایی، ۱۳۹۳، ۱۰۱). سازگاری رفتاری شامل همه تغییراتی است که فرد در راستای همساز کردن خود با محیط انجام داده یا محیط را در راستای نیازهای خود تغییر می‌دهد. سازگاری فیزیولوژیک به تغییراتی در پاسخ‌های فیزیولوژیک اشاره دارد که نتیجه قرارگیری‌های مکرر در معرض یک محرک است و منجر به کاهش فشارهای ناشی از این قرارگیری می‌شود. در مورد حرارت محیطی، این سازگاری فیزیولوژیک، خو گرفتن با آب و هوا یا اقلیم‌پذیری نامیده می‌شود. سازگاری روانی در میان فرصت‌های

با اطلاع از دمای متوسط ماهیانه خارج و دمای خارج، دمای راحتی کاربران فضای باز محلات شهر اصفهان به دست می‌آید.

در آخر، دو معادله حرارتی جهت تعیین دمای راحتی کاربران در فضای باز محلات شهر اصفهان ارائه می‌شود. در این معادلات،

پیشینه تحقیق

شهر اواس^۵ در اقلیم خشک پرداختند. در این راستا، مطالعات میدانی درباره ادراک مردم در پیاده‌روهای خیابان منتخب در دو فصل زمستان و تابستان انجام شد. همچنین چهارده رگرسین خطی چندگانه ترسیم و معیار اطلاعات برای انتخاب مدل، مورد استفاده قرار گرفت.

در تحقیقی دیگر میدل و همکاران (Middel et al., 2016)، تاثیر سایه بر آسایش حرارتی بیرونی را در شهر تمپی ایالت آریزونا بررسی کردند. این مقاله، تاثیر سایه سایبان‌ها و درختان را بر آسایش حرارتی شهروندان در یک مرکز عابر پیاده در طول دوره یک ساله و در چهار فصل ارزیابی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که دامنه راحتی قابل قبول ۱۹/۱ درجه سانتیگراد بوده است. کاردینال جوزف و همکاران (Kardinal Jusuf et al., 2016)، در مطالعات خود پیرامون نقشه‌برداری اقلیمی شهری با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی دمای محیط و آسایش حرارتی در فضای باز، به ارزیابی دمای محیط و میزان آسایش حرارتی در کشور سنگاپور پرداختند. نتیجه این تحقیق، یک برنامه مدلسازی سه بعدی جهت استفاده معماران، طراحان و مهندسين برای تجزیه و تحلیل طرح‌های شهری است. گاسپاری و فابری (Gaspari and Fabbri, 2017)، مطالعه‌ای در مورد استفاده از نقشه خرد اقلیم در فضای باز برای طراحی و بازسازی شهری با هدف آزمایش مدلسازی میکرومتری یک بخش شهری در یک نسخه آزمایشی با بهره‌گیری از نرم‌افزار انوی مت انجام دادند. در ادامه تحقیقات، نوری و همکاران (Nouri et al., 2018)، رویکردهای آستانه آسایش حرارتی در فضای باز را از طریق طراحی فضای عمومی مورد بررسی قرار دادند. این بررسی به دو مرحله متوالی تقسیم شده است: (۱) رویکرد کلی موجود به آستانه‌های آسایش حرارتی عابر پیاده در دو طیف کمی و کیفی؛ و (۲) بررسی تکنیک‌ها و اقدامات مختلف در چهار فریم ارزیابی. نهایتاً خصوصیات / شرایط شهری مربوطه در سطح محلی و نتایج ضعف حرارتی ارائه شده است. ایناونا و همکاران (Inavonna et al., 2018)، به بررسی آسایش حرارتی و رفتار شهروندان در فضای باز شهری با استفاده از روش مصاحبه و مشاهده پرداختند. در این مقاله، علاوه بر حالت فیزیکی (ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیک)، حالت ذهنی افراد (ویژگی‌های روانی، رفتاری و اجتماعی) نیز در ارتباط با محیط مطالعه می‌شود. از جمله تحقیقات انجام شده پیرامون آسایش حرارتی و سازگاری در فضاهای باز کشور ایران، می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد:

حیدری (۱۳۹۳)، در کتابی پیرامون سازگاری حرارتی در

تاکنون اکثر مطالعات انجام شده در زمینه آسایش حرارتی و سازگاری در فضاهای باز شهری، به ارزیابی، تخمین و پیش‌بینی محدوده آسایش، شناسایی متغیرها و تاثیر آن‌ها بر آسایش حرارتی در کشورها و اقلیم‌های متفاوت پرداخته و تحقیقات کمتری، سازگاری و تحلیل نشانه‌های آن را مورد توجه قرار داده‌اند. در این راستا مطالعاتی همچون، نگوین و همکاران (Nguyen et al., 2012)، انجام شده است. ایشان بررسی‌های خود را پیرامون مدل آسایش حرارتی سازگار برای اقلیم گرم و مرطوب جنوب شرقی آسیا با استفاده از مشاهده و مطالعات میدانی و بهره‌گیری از روش‌های آماری معنی‌دار و رگرسین در تجزیه و تحلیل داده‌ها به اتمام رساندند. همچنین نصیر و همکاران (Nasir et al., 2012) در مقاله‌ای، مکانیسم‌های درک و سازگاری را که در آسایش حرارتی فضای باز دخیل هستند، تشریح کرده و به شناسایی اثرات عوامل اقلیمی و شخصی بر ارزیابی احساسات کاربران پارک شهری می‌پردازند. یافته‌ها حاکی از آن است که انطباق حرارتی پاسخ‌دهندگان از نظر فیزیولوژیک و دیدگاه‌های روان‌شناختی، نشان‌دهنده اهمیت پارک‌های شهری پایدار برای ادامه استفاده توسط جوامع آینده است.

ستای و همکاران (Setai et al., 2013) در مقاله‌ای دیگر، به بررسی موردی روی یک پیاده‌رو در شهر مدینه عربستان پرداختند. هدف این پژوهش، یافتن روش‌های دسترس‌پذیر برای افزایش سطح آسایش حرارتی عابران در فضای باز ریزاقلیم‌های شهری گرم و خشک بود. این تحقیق برای محاسبه آسایش حرارتی از شاخصه دمای معادل فیزیولوژیک و برای تحلیل آن از برنامه ریمن استفاده کرده است. پس از آن کریمی نیا (Kariminia, 2014)، رساله دکتری خود را پیرامون آسایش حرارتی در میادین باز شهری و با هدف پیش‌بینی آسایش حرارتی در فضای باز دو میدان در شهر اصفهان و با تمرکز بر حسگرهای بازدیدکنندگان به انجام رساند. تأثیر شکل، هندسه و پوشش گیاهی در شرایط حرارتی میادین نیز از طریق شبیه‌سازی کامپیوتری توسط نرم‌افزار انوی مت، بررسی و پارامترهای اقلیمی در سراسر میادین مورد مطالعه به وسیله سنسورهای متحرک اندازه‌گیری شدند. در ادامه، پنگ و همکارانش (Peng et al., 2015) در مقاله‌ای با هدف توسعه مدل هندسی و ریاضی باد و آسایش حرارتی، اثرات شش استراتژی تجدیدپذیر با مقیاس کوچک را در یکی از محلات شهر ووهان^۴ چین بررسی کردند.

همچنین روز و کوریا (Ruiz and Correa, 2015)، در پژوهشی به بررسی مدل سازگاری برای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز

تحلیل نشانه‌های نظریه سازگاری در آسایش حرارتی فضاهای باز محلات مسکونی و سپس به تأیید یا رد نتایج و نهایتاً اثبات نظریه سازگاری بپردازد، انجام نشده است. انجام این پژوهش در اولین گام، نیازمند بررسی میدانی متغیرهای محیطی و شخصی و سپس ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای مورد مطالعه است.

روش پژوهش

روش تحقیق مورد استفاده در مقاله حاضر، پژوهش موردیست که در آن به بررسی و ارزیابی میدانی متغیرهای محیطی و شخصی در فضای باز و سپس تحلیل نشانه‌های سازگاری در آسایش حرارتی فضاهای مذکور در چهار محله منتخب در شهر اصفهان می‌پردازد. در این پژوهش، متغیرها با استفاده از اندازه‌گیری، محاسبه و پرسشنامه گردآوری شده که در این راستا متغیرهای اقلیمی شامل دمای هوا، رطوبت و جریان هوا با استفاده از دیتالاگر اندازه‌گیری و متغیرهای فردی شامل نرخ فعالیت و نرخ لباس بر اساس استاندارد اشری و جدول استاندارد ایزو ۷۷۳۰، محاسبه شده‌اند. همچنین در بخش پرسشنامه، احساس حرارتی (با استفاده از مقیاس هفت‌گانه اشری)، ترجیح حرارتی (با استفاده از مقیاس سه‌گانه مکین تایر) و پرسش‌های شخصی (سن، جنس، قد و وزن) اخذ شده و در زمان تکمیل پرسشنامه، نوع فعالیت و لباس ظاهری پرسش‌شوندگان ثبت شده است. این پژوهش برای تکمیل پرسشنامه‌ها از روش متقاطع و پرسش در محل استفاده کرده است. در این راستا پژوهشگر با تجهیزات خود (سنجش دما و رطوبت و جریان هوا) از نفری به سوی نفر دیگر می‌رود تا در ملاقات با هر فرد، هم پرسشنامه تکمیل شود و هم متغیرهای محیطی و فردی اندازه‌گیری شوند.

جامعه آماری، محلات مسکونی شهر اصفهان بوده که از این میان چهار محله علی قلی آقا، جلفا، مرداویج و دشتستان جهت ارزیابی و تحلیل، به صورت هدفمند انتخاب شدند. این انتخاب بر اساس معیارهای اولیه، ثانویه و نهایتاً تمایز در ساختار فضایی - کالبدی و الگوی ریخت‌گونه‌شناسی محلات صورت گرفته است. در این راستا، ساختار کالبدی محلات منتخب، بر اساس مواردی همچون شکل شبکه، جهت‌گیری کلی محله و نسبت توده فضا

معماری، به توضیح مفاهیمی همچون آسایش حرارتی، متغیرهای محیطی، شاخصه‌های حرارتی، نظریه سازگاری و تحلیل نشانه‌های آن پرداخته است. بقایی و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی به تعیین محدوده آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی شهر یزد پرداختند. این تحقیق هماهنگ با مدل اشری و به روش توصیفی - تحلیلی در سه خانه سنتی شهر یزد انجام شده و در نهایت محدوده حرارتی در فضای باز مسکونی مشخص شده است.

همچنین داوطلب و همکاران (۱۳۹۵)، در مقاله‌ای به بررسی میزان اثر و نقش پوشش گیاهی بر متغیرهای تعیین‌کننده آسایش حرارتی فضای باز با هدف اصلی بررسی و کشف عوامل موثر بر پوشش گیاهی در ایجاد آسایش حرارتی فضای باز در اقلیم گرم و خشک سیستان و تعیین میزان اثر هریک از عوامل به منظور بهبود وضع خرد اقلیم سبز پرداختند. برداشت‌های میدانی در بیست و نه مکان و دو محوطه متفاوت در گرم‌ترین روزهای سال (تیر و مرداد)، با استفاده از دستگاه‌های هواشناسی و در سه مقیاس خرد اقلیم، اقلیم محلی و اقلیم شهری انجام شده است. ضابطیان و خیرالدین (۱۳۹۷) نیز در مقاله‌ای، دستیابی به مدل تجربی مرتبط با مطالعات سنجش سازگاری روانی حرارتی در فضاهای شهری با هدف رسیدن به ارتباط میان آسایش حرارتی در سطوح مختلف حس مکان در فضاهای عمومی شهری را مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان داد که در بخش معیارهای مؤثر در سنجش سازگاری روانی نیز، بیشترین امتیاز با اختلاف زیاد مربوط به معیار طبیعی بودن فضای شهری (فضاهایی که با استفاده از ویژگی‌های طبیعی مانند آب و گیاهان سبز خلق شده‌اند) و پس از آن مدت زمان حضور، سپس تجربه، انتظارات، کنترل ادراکی بر فضا، عوامل زیبایی‌شناسانه و حضور جمعیت هستند. همچنین داوطلب (۱۳۹۷) در رساله دکتری خود، به بررسی اثر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی فضای باز در منطقه سیستان و با استفاده از شاخصه دمای معادل فیزیولوژیک پرداخته است. آنالیز استنباطی داده‌ها نشان داد که میان شاخصه فوق و متغیرهای اقلیمی دمای هوا، رطوبت نسبی و میانگین دمای تابشی و عوامل ساختاری نوع گونه گیاهی و تراکم پوشش گیاهی رابطه معناداری وجود دارد.

همان گونه که مشخص است، با وجود انجام برخی تحقیقات در این زمینه، پژوهشی که به صورت نظام‌مند به

جدول ۱- مشخصات محلات منتخب جهت انجام مطالعات میدانی.

ردیف	دسته بندی محلات	علی قلی آقا	جلفا	مرداویج	دشتستان
۱	منطقه شهرداری	یک	پنج	شش	ده
۲	موقعیت نسبت به محدوده مرکزی اصفهان	شمال	جنوب غربی	جنوب	شمال شرقی
۳	مساحت (مترمربع)	۵۳۳۹۳۸	۱۴۶۹۴۷۲	۱۴۸۹۲۶۴	۱۰۹۷۶۶۳
۴	مساحت فضای باز عمومی (مترمربع)	۷۶۷۱۴	۲۳۶۶۱۱	۲۹۵۶۶۶	۲۳۳۱۴۳
۵	نسبت درصد	٪۱۴/۳۶	٪۱۶/۱۰	٪۱۹/۸۵	٪۲۱/۲۳
۶	مساحت سبزی‌نگی (مترمربع)	۱۰۲۱۸	۶۵۶۲	۴۰۴۲۸/۵	۷۳۱۴۲
۷	نسبت درصد	٪۱/۹۱	٪۰/۴۴	٪۲/۷۲	٪۶/۶۶

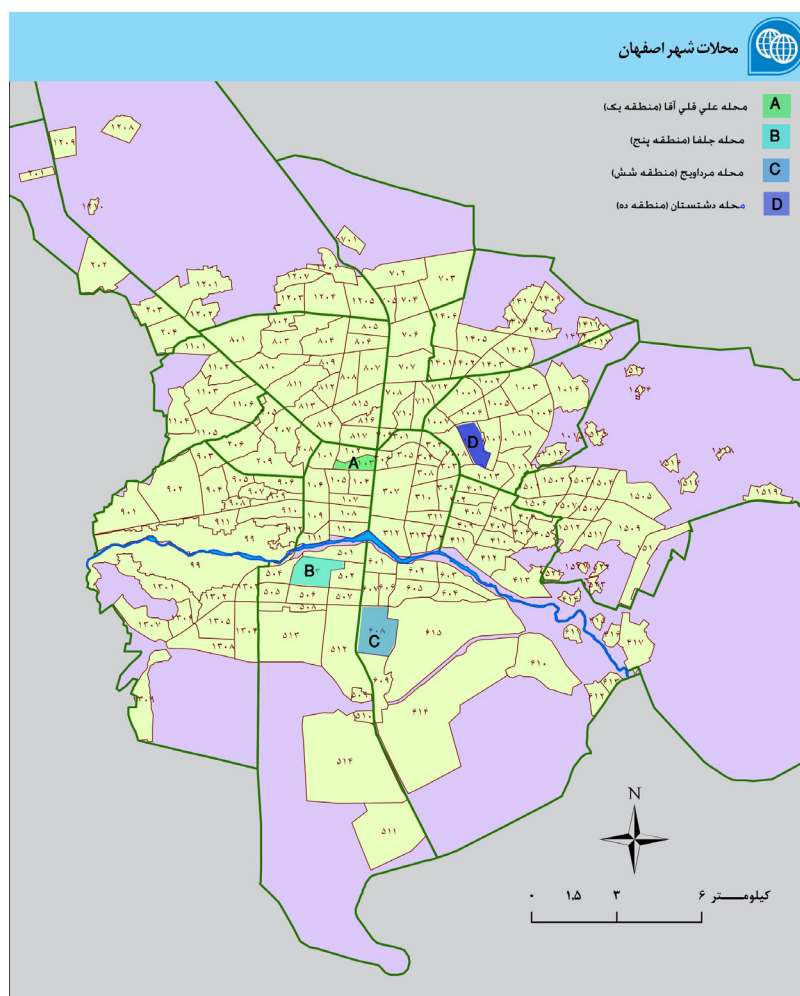
متغیرهای اقلیمی و تکمیل پرسشنامه در فضای باز محلات منتخب از قبیل پیاده‌روها، میدان‌ها و میدانچه‌ها، بوستان‌ها و فضای بازی کودکان و غیره پرداخته است. در این راستا محله علی قلی آقا، در روزهای هشتم اسفندماه و چهارم شهریورماه و محله جلفا در روزهای اول و دوم اسفندماه و سی و یکم مردادماه مورد مطالعه میدانی و ارزیابی قرار گرفتند. جمع‌آوری داده‌ها در دو محله مذکور در فصل زمستان بین ساعت ۱۰ صبح تا ۵ عصر و در فصل تابستان بین ساعت ۲ بعدازظهر تا ۷ عصر انجام شد. همچنین جمع‌آوری داده و اندازه‌گیری متغیرها در محله مرداویج در تاریخ ۲۷ بهمن ماه بین ساعت ۱۰ صبح تا ۵ عصر و ۲۸ مردادماه از ساعت ۸ صبح تا ۱۲ ظهر صورت پذیرفت. محله دشتستان نیز در تاریخ چهارم اسفندماه بین ساعت ۱۰ صبح تا ۵ عصر و هفتم شهریورماه بین ساعت ۲ بعدازظهر تا ۷ عصر مورد مطالعه میدانی قرار گرفت. در این راستا برای اندازه‌گیری متغیر دما و رطوبت، از دستگاه دیتالاگر^۶ مدل ۹۸۵۸۳ استفاده شده که قابلیت ثبت و ذخیره دما را با دقت ± 0.6 درجه سانتیگراد و رطوبت را با دقت $\pm 3\%$ داشته و جهت سنجش سرعت باد از بادسنج^۷ مدل ۹۸۶۲۰ با دقت اندازه‌گیری ± 0.2 استفاده شده است. میانگین متغیرها و خلاصه نتایج میدانی شامل میانگین

صورت گرفته و معیار تبیین گونه‌شناسی فضای باز محلات، فرم (هندسه)، درصد فضای باز و درصد سبزیگی، نوع حضور آب و فضای سبز در فضاهای باز عمومی محلات بوده است.

حجم نمونه شامل ساکنان و کاربران فضاهای باز عمومی محله‌های منتخب است که براساس روش نیکل، ۱۰۰ پرسشنامه جهت نظرسنجی ۱۰۰ نفر در هر میدان مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. بنابراین در این پژوهش، مجموعاً ۸۰۰ نفر از بین ساکنان و کاربران محلات به عنوان حجم نمونه انتخاب شده که مجموعاً ۸۰۰ پرسشنامه را در چهار محله و در دو فصل سرد و گرم به صورت تصادفی تکمیل کرده‌اند. در این راستا از میان ۸۰۰ نفر جامعه آماری، ۴۱۹ نفر مرد و ۳۸۱ نفر زن هستند. به بیان دیگر، جامعه آماری پژوهش به تفکیک جنسیت شامل ۵۲/۳۷ درصد مرد و ۴۷/۶۳ درصد زن است. میانگین سنی پرسش شونده‌گان، ۳۳/۵ سال و دامنه سنی آن‌ها از ۱۳ تا ۸۴ سال بوده است.

جمع‌آوری داده‌ها و نتایج

این مطالعه در دو فصل زمستان (ماه‌های بهمن و اسفند ۱۳۹۵) و تابستان (ماه‌های مرداد و شهریور ۱۳۹۶) به برداشت

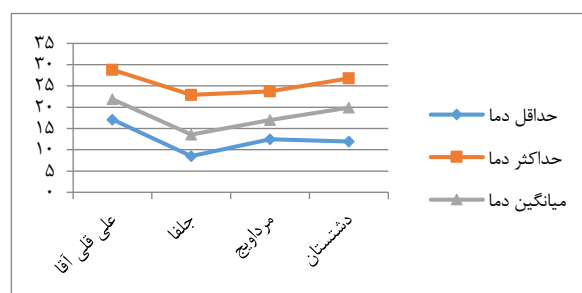
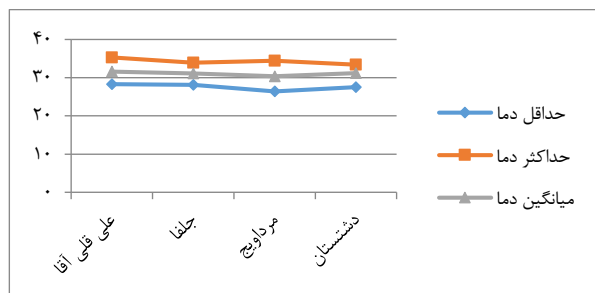


تصویر ۱- محل استقرار محلات مورد مطالعه در شهر اصفهان.

ماخذ: (نگارندگان براساس معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان، ۱۳۹۵)

جدول ۲ - میانگین، حداقل و حداکثر متغیرها و خلاصه نتایج میدانی در چهار محله منتخب.

ردیف	فصل	داده ها		علی قلی آقا	جلفا	مرداویج	دشتستان
۱	زمستان	دمای هوا	حداقل	۱۷/۱	۸/۵	۱۲/۵	۱۱/۹
			حداکثر	۲۸/۸	۲۲/۹	۲۳/۷	۲۶/۸
			میانگین	۲۱/۸۶	۱۳/۵۶	۱۶/۹۸	۱۹/۸۷
رطوبت		حداقل	۱۱	۱۳/۶	۱۷/۴	۴/۵	
		حداکثر	۲۴/۶	۳۹/۸	۳۴/۳	۲۴	
		میانگین	۱۶/۸۶	۲۳/۸۱	۲۴	۹/۱۸	
سرعت باد		حداقل	۰	۰	۰	۰	
		حداکثر	۰/۳	۰/۵	۱/۲	۰/۶	
		میانگین	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۲۹	
۴	تابستان	نرخ لباس		۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۷۳
۵		نرخ فعالیت		۱/۷۲	۱/۸۱	۱/۷۳	۱/۷۷
۶		دمای خنثی (راحتی)		۱۸/۱	-	۱۷/۵	۱۷/۶
۷		شیب منحنی راحتی		۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲
۸		دمای هوا	حداقل	۲۸/۳	۲۸/۱	۲۶/۴	۲۷/۵
			حداکثر	۳۵/۳	۳۳/۹	۳۴/۴	۳۳/۴
			میانگین	۳۱/۵۸	۳۱/۰۷	۳۰/۳۷	۳۱/۱۵
۹	رطوبت	حداقل	۹/۲	۱۳/۴	۱۴/۳	۹/۸	
		حداکثر	۲۵/۸	۲۶/۱	۴۱/۸	۲۲/۴	
		میانگین	۱۴	۱۸/۱۸	۲۷/۲۳	۱۴/۳۵	
۱۰	سرعت باد	حداقل	۰	۰	۰	۰	
		حداکثر	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳	
		میانگین	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۶	
۱۱	تابستان	نرخ لباس		۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۱
نرخ فعالیت		۱/۹۷	۰/۴۹	۱/۴۲	۱/۳		
دمای خنثی (راحتی)		۲۹/۲	۲۸/۴	۲۶/۵	۲۹/۷		
شیب منحنی راحتی		۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۲۵		



نمودارهای ۱ و ۲ - حداقل، حداکثر و میانگین دما در محلات منتخب به تفکیک فصل سرد (سمت راست) و گرم (سمت چپ).

محله دشتستان با ۰/۲ دارای بیشترین شیب خط است. همچنین در فصل گرم میانگین دمای خنثی در محلات مورد مطالعه ۲۸/۴ درجه سانتیگراد بوده است. در این راستا، محله مرداویج با ۲۶/۵ درجه سانتیگراد دارای کمترین دمای خنثی و محله دشتستان با ۲۹/۷ درجه سانتیگراد بیشترین دمای خنثی را در این فصل داراست. شیب خطوط همگی کمتر از ۰/۵ بوده و میانگین ۰/۳۳ را نشان می‌دهد. در این خصوص کمترین شیب به میزان ۰/۲۵ مربوط به محله دشتستان و بیشترین آن به اندازه ۰/۴ مربوط به محله علی قلی آقا و جلفا است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج

نشانه‌های نظریه سازگاری

تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از مطالعات میدانی از مراحل مهم مطالعات آسایش حرارتی است. بنابراین باید مشخص شود که نتایج همدیگر را تأیید می‌کنند یا در مقابل یکدیگرند؟ بدین منظور باید نشانه‌های نظریه سازگاری در مطالعات مورد نظر تحلیل شوند. این نشانه‌ها شامل موارد زیر هستند (حیدری، ۱۳۹۳، ۱۱۲-۱۰۵):

۱. تحلیل دمای خنثی؛
۲. رابطه دمای خارج و دمای خنثی؛
۳. متوسط دمای ماهیانه و دمای خنثی؛
۴. مقایسه معادله به دست آمده با سایر معادله‌ها.

۱) تحلیل دمای خنثی

در این مرحله، اثبات دو نکته برای نظریه سازگاری ضروری است. یکی یافتن تغییراتی که در دمای خنثی دیده می‌شود و دیگری یافتن تغییراتی که در دامنه آسایش وجود دارد. براساس مطالعات میدانی و به دلیل وضوح اختلاف بین دمای خنثی و حدود آسایش در دو فصل زمستان و تابستان، دمای خنثی در دو فصل سرد و گرم به صورت مجزا تحلیل می‌شود:

الف) تحلیل دمای خنثی در فصل سرد

در تحلیل دمای خنثی و حدود راحتی فصل سرد، نمودار ۳ کمک می‌کند تا به اختلاف دمای خنثی در محله‌های مورد

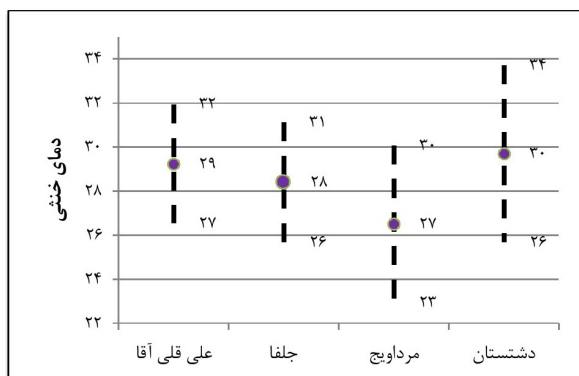
دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت جریان باد، نرخ لباس و فعالیت، دمای راحتی و شیب منحنی راحتی به تفکیک فصل و محله در جدول ۲ ارائه شده است.

در این راستا، میانگین دمای زمستانی از حداقل ۱۳/۵۶ در محله جلفا تا حداکثر ۲۱/۸۶ درجه سانتیگراد در محله علی قلی آقا به ثبت رسیده است. همچنین رطوبت اندازه‌گیری شده در کمترین میزان آن برابر با ۹/۱۸ و بیشترین آن ۲۳/۸۱ درصد بوده است. میانگین سرعت باد در فصل سرد نیز، از ۰/۰۵ تا ۰/۲۹ متر بر ثانیه گزارش شده است.

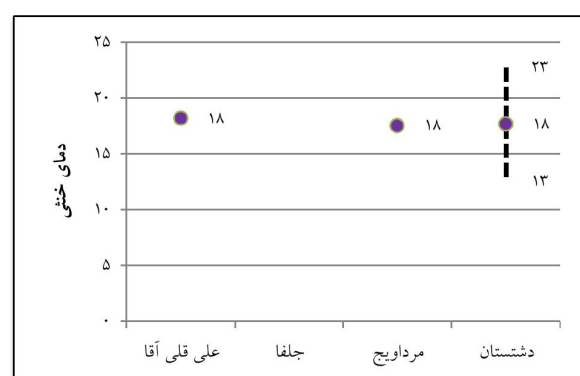
میانگین دمای تابستانی از حداقل ۳۰/۳۷ در محله مرداویج تا حداکثر ۳۱/۵۸ درجه سانتیگراد در محله علی قلی آقا ثبت شده است. در این شرایط، رطوبت نسبی برای محلات بررسی شده بین ۱۴ تا ۲۸ درصد و میانگین سرعت باد، از ۰/۰۱ تا ۰/۰۷ متر بر ثانیه گزارش شده است.

دمای خنثی

در این مطالعه، دمای خنثی، دمایی است که کاربران فضاهای باز احساس حرارتی خود را در نظرسنجی با مقیاس هفتگانه، با انتخاب گزینه خنثی نشان می‌دهند. به عبارت دیگر می‌توان گفت که دمای خنثی همان دمای راحتی یا درجه حرارت مطلوب است. جهت محاسبه دمای خنثی در محلات منتخب، ابتدا احساس حرارتی کاربران به نمودار منتقل شده و سپس با استفاده از رگرسیون، معادله دما و احساس حرارتی در هر چهار محله مشخص می‌شود؛ نهایتاً با قرار دادن عدد صفر به جای احساس حرارتی در معادلات فوق، دمای خنثی به دست می‌آید. با محاسبه دمای خنثی در محلات منتخب به تفکیک فصل سرد و گرم، می‌توان اینگونه بیان کرد که میانگین دمای خنثی در فضای باز محلات مورد مطالعه در فصل سرد ۱۷/۷۳ بوده و از ۱۷/۵ درجه در محله مرداویج تا ۱۸/۱ درجه در محله علی قلی آقا متغیر است. کمترین دمای خنثی مربوط به محله مرداویج و بیشترین آن مربوط به محله علی قلی آقا است. شیب خطوط همگی کمتر از ۰/۳ بوده و میانگین ۰/۱۰ را نشان می‌دهد. در این خصوص محله جلفا با شیب ۰/۰۵ دارای کمترین شیب خط و



نمودار ۴- حدود تغییرات دمای خنثی و دامنه آسایش در فصل گرم.



نمودار ۳- حدود تغییرات دمای خنثی و دامنه آسایش در فصل سرد.

۱۲/۵ درجه تا ۲۲/۷ درجه است. میانگین دمای خنثی در این فصل، در سه محله علی قلی آقا، مرداوید و دشتستان، ۱۷/۷۷ بوده و از ۱۷/۵۳ درجه در محله مرداوید تا ۱۸/۱۵ درجه در محله علی قلی آقا متغیر است. در این میان، کمترین دمای خنثی مربوط به محله جدید مرداوید و بیشترین آن مربوط به محله قدیمی علی قلی آقا است.

ب) تحلیل دمای خنثی در فصل گرم

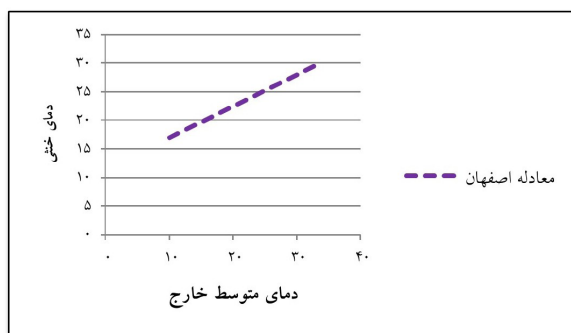
فاصله راحتی کاربران در محلات مورد پژوهش در فصل گرم، از حداقل ۲۲/۹۷ تا حداکثر ۳۳/۷۳ در دامنه ۱۰/۷۶ درجه سانتیگراد بوده و دامنه آسایشی آن‌ها بالاتر از مقدار تعیین شده توسط استانداردهای بین‌المللی است. میانگین دمای خنثی در محلات مورد مطالعه ۲۸/۴۷ در فصل گرم بوده که محله جدید مرداوید با ۲۶/۵۳ درجه

مطالعه پی برده و راحتی کاربران آن‌ها آشکار شود. استانداردها، فاصله راحتی در فصل سرد را از ۲۱ تا ۲۶ درجه سانتیگراد می‌دانند، در حالی که کاربران محلات شهر اصفهان دامنه آسایشی به مراتب بالاتری نسبت به پیشنهاد استانداردها دارند. این بدین معنی است که افراد در فضای باز محلات منتخب، جهت آسایش حرارتی خود نسبت به مقادیر تعیین شده توسط استانداردها، از مقدار انرژی کمتری استفاده کرده و این امر منجر به صرفه جویی در مصرف انرژی می‌شود. حدود آسایش به تفکیک محلات قدیم و جدید در فصل زمستان بدین شرح است:

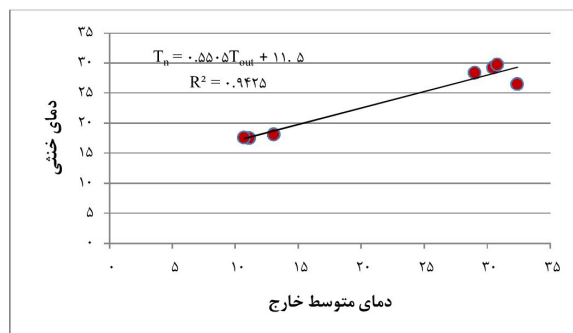
در محله قدیمی علی قلی آقا، پروسه سازگاری تکمیل بوده و حدود آسایش دارای روایی مطلق نیست. در محله جلفا نیز پروسه سازگاری تکمیل بوده ولی حدود آسایش به دلیل بزرگی عدد قابل محاسبه نبوده است. همچنین تحمل کاربران در محله جدید مرداوید دارای روایی مطلق نبوده و در محله دشتستان از

جدول ۳- دمای خنثی و متوسط دمای خارج در محلات مورد مطالعه.

ردیف	محله	دمای خنثی		متوسط دمای خارج	
		فصل سرد	فصل گرم	فصل سرد	فصل گرم
۱	علیقلی آقا	۱۸/۱۵	۲۹/۲۵	۱۳/۰۶	۳۰/۵
۲	جلفا	-	۲۸/۴۲	-	۲۹
۳	مرداوید	۱۷/۵۳	۲۶/۵۳	۱۱/۱۳	۳۲/۴
۴	دشتستان	۱۷/۶۴	۲۹/۷۱	۱۰/۷۳	۳۰/۸



نمودار ۶- رابطه دمای خارج و دمای خنثی تحت معادله اصفهان.



نمودار ۵- رابطه دمای خارج و دمای خنثی در محلات منتخب.

جدول ۴- دمای خنثی و متوسط دمای ماهیانه در محلات مورد مطالعه.

ردیف	محله	دمای خنثی		متوسط دمای ماهیانه					
		فصل سرد	فصل گرم	فصل سرد			فصل گرم		
				دی	بهمن	اسفند	تیر	مرداد	شهریور
۱	علیقلی آقا	۱۸/۱۵	۲۹/۲۵	-	-	۱۱/۰۸	-	-	۲۳/۸۷
۲	جلفا	-	۲۸/۴۲	-	-	-	-	۲۷/۹۱	-
۳	مرداوید	۱۷/۵۳	۲۶/۵۳	-	۶/۴۹	-	-	۲۷/۹۱	-
۴	دشتستان	۱۷/۶۴	۲۹/۷۱	-	-	۱۱/۰۸	-	-	۲۳/۸۷

دمای خنثی از طریق دمای خارج امکان پذیر است. با انتقال دمای خنثی و میانگین دمای خارج (دمای گزارش شده هواشناسی در روزهای اندازه‌گیری) در محلات مورد مطالعه بر روی نمودار و رگرسیون آن‌ها، معادله ارتباط دمای خارج و دمای خنثی برای محلات شهر اصفهان به دست می‌آید.

$$T_n = 0.55 T_{out} + 11.5$$

در این معادله، مقدار دمای خنثی با T_n و دمای خارج با T_{out} نشان داده شده است.

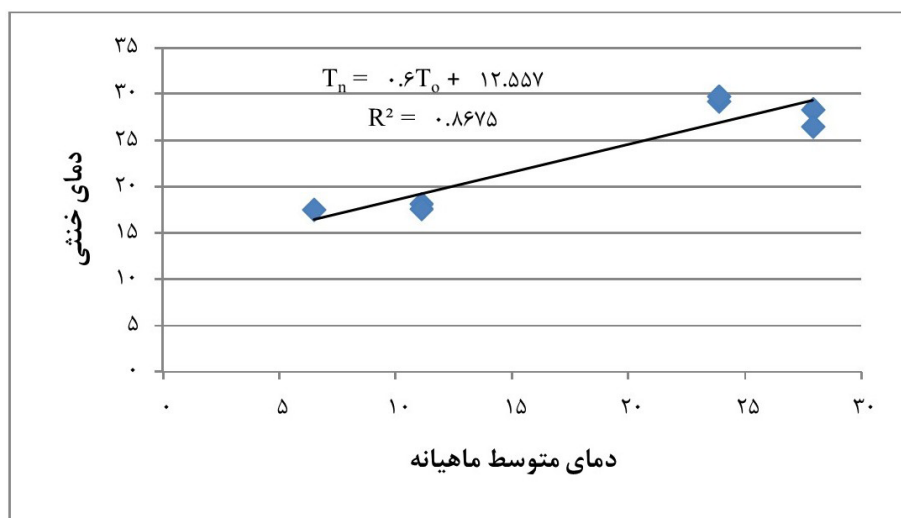
با مطالعه چهار محله (دو محله قدیمی و دو محله جدید) در شهر اصفهان، رابطه دمای خارج و دمای خنثی با معادله فوق به دست آمد. این نمودار و معادله، حکایت از ارتباطی خطی بین دمای خارج و دمای خنثی (دمای راحتی) دارد. این ارتباط با ضریب همبستگی بسیار قوی (حدوداً کامل) معادل ۰/۹۶، شبیه حدود ۰/۵۵ و عرض از مبدا حدود ۱۱/۵ در شرایط دمای خارج بین ۱۰ تا ۳۳ درجه سانتیگراد برقرار است. این معادله نشان می‌دهد که مثلاً در دمای خارج معادل ۱۱ درجه سانتیگراد، دمای خنثی از ۱۷/۵۵ درجه سانتیگراد کمتر نخواهد شد. مهم‌ترین ویژگی این معادله این است که با اطلاع از دمای خارج، دمای راحتی کاربران محلات شهر اصفهان به دست می‌آید. مطابق با بررسی‌های انجام شده و یافتن ارتباطی خطی و معنادار میان دمای خارج و دمای خنثی در فضای باز محلات شهر اصفهان، یکی دیگر از اصول نظریه سازگاری حرارتی قابل اثبات است.

سانتیگراد، دارای کمترین دمای خنثی و محله جدید دشتستان با ۲۹/۷۱ درجه سانتیگراد، بیشترین دمای خنثی را در این فصل دارد. در این راستا استاندارد اشری، سه درجه و استاندارد ایزو، دو درجه اختلاف را برای دمای خنثی در فصل گرم نسبت به فصل سرد معین کرده‌اند. در حالی که این اختلاف برای محله علی قلی آقا حدود ۱۱ درجه، محله مرداویج ۹ درجه، در محله دشتستان حدود ۱۲ درجه و در محله جلفا غیر قابل محاسبه (پروژه سازگاری تکمیل) بوده است. حدود آسایش به تفکیک محلات قدیم و جدید در فصل تابستان به صورت زیر است.

کاربران محله قدیمی علی قلی آقا، گرمای هوا را از ۲۶/۵ درجه تا حدود ۳۲ درجه در دامنه ۵/۴ درجه سانتیگراد و در محله جلفا از ۲۵/۷ درجه تا حدود ۳۱ درجه را در دامنه ۵/۴ درجه سانتیگراد تحمل می‌کنند. همچنین تحمل افراد در محله جدید مرداویج، از حدود ۲۳ درجه تا ۳۰ درجه در دامنه ۷ درجه و در محله دشتستان، از حدود ۲۵/۷ درجه تا ۳۳/۷ درجه در دامنه حدود ۸ درجه است. بنابراین حداقل و حداکثر حدود آسایش در دو محله جدید مرداویج (حداقل دما با ۲۲/۹۷ درجه) و دشتستان (حداکثر دما با ۳۳/۷۲ درجه) گزارش شده است.

۲) رابطه دمای خارج با دمای خنثی

وجود ارتباطی معنادار میان دمای خارج و دمای خنثی، یکی دیگر از اصول نظریه سازگاری حرارتی است. در واقع پیش‌بینی



نمودار ۷- رابطه دمای متوسط ماهیانه و دمای خنثی در محلات منتخب.

جدول ۵- مقایسه معادله حرارتی فضاهای باز اصفهان با سایر معادلات فضای باز جهانی.

ردیف	معادله راحتی	شیب	عرض از مبدا
۱	کشورهای اروپایی	$T_n = 0.5066 T_{out} + 12.592$	۱۲/۵۹۲
۲	شهر کمبریج انگلستان	$T_n = 0.6238 T_{out} + 8.0056$	۸/۰۰۵۶
۴	شهر اصفهان	$T_n = 0.55 T_{out} + 11.5$	۱۱/۵

۳) متوسط دمای ماهیانه و دمای خنثی

اصلی ترین یافته در نظریه سازگاری آن است که متوسط دمای ماهیانه با دمای خنثی در ارتباط مستقیم است. هر چه متوسط دمای ماهیانه افزایش یابد، دمای خنثی نیز اضافه می شود. در واقع پیش بینی دمای خنثی از طریق دمای ماهیانه امکان پذیر است (حیدری، ۱۳۹۳، ۱۰۷). معادله مرجع که توسط هیمفریز با استفاده از اطلاعات همه کشورها با اقلیم سرد و گرم، از مسکو گرفته تا بغداد به دست آمده است، چنین است:

$$T_n = 0.534 T_o + 11.9$$

در معادله مقدار دمای خنثی با T_n و دمای متوسط ماهیانه با T_o نشان داده شده است.

در این راستا اولیسمیز و دی دیر، معادله دیگری را که بیشتر از اطلاعات کشورهای گرم استفاده شده بود، پیشنهاد کردند.

$$T_n = 0.31 T_o + 17.6$$

معادله فوق در شرایطی صدق می کند که متوسط دمای ماهیانه هوا بین ۵ تا ۳۰ درجه باشد.

معادله به دست آمده برای ایران عبارت است از:

$$T_n = 0.36 T_o + 17.1$$

چنانچه متوسط دمایی با در نظر گرفتن شرایط رطوبت و تفاوت دو فصل در نظر گرفته شود، معادله ایران به تفکیک فصل به صورت زیر نهایی می شود (همان):

$$T_n = 0.36 T_o + 17.6$$

فصل سرد:

$$T_n = 0.38 T_o + 16.4$$

در این راستا با انتقال دمای خنثی و دمای متوسط ماهیانه بر روی نمودار و رگرسیون آن ها، معادله حرارتی برای محلات شهر اصفهان به دست می آید.

$$T_n = 0.6 T_o + 12.557$$

این معادله ناشی از محاسبه دمای متوسط ماهیانه بر اساس آمار هواشناسی و اطلاعات میدانی در چهار محله در شهر اصفهان است. این ارتباط با ضریب همبستگی بسیار قوی (حدوداً کامل) معادل ۰/۹۳، شبیهی حدود ۰/۶ و عرض از مبدا حدود ۱۲/۵ در شرایط متوسط ماهیانه بین ۳ تا ۳۰ درجه سانتیگراد با هر میزان رطوبت نسبی برقرار است.

این معادله نشان می دهد که مثلاً در دمای ماهیانه معادل ۴ درجه سانتیگراد، دمای خنثی از ۱۴/۹۵ درجه سانتیگراد کمتر نخواهد شد. مهم ترین ویژگی این معادله این است که با اطلاع از دمای متوسط ماهیانه خارج، دمای راحتی کاربران محلات شهر اصفهان به دست می آید.

با توجه به این که اصلی ترین یافته در نظریه سازگاری، وجود ارتباط مستقیم میان متوسط دمای ماهیانه با دمای خنثی بوده و مطالعات این بخش توانسته است که آن را تحت معادله فوق تایید کند، بنابراین نظریه سازگاری در این بخش نیز اثبات می شود.

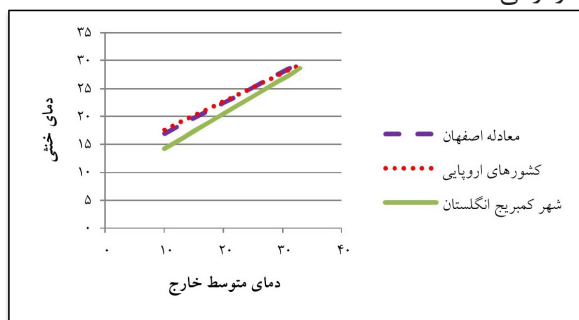
۴) مقایسه معادله به دست آمده با سایر معادله ها مقایسه معادله به دست آمده با معادلات فضای باز (شرایط خارج بنا)

با توجه به معادله حرارتی فضاهای باز در کشورهای اروپایی (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006) و شهر کمبریج انگلستان (Nikolopoulou et al., 2001) و مقایسه آن با معادله حرارتی فضاهای باز شهر اصفهان مطابق با جدول ۵، مشخص می شود که شیب معادله اصفهان از معادله کشورهای اروپایی، کمی بیشتر و از شهر کمبریج انگلستان کمتر است. همچنین عرض از مبدا این معادله از معادله کشورهای اروپایی حدود ۱ درجه کمتر و از شهر کمبریج ۳/۵ درجه بیشتر است.

نمودار ۸، اختلاف معادله حرارتی اصفهان را با دو معادله کشورهای اروپایی و شهر کمبریج انگلستان نشان می دهد. معادله اصفهان در پایین ترین دما، ۰/۶۵ درجه با معادله کشورهای اروپایی و ۳/۲۴ درجه با معادله شهر کمبریج اختلاف دارد. در بالاترین دما این اختلاف با معادله کشورهای اروپایی به ۰/۳۶ درجه و با معادله شهر کمبریج به ۱/۰۷ درجه می رسد.

با مقایسه معادله اصفهان و دو معادله فوق، مشخص می شود که اختلاف میان آن ها در دمای خارجی بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد کم بوده و با افزایش دما از این اختلاف کاسته شده، تا جایی که یکدیگر را قطع می کنند و در ادامه با افزایش بیشتر دما، دوباره به مقدار جزئی از هم فاصله می گیرند. اما در مقایسه معادله اصفهان با معادله شهر کمبریج، وضعیت بدین گونه است که اختلاف این دو معادله در دماهای خارجی پایین (۱۰ تا ۲۳ درجه)، نسبت به دماهای بالاتر (۲۳ تا ۳۳ درجه) بیشتر بوده و هر چه به دمای ۳۳ درجه نزدیک می شویم، از این اختلاف کاسته شده و معادله ها به هم نزدیک تر می شوند.

با توجه به معادلات موجود، در شرایط دمای خارجی بین ۱۰ تا ۳۳ درجه سانتیگراد، میانگین دمای آسایش خارجی در کشورهای اروپایی برابر با ۲۳/۰۴ درجه، برای شهر کمبریج انگلستان، ۲۱/۶۰ و برای فضاهای باز شهر اصفهان برابر با ۲۳/۴۹ درجه است که اختلافی حدود ۰/۴۵ درجه میان معادله اصفهان و کشورهای اروپایی، و حدود ۱/۸۹ درجه میان معادله اصفهان و کمبریج انگلستان دیده می شود. در مجموع با توجه به تحلیل های انجام شده، می توان اینگونه بیان کرد که افراد در هر شهر و کشوری با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی، خود را با شرایط حرارتی آن منطقه سازگار می کنند.



نمودار ۸- مقایسه معادله حرارتی اصفهان با معادلات جهانی (فضای باز).

نتیجه

معادله اول:
 $T_n = 0.55 T_{out} + 11.5$
 ویژگی این معادله این است که با اطلاع از دمای خارج، دمای راحتی کاربران فضای باز محلات شهر اصفهان به دست می‌آید.

معادله دوم:
 $T_n = 0.6 T_o + 12.5$
 ویژگی این معادله این است که با اطلاع از دمای متوسط ماهیانه خارج، دمای راحتی کاربران فضای باز محلات شهر اصفهان به دست می‌آید.

• با مقایسه معادله حرارتی فضاهای باز شهر اصفهان با معادلات فضاهای بسته ایران، نتیجه گرفته می‌شود که کاربران در فضاهای باز نسبت به فضاهای بسته در دمای کمتری (حدود ۶/۰ درجه) به آسایش می‌رسند. بنابراین با در نظر گرفتن سازگاری و تطبیق افراد با شرایط فضای باز و همچنین انتظارات آن‌ها، این مسئله را می‌توان شاهدهی دیگر بر نظریه سازگاری دانست.

• در مجموع با توجه به معادله راحتی به دست آمده برای فضاهای باز شهر اصفهان و مقایسه آن با سایر معادلات فضای باز جهان و ایران، می‌توان این گونه بیان کرد که افراد در هر شهر و کشوری با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی، خود را با شرایط حرارتی آن منطقه سازگار می‌کنند.

جهت اثبات نظریه سازگاری در شهر اصفهان، نشانه‌های این نظریه در فضای باز محلات مطالعه و تحلیل شده که نتایج آن به طور خلاصه بیان می‌شود:

• با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته پیرامون دمای خنثی و متفاوت بودن این دما و حدود آسایش در محلات منتخب، می‌توان نتیجه گرفت که پروسه سازگاری کامل بوده و کاربران در محلات و شرایط مختلف نسبت به نوع ساختار و کالبد محل سکونت، شرایط فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی خود به آسایش حرارتی می‌رسند.

• با یافتن ارتباطی خطی و معنادار میان دمای خارج و دمای خنثی در فضای باز محلات شهر اصفهان، یکی دیگر از اصول نظریه سازگاری حرارتی اثبات می‌شود.

• با توجه به این که اصلی‌ترین یافته در نظریه سازگاری، وجود ارتباط مستقیم میان متوسط دمای ماهیانه با دمای خنثی بوده و مطالعات این بخش توانسته است که آن را تحت معادله فوق تایید کند، بنابراین نظریه سازگاری در این بخش نیز اثبات می‌شود.

نهایتاً معادله حرارتی برای شهر اصفهان جهت تعیین دمای راحتی کاربران در فضای باز محلات، به شرح زیر قابل ارائه است:

پی‌نوشت‌ها

بررسی میزان اثر و نقش پوشش گیاهی بر متغیرهای آسایش حرارتی فضای باز (مطالعه موردی: اقلیم گرم و خشک سیستان)، فصلنامه صفا، شماره ۷۵، صص ۴۱-۱۹.

داوطلب، جمشید (۱۳۹۷)، اثر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی فضای باز شهری (مطالعه موردی: منطقه سیستان)، رساله دکترا، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

ضابطیان، الهام و خیرالدین، رضا (۱۳۹۷)، مدل سازی سنجش ارتباط بین سازگاری روانی به منظور رسیدن به آسایش حرارتی با حس مکان در فضاهای شهری، نشریه مطالعات شهری، شماره ۲۸، صص ۹۰-۷۹.

معاونت برنامه ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان (۱۳۹۵)، اطلس کلان شهر اصفهان.

منعم، علیرضا (۱۳۹۰)، آسایش محیطی در فضاهای باز شهری (ارزیابی آسایش حرارتی در بوستان‌های منتخب شهر تهران)، رساله دکترا، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت تهران.

Aljawabra, F (2014), *Thermal comfort in outdoor urban spaces: the hot arid climate*, Doctoral thesis, Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath.

Bosselmann, P; Flores, J & O'Hare, T (1983), *Sun and light for downtown San Francisco*, University of California, Berkeley.

Carr, S (1992), *Public space*, Cambridge University Press, Cambridge; New York.

Gaspari, J & Fabbri, K (2017), A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration, *Energy Procedia*, 111, pp.500 – 509.

- 1 Carr.
- 2 Whyte.
- 3 Bosselmann et al.
- 4 Wuhan.
- 5 Oasis.
- 6 Mic-98583.
- 7 Mic-98620.

فهرست منابع

احمدپور کله‌رودی، نرگس؛ پورجعفر، محمدرضا؛ مهدوی نژاد؛ محمدجواد و یوسفیان، سمیرا (۱۳۹۶)، نقش و تاثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری (بررسی موردی: طراحی پیاده راه طمقچی‌ها در کاشان)، دوفصلنامه نامه معماری و شهرسازی، دوره ۹، شماره ۱۸، صص ۷۹-۵۹.

بقایی، پرهام (۱۳۹۳)، برهم کنش عوامل منظرپرداز در تحلیل شرایط حرارتی مسکن سنتی ایران (نمونه مورد بررسی خانه-های سنتی یزد)، پایان نامه دکترا، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

بقایی، پرهام؛ انصاری، مجتبی؛ بمانیان، محمدرضا و فیاض، ریما (۱۳۹۴)، محدوده آسایش حرارتی در فضای باز مسکونی سنتی شهر یزد، فصلنامه هویت شهر، شماره ۲۳، صص ۷۲-۵۹.

حیدری، شاهین (۱۳۹۳)، سازگاری حرارتی در معماری (نخستین قدم در صرفه جویی مصرف انرژی)، چاپ اول، دانشگاه تهران، تهران.

داوطلب، جمشید؛ حافظی، محمدرضا و ادیب، مرتضی (۱۳۹۵)،

- Nikolopoulou, M & Lykoudis, S (2006), Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries, *Building and Environment*, 41, pp.1455–1470.
- Nouri, A.S; Costa, J.P; Santamouris, M & Matzarakis, A (2018), Approaches to Outdoor Thermal Comfort Thresholds through Public Space Design: A Review, *Atmosphere*, 9 (108), pp.1–48.
- Peng, Ch; Ming, T; Cheng, J; Wu, Y & Peng, Zh.R (2015), Modeling Thermal Comfort and Optimizing Local Renewal Strategies—A Case Study of Dazhimen Neighborhood in Wuhan City, *Sustainability*, 7, pp.3109–3128.
- Ruiz, M. A & Correa N.E (2015), Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an Oasis city of arid climate, *Building and Environment*, 85, pp.40–51.
- Setaih, Kh; Hamza, N & Townshend, T (2013), Assessment of Outdoor Thermal Comfort in Urban Microclimate in Hot Arid Areas, *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Chambéry, France, August 26–28.
- Szűcs, A (2013), Wind comfort in public urban space – case study within Dublin Docklands, *Frontiers of Architectural Research*, 75, pp.50–66.
- Taleb, H & Taleb, D (2014), Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai, United Arab Emirates, *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, pp.253–260.
- Whyte, W.H (1980), *Social life of small urban spaces*, Conservation Foundation, Washington.
- Gehl, J (1996), *Life between buildings: using public space*, 3rd ed. ed., Arkitektens Forelag, Copenhagen.
- Inavonna, I; Hardiman I, G & Purnomo, A.B (2018), Outdoor thermal comfort and behaviour in urban area, *4th International Seminar on Sustainable Urban Development*.
- Kardinal Jusef, S & Ignatius, M, W.N. Hien (2016), Urban climatic mapping using prediction models for ambient temperature and outdoor thermal comfort: a Singapore case study, *4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island*, 30–31 May and 1 June 2016, National University of Singapore, Singapore.
- Kariminia, SH (2014), *Outdoor thermal comfort of open urban squares in moderate and dry climate*, PhD thesis, Universiti Teknologi MARA.
- Middel, A; Selover, N; Hagen, B & Chhetri, N (2016), Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona, *International Journal of Biometeorology*, 60, pp.1849–1861.
- Nasir, R.A; Ahmad, S.Sh & Ahmed, A.Z (2012), Psychological Adaptation of Outdoor Thermal Comfort in Shaded Green Spaces in Malaysia, *Social and Behavioral Sciences*, 68, pp.865–878.
- Nguyen, A.T; Singh, M.K & Reiter, S (2012), An Adaptive Thermal Comfort Model For Hot Humid Southeast Asia. *Building and Environment*, 56, pp.291–300.
- Nikolopoulou, M; Baker, N & Steemers, K (2001), Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Understanding the human parameter. *Solar Energy*, 703, pp.227–235.

Analysis of Adaptability Signs in the Thermal Comfort of Open Spaces* (Case Study: Isfahan Residential Neighborhoods)

*Fatemeh Alsadat Majidi¹, Shahin Heidari^{**2}*

¹ Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

² Professor, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

(Received 1 Dec 2018, Accepted 16 Mar 2019)

Adaptability in thermal comfort involves all the processes people are doing to adapt their environment and their needs. In other words, human beings themselves have changed the thermal environments as much as possible in order to achieve thermal comfort. On the other, Comfort in outdoor urban is one of the main factors of using these spaces by citizens and creating an appropriate environment for them through protecting against inappropriate climatic conditions is essential. Accordingly, the present paper tries to analyze the signs of adaptability in the thermal comfort of outdoor of residential neighborhoods in order to prove the adaptive theory in Isfahan city and finally to provide a thermal equation for determining the users comfort temperature in open spaces of residential neighborhoods. by reviewing the history of research done, it can be concluded that despite some research in this field, a research that systematically analyzes the signs of adaptive theory in the thermal comfort of open spaces in residential neighborhoods and then confirms or rejects the results and finally proves the adaptive theory has not been conducted. In addition, by the help of review of literature of researches, it can be concluded that despite the necessity and importance of thermal comfort in urban open spaces, the studies devoted to this issue are less than evaluation of the thermal comfort in buildings and closed spaces. This research, in the first step, requires a field study of environmental and personal variables and then the assessment of thermal comfort in the studied areas. This study, using case studies and field study, has dealt to collect climate variables and complete the questionnaire in four selected neighborhoods in winter and summer. In this regard, four neighborhoods of Ali Gholi Agha, Jolfa, Mardavij and

Dashtestan were examined and evaluated. Sample size includes residents and users of open spaces in selected neighborhoods. 100 questionnaires were used to survey 100 people in each field under the Nicol method Therefore, in this research, 800 residents and neighborhood users were selected as the sample size who randomly completed 800 questionnaires in four neighborhoods and in two cold and hot seasons. The results related to the analysis of the signs of adaptive theory including neutral temperature, outside temperature and neutral temperature ratios, monthly temperature average and neutral temperature, and comparison of the obtained equation with other equations in the studied neighborhoods indicate that the aforementioned theory was proved in Isfahan and can be generalized. Concerning this, two thermal equations are presented to determine the users comfort temperature in the open spaces of Isfahan neighborhoods. In these equations, with the average monthly temperature and outside temperature, the comfort temperature of the open space users of the neighborhoods of Isfahan is obtained. In general, according to the obtained equation for open spaces of Isfahan and its comparison with other equations of the open space of the world and Iran, it can be stated that people in each city and country according to their climatic, cultural and social conditions, adapt themselves to the thermal conditions of that area.

Keywords: Adaptive Theory, Thermal Comfort of Open Spaces, Neutral Temperature, Monthly Temperature Averages, Isfahan Residential Neighborhoods.

*This article is extracted from the first author's Ph.D. thesis entitled: "Presenting the Thermal Comfort Model in Public Open Spaces of Neighborhoods Based on Adaptive Theory (Case study: Selected New and Old Neighborhoods of Isfahan city)" under supervision of second author.

**Corresponding Author: Tel: (+98-21) 61112496, Fax: (+98-21) 66490161, E-mail: shheidari@ut.ac.ir.