دوفصل‌نامه علمی معماری و شهرسازی
۱۴۰۲ ۳ ۱

ارزیابی آسایش حرارتی ساکنین بناهای نوساز ناحیه کوهستانی اقلیم معتدل و مرطوب در تابستان (نمونه موردی: علی‌آباد کتول)

میلاد کریمی[۱]، شاهین حیدری[۲*]، سیدمجید مفیدی شمیرانی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.
[۲] استاد، گروه معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. نویسنده مسئول.
[۳] استادیار، گروه معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۱/۱۳

چکیده

در این مقاله به بررسی شرایط آسایش حرارتی افراد ساکن در بناهای نوساز در ناحیه کوهستانی علی آباد کتول می‌پردازیم، این منطقه در استان گلستان دارای شرایط اقلیمی خاص خود بوده و با توجه به قرارگیری در خطه جنوبی دریای خزر تحت تاثیر شرایط اقلیم معتدل و مرطوب نیز این ناحیه است. چهار ساختمان انتخاب شده در ناحیه کوهستانی ریگ چشمه واقع شده و در دو طبقه ساخته شده‌اند. این ساختمان‌ها فاقد سیستم‌های سرمایش مطبوع بوده و متاثر از معماری بومی منطقه دارای ایوان‌های وسیع در قسمت جنوبی و رو به دره می‌باشند. در این پژوهش با استفاده از پرسشنامه‌های تدوین شده به بررسی شرایط آسایشی افراد و اخذ نظرات آنها اقدام گردید. همچنین در زمان تکمیل پرسشنامه‌ها با استفاده از دو دیتالاگر، نسبت به ثبت دمای هوا و رطوبت نسبی محیط داخلی و خارجی اقدام شد. زمان اخذ نظرات و ثبت داده‌ها، از ساعت ۱۰ الی ۱۸ در تیرماه به مدت یک هفته بوده است. در نهایت با بررسی فاکتورهای گوناگون تاثیر گذار بر شرایط آسایشی افراد به تحلیل نتایج پرداخته شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده این موضوع بود که افرادی که برای مدت زمان بیشتری در این فضا زندگی نموده بودند با شرایط محیطی بیشتر خو گرفته بوده و عاملی مانند نرخ پوشش تاثیر چندانی بر آسایش یا عدم آسایش آنها نداشت. حداکثر عدم رضایت در بعد از ظهر اتفاق می‌افتاد که دمای بیشینه روز وجود داشته است و از دلایل عدم آسایش افراد می‌توان به وجود رطوبت نسبی بالا در محیط و کمبود تهویه طبیعی اشاره نمود. دمای خنثی برابر ۲۶.۱ درجه سانتیگراد با محدوده قابل قبول بین ۲۲.۹ تا ۲۹.۵ (برای آسایش ۹۰٪ از افراد) درجه سانتیگراد است و شیب رگرسیون برابر ۰.۳۲۹ برای این پژوهش بدست آمده است.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، اقلیم معتدل و مرطوب، سازگاری حرارتی، دمای خنثی، کیفیت محیط داخلی.

* نویسنده مسئول: E-mail: shheidari@ut.ac.ir

مقدمه

یکی از مهمترین کارکردها در معماری، مسکن است. از آنجا که مردم بیشتر وقت خود را در خانه می‌گذرانند، بنابراین ساختمان باید به گونه‌ای طراحی شود که در ابتدا آسایش حرارتی را برای ساکنان خود فراهم کنند (Daemei et al., 2018, 2097). انسان با ساخت سرپناه علاوه بر جستجوی امنیت به دنبال آسایش حرارتی و روانی نیز بوده است. این آسایش حرارتی تحت تاثیر عوامل گوناگونی است و محققان در طول سالیان گذشته به دنبال تعریف هرچه مناسب‌تر آسایش حرارتی و تعیین شیوه‌های دستیابی به آن بوده‌اند. در راستای دستیابی به این آسایش حرارتی انسان باید در محیط حرارتی خود به تعادل حرارتی دست یابد. بدن انسان به وسیله غذایی که مصرف می‌کند و به نسبت فعالیتی که دارد، به میزان مختلفی انرژی تولید می‌کند. وقتی بدن در حال فعالیت است، فقط مقدار کمی از این انرژی صرف کارهای مکانیکی شده، بقیه به حرارت تبدیل می‌شود (کسمائی، ۱۳۸۲، ۱۳). پوردیهیمی اشاره می‌کند؛ "وقتی نیاز سرپناه و امنیت برطرف شود، نیاز اصلی دیگر، آسایش در محیط‌های داخلی فضاهای زندگی است که باید رفع گردد در حالی که به نظر می‌رسد که فراهم کردن آسایش موضوع ساده‌ای است، اما در عمل عوامل بسیاری بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارند، بنابراین یکی از معیارهای اصلی در ساختمان‌ها و سیستم‌های سرویس‌دهنده ساختمانی، ایجاد و حفظ آسایش محیطی است زیرا دستیابی به محیطی مناسب و مطلوب هدف اصلی طراحان است" (پوردیهیمی، ۱۳۹۰، ۱۰۰). آسایش حرارتی، شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد. آسایش حرارتی با احساس رضایت و خشنودی از دمای اطراف تعریف می‌شود. میزان فعالیت بدنی و لباس، عوامل اقلیمی مانند دمای هوا و سرعت حرکت هوا و رطوبت هوا، پارامترهای اساسی تاثیرگذار در مطلوب بودن حرارت برای بشر هستند. نامطلوب بودن شرایط منجر به احساس شدید گرما و سرما در اکثر افراد می‌شود (قیابکلو، ۱۳۸۹، ۱۱۱). می‌توان گفت آسایش حرارتی، رضایتمندی از حرارت محیط است، به نحوی که افراد احساس سردی و گرمی نکنند. راحتی وقتی اتفاق می‌افتد که دمای بدن در دامنه‌ای محدود و پوست کم نم باشد تا تلاش های فیزیولوژیکی انسانی برای غلبه بر گرما یا سرما به حداقل ممکن برسد. اشری، محدوده آسایش را چنین تعریف می‌کند: راهنمای قابل قبول از ویژگی حرارتی داخل فضا، برای بیشترین افراد مستقر در آن به کمک متغیرهایی چون دما، تابش، جریان هوا و رطوبت معرفی می‌شود. اشری این ویژگی را برای افرادی تعریف می‌کند که به حالت نشسته با نرخ لباس مناسب در فضا قرار دارند (حیدری، ۱۳۹۳،۴-۶). حیدری در ادامه ذکر می‌کند؛ "آسایش حرارتی با تعادل حرارتی بدن انسان ارتباط مستقیمی دارد. بدن، دمای داخلی خود را در حدود ۳۷ درجه سانتیگراد و دمای پوست را در حدود ۳۴ درجه سانتیگراد حفظ می‌کند. هر عاملی که سبب به هم خوردن این نظم دمایی شود، آسایش فرد را بر هم زده که در این شرایط بدن به کمک سیستم کنترلی سعی در مبارزه با آن دارد" (حیدری، ۱۳۹۳، ۱۳). طبق توصیه‌های دانشمندان و پیشنهاد چندین استاندارد، دمای داخلی بهتر است بین ۲۰ درجه سانتیگراد تا ۲۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی داخلی بین ۳۰ تا ۶۰ درصد نگه داشته شود (Mlakar & Štrancar, 2013, 185). تعریف آسایش حرارتی از نظر انجمن مهندسان تاسیسات حرارتی و برودتی آمریکا، حالتی از رضایت ذهنی انسان‌هاست که بر اساس آن ترجیح می‌دهند محیط نه گرم‌تر و نه خنک‌تر باشد (پوردیهیمی، ۱۳۹۰، ۱۰۱). قیابکلو بیان می‌کند؛ "بطور کلی طبق استاندارد CISBE دمای آسایش در زمستان بین ۱۸ الی ۲۳ درجه سانتیگراد و در تابستان زیر ۲۸ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می‌شود" (قیابکلو، ۱۳۹۲، ۱۷۲). می‌توان گفت که آسایش حرارتی یکی از نیازهای اساسی جسمی و

بیولوژیکی است (Elaiab, 2014, 43). پراکش و راویکومار نیز آسایش حرارتی را چنین تعریف می‌کنند؛ "آسایش حرارتی حالت روحی است که رضایت از محیط حرارتی را نشان می‌دهد. آسایش حرارتی می‌تواند با اتلاف گرمای حاصل از بدن به دلیل فعالیت متابولیکی در محیط حفظ شده و از این طریق تعادل حرارتی با محیط اطراف حفظ گردد. آسایش حرارتی داخل ساختمان را می‌توان با تهیه تهویه مناسب حفظ کرد که به نوبه خود به عوامل زیادی مانند نیروی باد، درجه حرارت در فضای باز، توپوگرافی اطراف ساختمان، ارتفاع، شکل، جهت‌گیری، نوع باز شدن پنجره، اندازه و موقعیت آن بستگی دارد" (Prakash & Ravikumar, 2015, 43). لیمب (۱۹۹۲) آسایش حرارتی را شرط رضایت ابراز شده توسط ساکنین در ساختمان به محیط حرارتی خود، تعریف کرده است (Elaiab, 2014, 41). در این پژوهش به بررسی آسایش حرارتی افراد در ساختمان‌ها تازه ساخته شده در منطقه ریگ چشمه در علی آباد کتول می‌پردازیم. هدف از این پژوهش بررسی میزان انطباق‌پذیری افراد با اقلیم و بررسی آسایش حرارتی افراد در شرایط حاد حرارتی در ماه‌های گرم سال است تا عوامل موثر متفاوت بر آن نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

پیشینه پژوهش

آسایش حرارتی انسان در محیط‌های داخلی می‌تواند با عوامل مختلفی مانند درجه حرارت هوا، رطوبت، میانگین دمای تابشی، فعالیت متابولیکی و پوشاک مرتبط باشد اما همه این عوامل با مکانیسم کنترل عروق بدن انسان در ارتباط می‌باشند (Košir, 2016, 107). کسمایی در این مورد اضافه می‌کند؛ "ایجاد تعادل حرارتی بین بدن و محیط اطراف، از جمله نیازهای اولیه برای تامین سلامتی و آسایش انسان است. برای برقراری این تعادل، علی‌رغم تغییرات زیاد درجه حرارت هوای اطراف بدن، دمای پوست باید ثابت بماند یا فقط به میزان بسیار کمی تغییر کند. ایجاد چنین تعادلی به ترکیب عوامل مختلفی بستگی دارد" (کسمائی, ۱۳۸۲، ۱۳). بررسی‌های آسایش حرارتی که توسط حیدری در ایران انجام شده است نشان داد که مردم در طی فصل گرم، در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد، هنگامی که میانگین دمای بیرون هوا در حدود ۳۰.۲ درجه سانتیگراد راحت بودند و در فصل سرد سال در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد هنگامی که متوسط دما در فضای باز ۲۰.۲ درجه سانتیگراد بوده، آسوده بودند (Karyono et al., 2015, 929). پژوهش‌هایی که به منظور بررسی آسایش حرارتی انجام شده‌اند نشان می‌دهند که احساس آسایش فقط با فیزیولوژی انسان و ساز و کار دفع حرارت از بدن او ارتباط ندارد، بلکه به عوامل اجتماعی و عکس العمل‌های روان‌شناسی او نسبت به محیط نیز وابسته است (پوردیهیمی, ۱۳۹۰، ۱۲۴). در مورد آسایش حرارتی، مطالعات بسیاری تحت شرایط گوناگونی صورت گرفته است که بصورت خلاصه به بعضی از آنها در ادامه اشاره می‌شود.

مطالعه انجام شده توسط آرنز و همکاران در مورد آسایش حرارتی در شرایط رطوبت نسبی بالا نشان داد که هیچ تفاوت روانشناختی یا فیزیولوژیکی قابل توجهی در پاسخ افرادی که در معرض رطوبت نسبی ۶۰ تا ۹۰ درصد در محدوده درجه حرارت از ۲۰ درجه سانتیگراد تا ۲۶ درجه سانتیگراد در حالی که کم تحرک است، وجود ندارد (James & Christian, 2012, 536). مطالعه آسایش حرارتی که در ماه‌های خشک و بارانی توسط آکند و آدبامو در باوچی نیجریه شمالی انجام گرفت، نشان داد که در فصل خشک، با داشتن درجه حرارت زیاد در فضای باز، مردم در یک دمای بالاتر نسبت به فصل بارانی با یک دمای خارجی پایین‌تر، احساس آسایش بیشتری می‌کنند. در فصل خشک، هنگامی که میانگین دمای هوای بیرون ۳۵.۷ درجه سانتیگراد بود، افراد در دمای ۲۸/۴ درجه سانتیگراد آسوده بودند، در حالی که در فصل بارندگی، هنگامی که میانگین دمای هوا، ۲۲.۱ درجه سانتیگراد بود، افراد در دمای ۲۵.۴ درجه سانتیگراد راحت بودند (Karyono et al., 2015, 929). مطالعات صورت گرفته توسط هامفریس و

نیکول نشان داد که بین دمای آسایش و میانگین دمای فضای بیرون ارتباط وجود دارد. هامفریس رابطه خطی بین دمای آسایش و میانگین دمای فضای بیرون برای ساختمان‌های تهویه طبیعی شده را به دست آورد:

$$T_c = 0.534T_o + 12.9$$

فرمول ۱. رابطه خطی بین دمای آسایش و میانگین دمای فضای بیرون برای ساختمان‌های تهویه طبیعی شده (Karyono et al., 2015,920)

در این معادله، T_c دمای آسایش و T_o دمای متوسط در فضای باز است. این معادله نشان می‌دهد که میانگین درجه حرارت بالاتر در فضای باز، باعث افزایش دمای آسایش بیشتر افراد در هر مکان مشخص می‌گردد (Karyono et al., 2015,920). نیکول و هامفریس (۲۰۰۲) خاطر نشان کردند که منطقه آسایش برای تهویه طبیعی می‌تواند در۲± درجه سانتیگراد اطراف دمای منطقه باشد در شرایطی که احتمال تغییر لباس یا فعالیت کم باشد و جابجایی زیادی در هوا صورت نگیرد (Liping & Wong, 2007,232). هوپ مطالعه‌ای انجام داد که در آن صرفا با اعلام درجه حرارت بالاتر از آنچه واقعا وجود دارد باعث می‌شود که ساکنین احساس گرما کنند (Wang & Liu, 2020, 2). محققان دیگری مانند ایوانز (۱۹۸۰)، لیمب (۱۹۹۲)، اشری (۱۹۹۷) و اسزوکولای (۲۰۰۸)، متغیرهایی را که بر آسایش حرارتی تاثیر می‌گذارند، در جدول ۱ طبقه‌بندی کرده‌اند. ایلاب ذکر می‌کند که این عوامل باید در مرحله طراحی اولیه ساختمان در نظر گرفته شوند زیرا هر ساختمان درجه آسایش خود را می‌طلبد (Elaiab, 2014, 42).

جدول ۱. فاکتورهای آسایش بر اساس تحقیقات اسزوکولای و اشری (Elaiab, 2014, 42)

عوامل محیطی	عوامل شخصی	عوامل موثر دیگر
دمای هوا، حرکت هوا، رطوبت و تشعشع	نرخ متابولیک (فعالیت)، پوشش، وضعیت سلامتی و سازگاری	غذا و نوشیدنی، وضعیت فیزیکی، چربی زیر پوستی، سن و جنسیت

در مطالعات صورت گرفته پیرامون نرخ فعالیت، ثابت شده که میزان سوخت و ساز مردان و زنان برای فعالیتی مشخص تا حدودی تفاوت دارد. سوخت و ساز تابع سن نیز هست. در سه دامنه سنی جوان، میانسال و مسن، حدود ۵ درصد افزایش و کاهش برای افراد جوان و مسن به نسبت افراد میانسال وجود دارد (حیدری, ۱۳۹۳، ۱۷). در مورد تاثیر جنسیت، مطالعاتی که در دانشگاه ایالتی کانزاس و دانشگاه صنعتی دانمارک انجام گرفت، نشان داد که تفاوت چندانی بین دو جنس مونث و مذکر در احساس آسایش حرارتی وجود ندارد. اگرچه درجه حرارت پوستی در خانم ها اندکی کمتر از آقایان است، اما این مسئله با کاهش تعرق جبران می‌شود (قیابکلو, ۱۳۸۹، ۱۱۹). مطالعات انجام شده در مورد آسایش حرارتی نشان داد که هم محیط داخل و هم محیط بیرون از طریق سازگاری حرارتی تأثیر معناداری بر آسایش حرارتی افراد دارند. تغییر پارادایم، از قطعیت مدل آسایش حرارتی فنگر تا پذیرش مدل آسایش تطبیقی، طی سال‌های اخیر اتفاق افتاده است. هامفریس، اولین مطالعات میدانی آسایش حرارتی را انجام داد و از یک مدل سازگار برای توضیح آسایش حرارتی استفاده کرد. دی دیر و همکاران یک مدل سازگاری حرارتی را به شکلی منظم‌تر و مبتنی بر اطلاعات جهانی از مطالعات تجربی آسایش حرارتی پیشنهاد دادند. مک کارنی و نیکول مطالعات میدانی آسایش حرارتی را در اروپا انجام دادند و الگوریتم کنترل تطبیقی را پیشنهاد کردند. بسیاری از مطالعات میدانی آسایش حرارتی با تمرکز بر آسایش حرارتی تطبیقی در سراسر جهان، به ویژه در اروپا، آمریکا، استرالیا، ژاپن و سایر نقاط انجام گرفته است (Wu et al., 2019, 56). استاندارد ۷۷۳۰، روشی برای ارزیابی محیط-های حرارتی با استفاده از شاخص PMV/PPD ارائه می‌دهد و همچنین شامل برخی معیارها برای آسایش موضعی

است. PMV با استفاده از دما، میانگین دمای تابشی، رطوبت و سرعت هوای محیط به عنوان پایه محاسبه می‌شود، این مقیاس حرارتی که محدوده ۳- تا ۳+ است که از ۰ (خنثی) در هر جهت منحرف می‌شود، توسط فنگر (۱۹۷۰) توسعه یافته و بعدا به عنوان یک استاندارد ایزو استفاده شده است (Elaiab, 2014, 55). استاندارد ۷۷۳۰ پاسخ افراد را در مقیاس اشری در دماهای بالا بیش از حد ارزیابی کرده و آن را در دماهای پایین دست کم می‌گیرد (Liping & Wong, 2007, 226). در مورد استاندارد اشری ۵۵، دی دیر و برگر اظهار می‌کنند؛ "هدف استاندارد اشری ۵۵، شرایط محیطی حرارتی برای انسان، مشخص کردن عوامل محیط داخلی و عوامل شخصی است که باعث ایجاد شرایط حرارتی محیطی قابل قبول برای ۸۰٪ یا بیشتر از ساکنین در یک فضا می‌شود" (de Dear & Brager, 2002, 549). استانداردهای بین‌المللی به مانند اشری، طیف قابل قبول رطوبت نسبی در ساختمان‌ها را در محدوده ۶۰٪ الی ۸۰٪ تعیین کرده‌اند (Chowdhury et al., 2009, 1). در مورد اثر رطوبت بر آسایش حرارتی نسبی پوردیهیمی ذکر می‌کند: "تاثیرات رطوبت نسبی بر آسایش بطور معمول از دمای ۲۳ درجه سانتیگراد به بالا خود را ظاهر می سازند" (پوردیهیمی, ۱۳۹۰، ۱۰۰). قیابکلو اضافه می‌کند؛ "رطوبت نسبی کمتر از ٪۲۵ موجب احساس خشکی بیش از حد و رطوبت نسبی بیش از ۷۵٪ موجب احساس نمناکی بیش از حد هوا می‌گردد" (قیابکلو, ۱۳۸۹، ۱۱۶). قیابکلو در مورد تأثیر جریان هوا در محیط گرم نیز ذکر می‌کند؛ "در یک محیط گرم، جریان هوا با سرعت یک متر بر ثانیه خوشایند بوده و تا ۱.۵ متر بر ثانیه ممکن است قابل قبول باشد ولی نباید بطور کلی بیش از ۲ متر بر ثانیه باشد (قیابکلو, ۱۳۸۹، ۱۱۶). اولسمینو نشان داد که در شرایط گرم، افراد تا یک متر بر ثانیه از جریان هوا را می‌پذیرند. او بر این نکته اذعان دارد که حتی در شرایط سرد، افراد علاقمند به حد جریان هوایی معادل یا کمتر از ۰.۱ متر بر ثانیه هستند. نیکل اعتقاد دارد که می‌توان گفت هر یک متر بر ثانیه جریان هوا قدرت کاهش سه درجه دمای در معرض فرد را داشته باشد (حیدری, ۱۳۹۳، ۴۳). مطالعات متعدد نشان داده است که در شرایط آب و هوایی گرم‌تر، ساکنین سرعت هوای نسبتا بالایی را قبول می‌کنند (De Freitas et al., 2018, 70). برای ساختمان‌هایی که در تابستان‌ها بصورت طبیعی تهویه می‌گردند، معیارهای تطبیقی نشان می‌دهند که در داخل فضاها بطور معمول دمای بالاتری مقبول قرار می‌گیرد. جریان داشتن هوا در داخل فضاهای بسته برای فراهم کردن آسایش ضروری است. برای فراهم کردن آسایش، جهت حرکت و سرعت هوا تاثیرگذار خواهند بود. اغلب محدوده سرعت هوای مطلوب در فضاهای داخلی بین ۰.۱ تا ۰.۳ متر در ثانیه است (پوردیهیمی, ۱۳۹۰، ۱۲۹). دی دیر و برگر معتقد بودند که درک حرارتی کسانی که در ساختمان‌هایی با تهویه طبیعی زندگی می‌کنند و یا در آنجا کار می‌کنند (هم ترجیح حرارتی و هم تحمل)، احتمالا در طیف وسیع‌تری از دما که در در منطقه آسایش قدیمی استاندارد اشری ۵۵ منعکس شده است، قرار دارد (Liping & Wong, 2007, 226). استاندارد سازگاری جدید اشری که توسط دی دیر و برگر تهیه شده است، براساس داده‌های تجزیه و تحلیل مجدد در مطالعات آسایش حرارتی در سراسر جهان نشان می‌دهد که درجه آسایش حرارتی، تمایل به ارتباط با میانگین دمای ماهانه در هر مکان معین دارد. افرادی که در دمای محیطی بالاتر زندگی می‌کنند نسبت به افرادی که در دمای محیطی کمتری زندگی می‌کنند، دارای درجه آسایش حرارتی بیشتری هستند (Karyono et al., 2015, 920). ایزدیار و همکاران در مورد استانداردهای آسایش حرارتی اظهار دارند؛ "اگرچه رویکرد فنگر از نظر برخی به عنوان ابزاری مناسب برای ارزیابی احساس حرارتی تلقی می‌شود اما در برخی مطالعات مشخص شد که این شاخص‌ها همیشه در پیش‌بینی احساس گرما در آب و هوای شدید، مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. برخی همچنین اظهار داشتند که رویکرد فنگر به دلیل الگوهای رفتاری غیرقابل پیش بینی، ابزار مناسبی برای ارزیابی احساس حرارتی در ساختمان‌های مسکونی

نیست"(Izadyar et al., 2020, 6). مقایسه بین مقیاس‌های مختلف احساس حرارتی بر اساس تحقیقات افراد و استاندارد های گوناگون در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۲. مقایسه مقیاس احساس حرارتی در تحقیقات مختلف (Elaiab, 2014, 52)

	دردناک	خیلی داغ	داغ	گرم	کمی گرم	خنثی	کمی خنک	خنک	سرد	خیلی سرد
اشری	-	-	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	-
فنگر	-	-	+۳	+۲	+۱	۰	-۱	-۲	-۳	-
رولز و نوینز	+۵	+۴	+۳	+۲	+۱	۰	-۱	-۲	-۳	-۴
مدل عدم آسایش گگ	+۵	+۴	+۳	+۲	+۱	۰.۵	-۱	-۲	-۳	-۴
دمای موثر استاندارد	-	۳۷.۵	-۳۴.۵ ۳۷.۵	-۳۰ ۳۴.۵	-۲۵.۶ ۳۰	-۲۲.۲ ۲۵.۶	-۱۷.۵ ۲۲.۲	-۱۴.۵ ۱۷.۵	-۱۰ ۱۴.۵	-

در مورد آسایش تطبیقی نیز می‌توان گفت که، سازگاری روانشناختی شامل اثرات متغیرهای شناختی و فرهنگی و میزان تغییر عادت و انتظار در درک حرارتی را توصیف می‌کند. دی دیر و برگر در مورد آسایش تطبیقی اظهار می‌کنند که؛ "سازگاری حرارتی را می‌توان به عنوان کاهش تدریجی واکنش ارگانیسمی به تحریک مکرر محیطی تعریف کرد". این دو محقق نتیجه می‌گیرند، رضایت از طریق سازگاری مناسب با محیط آب و هوایی داخلی صورت می‌گیرد (Dear & Brager, 1998, 2). ایلاب ذکر می‌کند؛ "اصل سازگاری نشان می‌دهد که افراد با شرایط جوی خاصی سازگار می شوند. اصل سازگاری با مطالعات میدانی در بسیاری از محیط‌های مختلف پشتیبانی می‌شود و از این مطالعات میدانی جهانی در مورد درجه‌بندی درجه حرارت و درجه حرارت آسایش، هامفریس دریافت که درجه حرارت آسایش بین گروه‌های مختلف افراد متفاوت است. او بسیاری از مطالعات تکمیل شده در مورد آسایش را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است و نشان داده است که ارزش نمادین نواحی آسایش از ۱۷ درجه سانتیگراد در انگلیس تا ۳۰ درجه سانتیگراد در عراق و هند است. نیکول و هامفریس همچنین نتیجه گرفتند که افراد با فرصت بیشتر برای انطباق خود با محیط، کمتر دچار عدم آسایش می‌شوند. از آنجا که مدل‌های تطبیقی عمدتا بر رفتار انسان و شرایط آب و هوایی خارج از کشور بنا شده‌اند، آنها معمولاً بر اساس بررسی‌های گسترده از آسایش حرارتی در طیف گسترده‌ای از ساختمان‌ها، اقلیم‌ها و فرهنگ‌ها صورت می‌گیرند. به طور کلی، مدل تطبیقی در واقع یک معادله رگرسیون است که دمای مورد نظر را در داخل خانه با دمای متوسط ماهانه در خارج از خانه ارتباط می‌دهد. تنها متغیر ورودی استفاده شده، میانگین درجه حرارت در فضای باز است که تاثیر غیرمستقیم بر تعادل حرارتی انسان دارد. در نتیجه، مدل تطبیقی شش پارامتر حرارتی کلاسیک را شامل نمی‌شود که بر تعادل حرارتی انسان و در نتیجه بر حس گرما تاثیر داشته باشد" (Elaiab, 2014, 51). بر طبق تحقیقات لیپینگ و همکاران، در شرایطی که امکان تغییر لباس یا فعالیت وجود نداشته باشد و در جایی که نمی‌توان از حرکت هوا استفاده کرد، منطقه آسایش ممکن است به اندازه ۲ درجه سانتیگراد بیشتر یا کمتر، متغیر باشد. در شرایطی که این فرصت‌های تطبیقی در دسترس و مناسب باشد، منطقه آسایش ممکن است به طور قابل توجهی گسترده‌تر باشد (Liping & Wong, 2007, 226). در مشاهداتی که توسط قراب و بوودن انجام شده است. تعداد کل افراد مورد مطالعه ۲۰۰ نفر از ساکنین بود که در پنج شهر تونس سکنا پذیرفته بودند. هر خانه یک بار در هر ماه از سال بازدید شده است. نتایج این مطالعه بدین‌گونه بود که در پاییز، افراد پس از تجربه سه ماه تابستان به درجه حرارت بالا عادت کرده‌اند.

همچنین، در پاییز، نرخ لباس افراد نسبت به بهار پایین‌تر است (Elaiab, 2014, 15). کاریونو در کنار مطالعه مصرف انرژی ساختمان در جاکارتا، اندونزی، بر روی هفت ساختمان چند طبقه با سیستم‌های خنک کننده مختلف، یک مطالعه میدانی از آسایش حرارتی انجام داد. این مطالعه شامل برخی متغیرهایی مانند سن، جنس و تناسب اندام است که ممکن است بر آسایش افراد تاثیر بگذارد. این مطالعه به این نتیجه می‌رسد که تفاوت در متغیرهای افراد از جمله سن، سابقه و غیره، اختلاف بسیار اندکی را نشان می‌دهد (Elaiab, 2014, 16). نیکول با هدف ایجاد منطقه آسایش برای پاکستان چندین نظرسنجی را در شرایط مختلف آب و هوایی انجام داده است. اولین نظرسنجی وی در سال ۱۹۹۵م. انجام شد، جایی که او با استفاده از این معادله رابطه‌ای بین دمای آسایش حرارتی و دمای فضای باز برقرار کرد:

$$T_c = 0.38T_o + 17.0$$

فرمول ۲. رابطه بین دمای آسایش و دمای فضای باز (Elaiab, 2014, 17)

او همچنین در سال ۱۹۹۹ م. برای بررسی مجدد معادله قبلی، دومین نظرسنجی را انجام داد، این بار او یک رگرسیون دوم پیدا کرد که توسط فرمول زیر ارائه شد:

$$T_c = 0.36T_o + 18.5$$

فرمول ۳. معادله اصلاح شده رابطه بین دمای آسایش و دمای فضای باز (Elaiab, 2014, 17)

این روابط به وضوح نشان می‌دهند که درجه حرارت آسایش با درجه حرارت در فضای باز و به همین ترتیب با آب و هوا مرتبط است و تفاوت بین این روابط تایید می‌کند که هیچ درجه حرارت آسایشی جهانی وجود ندارد. هر جامعه باید با توجه به آب و هوای خود، درک خود را از آسایش حرارتی داشته باشد (Elaiab, 2014, 17). مطالعه‌ای در مورد طراحی تهویه طبیعی خانه‌ها در تایلند انجام گردید تا ارزیابی شود که چه میزان هوا، اندازه بازشو، شکل و جهت‌گیری خانه‌ها در آب و هوای تایلند برای دستیابی به آسایش حرارتی مورد نیاز است. نتایج نشان داد که سرعت هوای داخل خانه با حداقل ۰.۰۴ متر بر ثانیه می‌تواند آسایش حرارتی داخلی را بهبود بخشد (Aflaki et al., 2015, 156). استاندارد ایزو ۷۷۳۰ ذکر می‌کند که سرعت هوای بالا باید تحت کنترل مستقیم ساکنین باشد و در شرایط بالاتر از ۰/۱۵ متر در ثانیه قابل تنظیم باشد (ISO, 2005, 12). لوو و همکاران دریافتند که این امکان وجود دارد که افراد در شرایط گرم ۲۸ الی ۳۰ درجه سانتیگراد از نظر آسایشی در حالتی که سرعت جریان هوا بترتیب از ۰.۴ الی ۰.۶ متر بر ثانیه الی ۰.۷ الی ۰.۹ متر بر ثانیه است، آسوده باقی بمانند (Zhang et al., 2020, 10).

براساس مطالعه ۲۰۹ خانوار یکسان در دانمارک، اندرسن و همکاران نشان دادند که بین رفتارهای ساکنین بین سکونتگاه‌های فردی تفاوت های زیادی وجود دارد (Markovic et al., 2018, 320). در پژوهش لیپینگ و وانگ ذکر شده است؛ "انتظارات آسایش حرارتی یک جمعیت گرمسیری و مردم ساکن آب و هوای معتدل یا سرد متفاوت است". نیکول و هامفریس در مطالعات میدانی در انگلستان، هند، عراق و سنگاپور نتیجه گرفتند که دمای بسیار بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد در بعضی موارد ناراحت کننده تلقی نمی‌شود (Liping & Wong, 2007, 225). سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی ایران به ترتیب ۲۰-۲۳ و ۲۴-۲۸ درجه سانتیگراد را برای دامنه آسایش حرارتی در زمستان و تابستان تعریف می‌کند (Yousefi et al., 2017, 187). خلاصه نتایج حاصل از بررسی تحقیقات صورت گرفته حاکی از آن است که بدن انسان با قرار گرفتن در شرایط اقلیمی جدید پس از اندک زمانی می‌تواند خود را سازگار ساخته و معیارهای حرارتی خویش را تغییر دهد و شرایط مختلف می‌تواند بر آسایش حرارتی ساکنین یک فضا تاثیر بگذارد، این عوامل دامنه وسیعی از فاکتورهای گوناگون را شامل می‌شود.

معرفی محل پژوهش

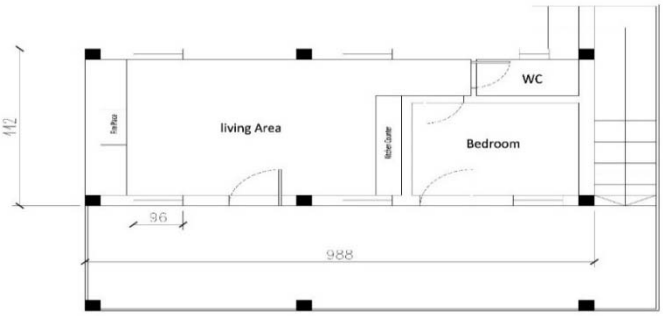
گلستان در منطقه معتدل و مرطوب سواحل دریای خزر قرار گرفته است. هرچه بیشتر در سواحل جنوبی دریای خزر به سمت شرق حرکت کنیم، رطوبت و بارندگی کمتر می‌شود. در این منطقه، میانگین دما در تابستان بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد و در زمستان، ۰ تا ۵ درجه سانتیگراد است (Soltanzadeh & Ghaseminia, 2016, 54). گلستان دارای سه منطقه مختلف آب و هوایی است که این مناطق شامل دشت گرگان، مناطق حاشیه کوه و منطقه کوهستانی است. منطقه مورد نظر در این پژوهش در ناحیه کوهستانی واقع شده است. این منطقه در امتداد کوه-های البرز، از غرب به شرق واقع شده است و به تدریج به سمت شمال شرقی در جایی که ارتفاع کم است متمایل می‌گردد. مناطقی با ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر، دارای آب و هوای معتدل و مرطوب بوده و با جنگل‌ها احاطه شده است. در مناطقی با ارتفاع ۱۰۰۰ متر و بیشتر، تراکم جنگل و رطوبت هوا به تدریج کاهش می‌یابد. در زمستان به دلیل وزش باد سیبری در کوهستان، تراکم ابرها، میزان بارش برف و باران در این آب و هوا افزایش می‌یابد و هوا بسیار سرد می‌شود، در حالی که در تابستان معتدل است. در مطالعات موردی منطقه کوهستانی در گرگان، با هوای معتدل و رطوبت کم، از مصالح سنگین در دیوارها استفاده شده است. سقف‌ها از تخته‌های چوبی و تزئینات از چوب ساخته شده‌اند (Soltanzadeh & Ghaseminia, 2016, 63). سلطان زاده و همکاران ذکر می‌کنند؛ "در نمونه‌های مورد مطالعه منطقه کوهستانی، با دمای کمتر و زمستان‌های سرد، ارتفاع ساختمان‌ها کمتر است و برای استفاده بیشتر از گرمای خورشید، تاکید بیشتر بر روی سازه‌های عظیم و مصالح با ظرفیت حرارتی بالاتر است. در این واحدها، نسبت طول به عرض افزایش یافته است. از طرف دیگر، عرض سایه و ایوان‌ها و همچنین مناطقی از دهانه‌ها تا حد زیادی کاهش یافته است. علاوه بر این، جهت‌دهی به دهانه‌های شمالی و شرقی و وضعیت قطعات مسکونی در طبقه فوقانی، امکان تهویه بهتر در ماه‌های گرم را فراهم می‌کند" (Soltanzadeh & Ghaseminia, 2016, 63-64). بر اساس شرایط اقلیمی موجود در استان، منطقه علی‌آباد کتول با اقلیم CS برای انجام مطالعات تجربی انتخاب گردید. در علی‌آباد کتول بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی بخش‌های مختلف استان گلستان، حداقل بارش مرطوب‌ترین ماه سال بیشتر از سه برابر خشک‌ترین ماه سال است و بارش خشک‌ترین ماه سال کمتر از ۳۰ میلیمتر است (پناهی, ۱۳۹۲). در این ناحیه علاوه بر رطوبت بالای هوا، دمای هوا در ماه‌های گرم سال، بالاتر از ۳۳ درجه سانتیگراد بوده و حتی موجب عدم آسایش افرادی می‌شود که با شرایط اقلیمی آنجا خو گرفته‌اند. وجود نسیم‌های کوهستانی در این ناحیه موجب می‌شود تا رطوبت بسیار بالا بر روی بدن افراد تبخیر شده و سبب آسایش حرارتی آن‌ها گردد و در زمان‌هایی که این نسیم وجود ندارد افراد دچار عدم رضایت حرارتی می‌گردند.

ساختمان‌های انتخاب شده در مجموعه‌ای متشکل از چهار ساختمان همسان به عنوان یک مجموعه بوم‌گردی قرار گرفته و ساختمان‌ها رو به جنوب و دارای ایوان‌های وسیعی در قسمت جنوبی می‌باشند. این مجموعه در ریگ چشم علی‌آباد کتول در منطقه کوهستانی گلستان واقع گردیده است. با توجه به اینکه تمامی ساختمان‌های جدید ساخته شده در این منطقه از نظر روش‌ها و مصالح ساختمانی تقریبا با این ساختمان‌ها برابری می‌کردند و اکثر این سازه‌ها دارای پلان‌های تقریبا یکسانی بودند، این ساختمان به عنوان محل پژوهش انتخاب گردید. ساختمان نمونه دو طبقه بوده و طبقه پایین به عنوان انبار در معماری بومی این اقلیم استفاده می‌گردد. ساختمان‌های سنتی موجود در اقلیم همچنان بافت سنتی خود را حفظ کرده و سیستم ساخت آن بصورت شموشه بافی است یعنی با استفاده از ترکه-های چوبی و در هم تنیدن سرشاخه‌های درختان جنگلی اقدام به ساخت جداره و دور ستون‌های چوبی کرده و

سپس آن را با کاهگل پوشانیده و در مرحله پایانی با گل کبود رنگ (گهو گل) رویه آن را می‌پوشانند. ساختمان مورد نظر از جریان‌های هوای طبیعی در جهت رو به جنوب برخوردار بوده و با توجه به قرارگیری در ارتفاعات از نسیم کوهستانی نیز برخوردار می‌باشد. در تصویر ۱، نمونه ساختمان‌های موجود در اقلیم با شیوه ساخت سنتی و مدرن نمایش داده شده است. در تصویر ۲، ساختمان انتخاب شده برای این پژوهش و مجموعه ساختمان‌های بومگردی نمایش داده شده و در تصویر ۳، پلان ساختمان نمونه نمایش داده شده است.

تصویر ۱. تصویر ساختمان با شیوه ساخت مدرن و سنتی در اقلیم (نگارندگان)

تصویر ۲. ساختمان اقامتگاه بومگردی واقع در ریگ چشمه (نگارندگان)



تصویر ۳. پلان ساختمان مورد مطالعه (نگارندگان)

همانطور که در پلان ساختمان نمایش داده شده، این ساختمان یک خوابه و دارای یک سرویس بهداشتی است و دارای شش بازشو است. ساختمان در دو طبقه ساخته شده و طبقه دوم در ارتفاع ۳ متری نسبت به زمین قرار گرفته است و زیربنای هر طبقه برابر با ۴۵ متر مربع می باشد و در قسمت جنوبی بنا، ایوانی سرتاسری به عرض ۲.۹۵ متر و طول ۱۰ متر قرار دارد که ورودی اصلی واحدها از این فضا می‌باشد و بیشتر بازشو های اصلی بنا به این قسمت باز می‌گردند. ساختمان‌ها بر پایه نقشه ساختمان‌های بومی منطقه اما با شیوه ساخت بروز ساخته گردیده‌اند. بین فضای سقف اصلی و بام شیروانی نیز فضای خالی قرار گرفته است. ساختمان فاقد سیستم‌های تهویه مطبوع بوده و فقط در قسمت پذیرایی دارای یک فن سقفی برای سرمایش و شومینه هیزمی برای گرمایش می‌باشد.

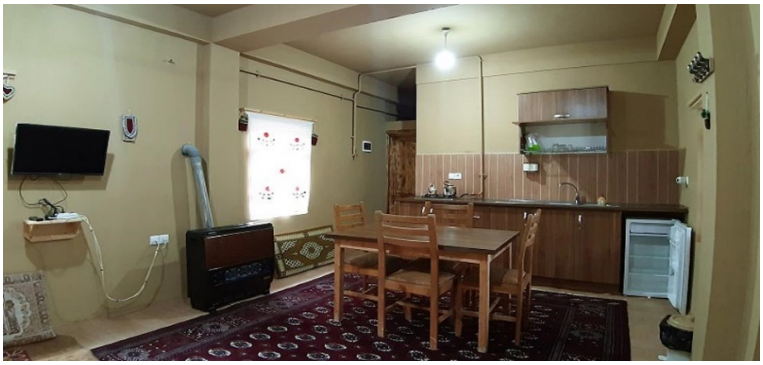
روش تحقیق

در این پژوهش نخستین گام، مرحله مطالعات کتابخانه‌ای است که نقش بسیار مهمی در تدوین پرسشنامه پژوهشی دارد. در این مرحله با مطالعه مقالات، تحقیقات و پایان‌نامه‌های مرتبط و پژوهش‌های صورت‌گرفته در آزمایشگاه و محیط پژوهش، به بررسی نقاط گنگ و مبهم چنین پژوهشی پرداخته شده است تا شیوه‌های دستیابی به اهداف تحقیق بیش از پیش مشخص گردند. در مطالعه میدانی با انتخاب بناهای مناسب و همسان و با استفاده از سنسورهای رطوبتی و حرارتی در تابستان و در زمان اوج حرارت سالیانه، به برداشت اطلاعات حرارتی و رطوبتی اقدام نمودیم. همچنین در این مرحله با استفاده از پرسشنامه‌های احساس حرارتی اقدام به ثبت اطلاعات ساکنین چنین ساختمان‌هایی پرداختیم تا شرایط آسایشی افراد و عوامل عدم رضایت آنها را شناسایی نماییم. این پرسشنامه براساس تجزیه و تحلیل فاکتورهای آسایشی افراد در محیط و نیازهای آسایشی آنها و همچنین بررسی رضایتمندی آنها از محیط طراحی شده است. با توجه به اینکه این پژوهش در نواحی با ارتفاع زیاد و در روستاهای علی آباد کتول با جمعیتی کمتر از ۱۰۰۰ نفر صورت پذیرفته است میزان حجم پرسشنامه بر روی ۱۰۰ عدد تنظیم گردیده است. به منظور تدقیق نمودن نتایج حاصل از تحقیق، این پرسشنامه‌ها برای افراد زیر ۱۸ سال و بالای ۶۰ سال سن پخش نگردید و پرسشنامه‌های پرشده توسط آنها نیز حذف گردید. درنهایت با توجه به جمعیت کم ساکن در منطقه، ۸۷ پرسشنامه تکمیل شده برای این پژوهش انتخاب گردید. در راستای پایش روایی و پایایی پرسشنامه با استفاده از نرم افزار SPSS 26 به تایید آن پرداخته شد. بدین منظور از آزمون آلفای کرونباخ استفاده نمودیم که با بررسی سوالات هم طیف پیرامون پاسخ‌دهی افراد به احساس حرارتی و انتظارات حرارتی آنها، عدد آلفای کرونباخ برابر با ۰.۸۱۶ می‌باشد که نشان از پایایی متوسط و قابل قبول می‌باشد.

محل پژوهش در اقلیم معتدل و مرطوب با رطوبت بالا و درجه حرارت بیش از ۳۳ درجهٔ سانتیگراد می‌باشد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری فاکتورهای محیطی در فضای ساختمان در دوره‌های گرمای شدید تابستان به مدت یک هفته در تیرماه، رطوبت نسبی و شدت دمای هوای فضای داخلی و خارجی در زمان تکمیل پرسشنامه‌ها توسط ساکنین ثبت گردیدند. با استفاده از دو دیتالاگر UNI-T UT333 BT که دقت آن برای رطوبت نسبی ۵٪ و برای دمای هوا ۱± درجه سانتیگراد بود، اقدام به ثبت عوامل محیطی شد. ابزارهای مورد استفاده کالیبره شده و برای اولین بار در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین، کالیبراسیون کارخانه برای اهداف این مطالعه مناسب در نظر گرفته شده است. تصویر شماره ۴ نمایانگر دیتالاگر مورد استفاده در این پژوهش می‌باشد.

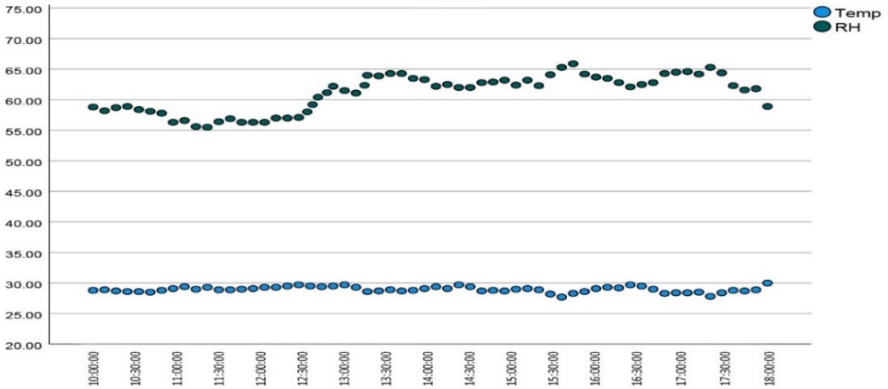
تصویر ۴. دیتالاگر UNI-T UT333 BT و محل قرارگیری آن در فضای باز (نگارندگان)

داده‌ها در فاصله زمانی یک دقیقه ثبت می‌گردیدند. ثبت این فاکتورها از ۱۰:۰۰ صبح تا ۱۸:۰۰ در طول روز به مدت یک هفته در ماه تیر انجام پذیرفت. دلیل انتخاب تیرماه وجود گرم ترین دوره سال در این ماه است که نیاز به راهکارهای سرمایشی بیش از پیش احساس می‌شود. محل قرارگیری دیتالاگرها یکی در فضای خارجی (ایوان جنوبی و در سایه) در ارتفاع ۱.۲ متری و دیگری در داخل فضای مسکونی در میانه فضا در ارتفاع ۱.۲ متری بالاتر از سطح زمین می‌باشد. برای بررسی اثر شدت جریان هوا بر رطوبت نسبی و دمای هوای داخل ساختمان، در طول زمان ثبت داده‌ها، تهویه طبیعی دو طرفه برقرار بود و سرعت جریان هوا ثبت گردید. تصویر محل قرارگیری دیتالاگر در ایوان و فضای داخلی در تصویرهای ۵ و ۶ نمایش داده شده است. هم‌چنین همان‌طور که در تصویر ۷ نشان داده شده است، مقادیر ثبت شده دمای هوا و رطوبت نسبی برای یک روز در محل پژوهش برای محیط خارجی به شرح زیر است.



تصویر ۵. ایوان جنوبی یکی از ساختمان‌ها و محل قرارگیری دیتالاگر در فضای خارجی (نگارندگان)

تصویر ۶. فضای داخلی ساختمان‌ها و محل قرارگیری دیتالاگر بر روی میز میانی (نگارندگان)

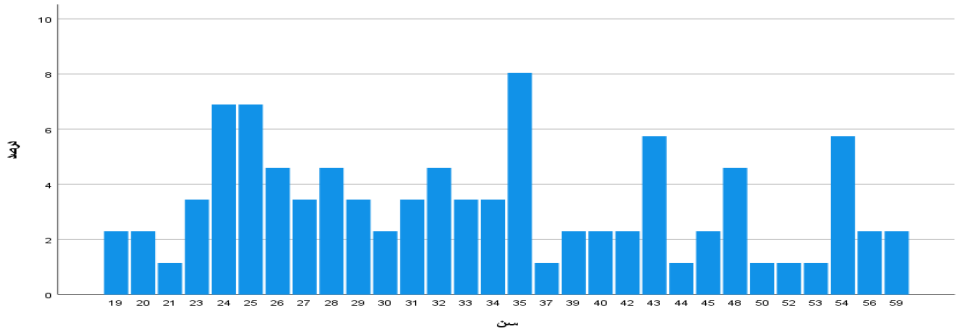


تصویر ۷. داده‌های ثبت شده توسط دیتالاگر برای یک روز (نگارندگان)

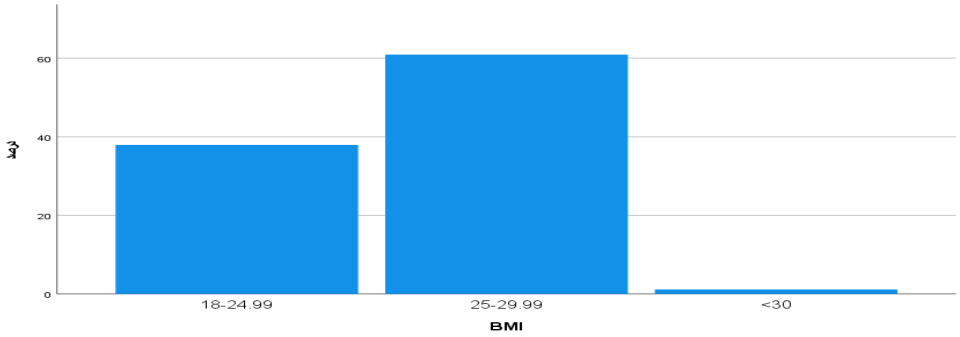
مطالعه آسایش حرارتی

به منظور مطالعه آسایش حرارتی ساکنین فضا از پرسشنامه‌های تدوین شده برای این موضع استفاده گردید. تکمیل پرسشنامه‌ها در بازه زمانی ساعت ۱۱-۱۶ صورت گرفته است و در هنگام رای‌گیری، با استفاده از دیتالاگرها اقدام به ثبت دما و رطوبت محیط شده است. افراد در هنگام رای‌گیری در حالت نشسته قرار داشته و لباس‌های آنها لباس راحتی بوده که مقادیر مقاومت آنها بر اساس استاندارد اشری استخراج گردید.

در تصویر ۸، نمودار فراوانی متغیر سن نمایش داده شده است. همانگونه که در این تصویر مشاهده می‌شود، بیشتر از نصف پاسخ‌دهندگان بیش از ۳۰ سال سن داشته‌اند. در تصویر ۹ نیز نمودار میله ای متغیر BMI نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده میشود اکثر افراد در محدوده وزنی بالاتر از حد سلامت قرار گرفته‌اند.

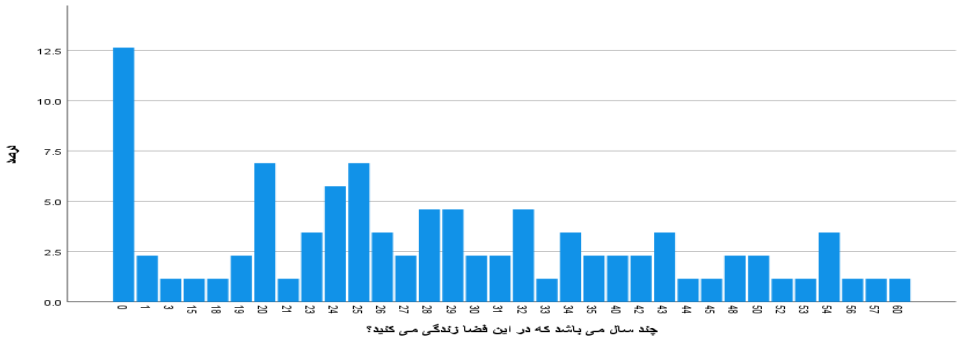


تصویر ۸. نمودار میله‌ای فراوانی سن پاسخ‌دهندگان (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

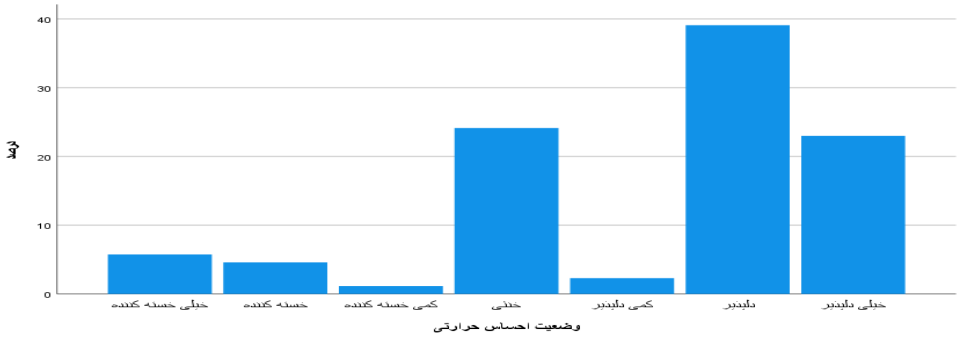


تصویر ۹. نمودار میله‌ای فراوانی BMI پاسخ‌دهندگان (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

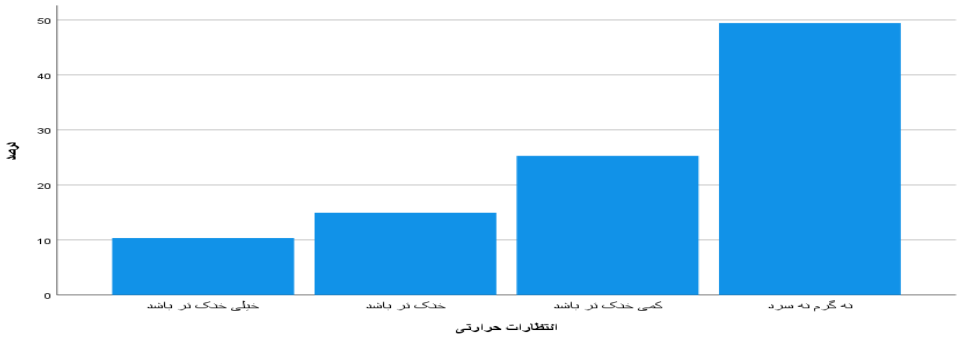
تصویر ۱۰ نیز نمایانگر این موضوع است که درصد زیادی از افراد بیش از ۲۰ سال در محیط زندگی نموده‌اند و حدود ۹.۳ درصد از افراد بیش از ۵۰ سال در محیط زندگی نموده‌اند. تصویر ۱۱، بیانگر این موضوع است که بیشتر افراد نسبت به محیط حرارتی خود راضی می‌باشند و دلیل این موضوع را می‌توان خو گرفتن افراد با محیط اقلیمی پیرامون دانست. طبق تصویر ۱۲، نتایج حاصل از ارزیابی انتظارات حرارتی افراد بیانگر این موضوع می‌باشد که بیشتر افراد انتظار تغییری در فضای موجود نداشته و سایر افراد نیازمند سرمایش در محیط حرارتی می‌باشند.



تصویر ۱۰. نمودار میله‌ای فراوانی سالهایی که پاسخ‌دهندگان در محیط زندگی کرده‌اند (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

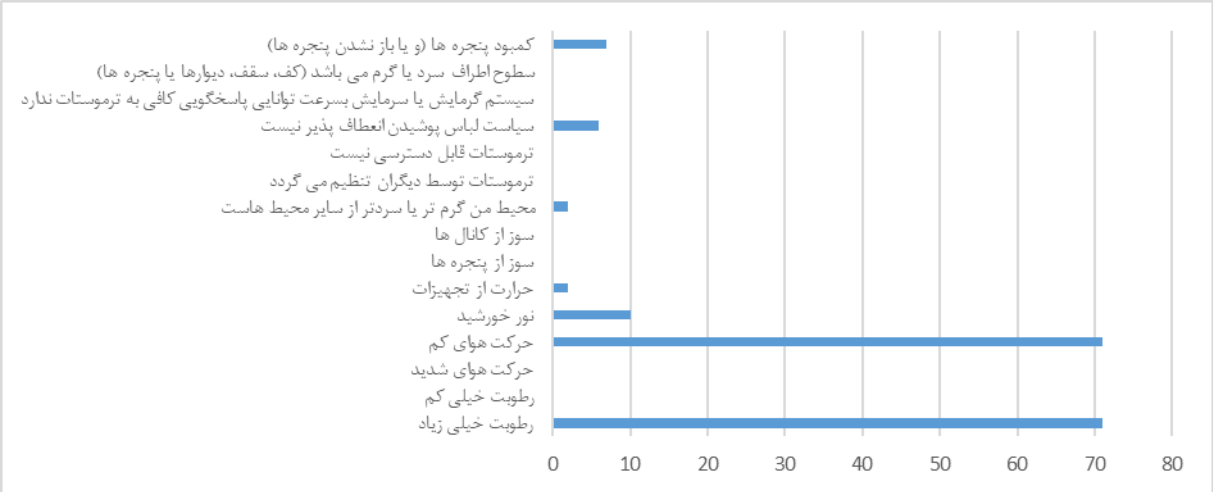


تصویر ۱۱. نمودار میله‌ای فراوانی احساس حرارتی افراد (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

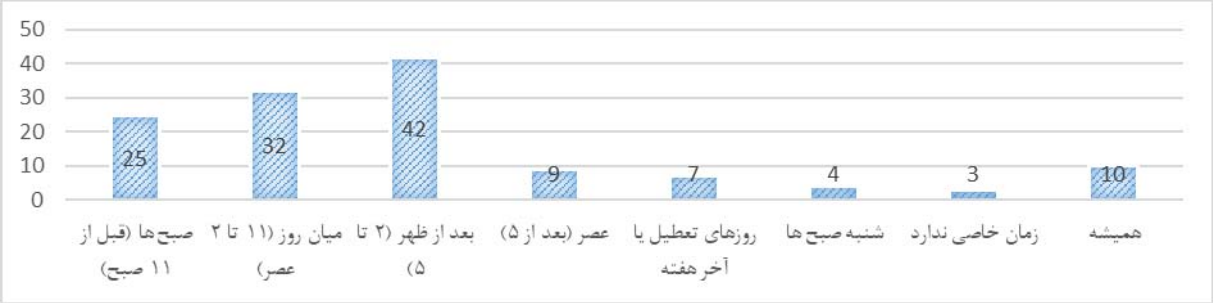


تصویر ۱۲. نمودار میله‌ای فراوانی انتظارات حرارتی افراد (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

تصویر ۱۳، نمایانگر منابع عدم آسایش حرارتی طبق نظر افراد می‌باشد. طبق این نمودار می‌توان مشاهده نمود که بیشترین منابع عدم آسایش حرارتی طبق نظر افراد، رطوبت هوای بسیار زیاد در محیط و همچنین کاهش سرعت جریان هوا در ساعاتی از روز می‌باشد. همچنین در تصویر ۱۴، ساعات بروز این عدم آسایش طبق نظر افراد نمایش داده شده است که بیشتر آنها بازه زمانی ۱۴-۱۷ را زمان وقوع این عدم آسایش می‌دانند.

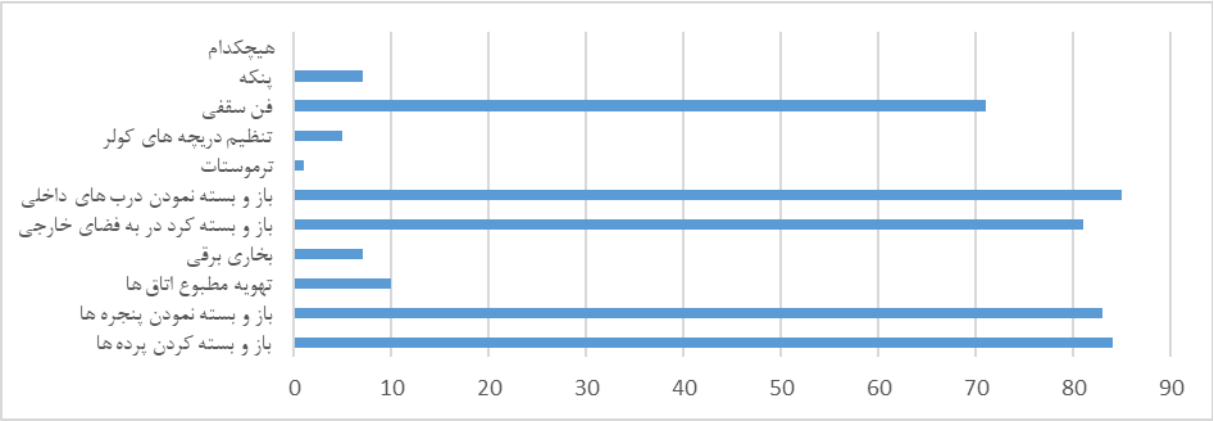


تصویر ۱۳. نمودار فراوانی منابع عدم آسایش در فضا (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)



تصویر ۱۴. نمودار میله‌ای ساعات عدم آسایش (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

بر طبق پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده، همانگونه که در تصویر ۱۵ نیز نمایش داده شده است، بیشتر افراد در راستای بهبود شرایط آسایش حرارتی خود، اقدام به باز و بسته نمودن درب‌ها، پنجره‌ها و پرده‌ها می‌کنند. با توجه به این موضوع که اکثر خانه‌های محیط فاقد سیستم‌های خنک‌کننده تهویه مطبوع هستند، در مرحله بعد، بیشتر افراد اقدام به روشن نمودن پنکه‌های سقفی می‌کنند.



تصویر ۱۵. نمودار میله‌ای رفتار افراد در راستای بهبود شرایط آسایش حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

به منظور بررسی پایداری آزمون، از آزمون کولموگروف اسمیرنف استفاده نموده و نتایج مرتبط با آن در جدول ۶ نمایش داده شده است.

جدول ۶. آزمون کولموگروف اسمیرنف (نگارندگان)

		BMI	چند سال می باشد که در این فضا زندگی می‌کنید؟	نرخ پوشش	نرخ فعالیت	دمای محیط	رطوبت نسبی	احساس حرارتی
تعداد		۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷
پارامترهای نرمال	میانه	۲۵.۸۲۹۲	۲۷.۴۶	۰.۴۸۳۹	۵۹.۱۳	۳۰.۲۲۸	۶۰.۸۳۹۱	۱.۳۳
	انحراف از معیار	۲.۵۸۷۶۷	۱۵.۸۶۳	۰.۱۱۲۸۲	۴.۸۸۴	۱.۸۶۱۴	۲.۹۹۵۶۳	۱.۰۸۵
بیشترین حد اختلاف	قطعی	۰.۰۸۵	۰.۱۱۳	۰.۳۰۱	۰.۴۶۵	۰.۳۱۷	۰.۰۹۹	۰.۲۸۲
	مثبت	۰.۰۸۵	۰.۱۰۲	۰.۳۰۱	۰.۴۶۵	۰.۳۱۷	۰.۰۹۹	۰.۲۰۱
	منفی	-۰.۱۱۳	-۰.۲۵۴	-۰.۳۸۶	-۰.۲۲۰	-۰.۰۷۲	-۰.۲۸۲	
آمار آزمون		-۰.۰۸۴	۰.۱۱۳	۰.۳۰۱	۰.۴۶۵	۰.۳۱۷	۰.۰۹۹	۰.۲۸۲
سطح معناداری		۰.۰۸۵	۰.۰۰۸	۰۰۰	۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۳۴	۰.۰۰۰

در جدول ۶ مشاهده می‌شود که مقادیر معناداری آزمون برای تمام موارد غیر از BMI، کوچک‌تر از ۰/۰۵ بدست آمده است یعنی آزمون معنادار شده و باید از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شوند. منظور از آزمون ناپارامتریک داده‌ها، استفاده از آزمون ناپارامتریک چند متغیری Kruskal-Wallis است و برای مقدار BMI، آزمون معنادار نبوده و در نتیجه دارای توزیع نرمال است و می‌توان از تحلیل‌های پارامتریک برای آن استفاده نمود. به منظور بررسی عامل BMI از آزمون t مستقل استفاده شده است که نتایج مرتبط با آن در جدول ۷ نمایش داده شده است.

جدول ۷. آمارهای مرتبط با آزمون t تک نمونه ای برای BMI (نگارندگان)

	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	خطای میانگین	آماره t	نمره معیار (df)	سطح معناداری	تفاوت میانگین با میانگین عدد ثابت	فاصله اطمینان با سطح اطمینان ۹۵٪	
									حد پایینی	حد بالایی
BMI	۸۷	۲۵.۸۲۹۲	۲.۵۸۷۶۷	۰.۲۷۷۴۳	۲.۹۸۹	۸۶	۰.۰۰۴	۰.۸۲۹۲۰	۰.۲۷۷۷	۱.۳۸۰۷

همانگونه که در جدول ۷ نمایش داده شده است، میانگین نمره BMI در گروه نمونه، ۲۵.۸۲۹۲، با انحراف استاندارد ۲.۵۸۷۸۶۷ می‌باشد که به طور معناداری از نمره برش ۲۵ بالاتر می‌باشد. در جدول ۸ و ۹، نتایج مرتبط با آزمون ناپارامتریک آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در تمامی عوامل غیر از تعداد سال‌هایی که افراد در موقعیت سکونت داشته‌اند، شرایط معناداری رخ داده است.

جدول ۸. آمار آزمون Kruskal-wallis (نگارندگان)

		سن افراد		چند سال می باشد که در این فضا زندگی می‌کنید؟		نرخ پوشش		نرخ فعالیت		دمای محیط		رطوبت نسبی	
		تعداد	میانگین	تعداد	میانگین	تعداد	میانگین	تعداد	میانگین	تعداد	میانگین	تعداد	میانگین
وضعیت احساس حرارتی	۳-	۵	۳۷.۴	۵	۸.۶	۵	۱۹.۵	۵	۴۸	۵	۴۲	۵	۶۷.۶
	۲-	۴	۴۱.۳۸	۴	۶	۴	۴۰.۳۸	۴	۵۰.۱۳	۴	۴۱.۸۸	۴	۵۲.۱۳
	۱-	۱	۷۳.۵۰	۱	۶	۱	۱۹.۵	۱	۳۹.۵	۱	۵۳.۵	۱	۶۵.۵

	۰	۲۱	۴۹.۹۵	۲۱	۵۴.۵۲	۲۱	۳۹.۸۶	۲۱	۴۵.۷۹	۲۱	۴۱.۸۱	۲۱	۴۵.۴
	۱	۲	۴۷.۲۵	۲	۳۲.۲۵	۲	۶۴.۲۵	۲	۳۹.۵	۲	۸۵.۵	۲	۷۶.۲۵
	۲	۳۴	۴۰.۰۷	۳۴	۴۵.۳۸	۳۴	۴۲.۱۸	۳۴	۴۲.۱۳	۳۴	۴۴.۱۸	۳۴	۶۵.۵۴
	۳	۲۰	۴۴.۸	۲۰	۵۰.۱۳	۲۰	۵۷.۸	۲۰	۴۳.۷۵	۲۰	۴۲.۳	۲۰	۴۵.۰۸
	جمع	۸۷		۸۷		۸۷		۸۷		۸۷		۸۷	

جدول ۹. نتایج آزمون Kruskal-wallis (نگارندگان)

	سن افراد	چند سال می باشد که در این فضا زندگی می‌کنید؟	نرخ پوشش	نرخ فعالیت	دمای محیط	رطوبت نسبی
Kruskal – Wallis H	۳.۷۹۸	۲۶.۵۸۳	۱۵.۳۸۱	۱.۹۵۶	۵.۹۷۲	۱۲.۷۶۸
نمره معیار (df)	۶	۶	۶	۶	۶	۶
سطح معناداری	۰.۷۰۴	۰.۰۰۰	۰.۰۱۷	۰.۹۲۴	۰.۴۲۶	۰.۰۵۷

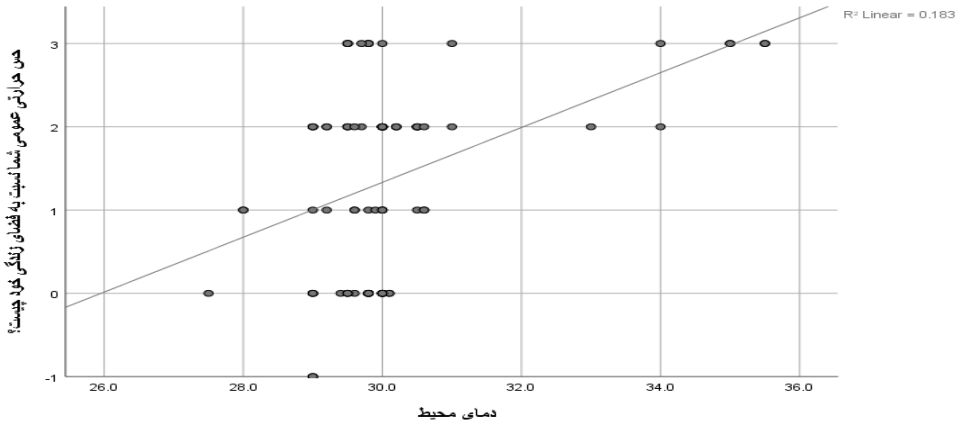
■ تجزیه و تحلیل داده ها

در راستای بررسی نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها به بررسی همبستگی میان متغیرهای مختلف پرداخته شده و آنالیز رگرسیون آنها را نیز مورد بررسی قرار داده شده است. در جدول ۱۰ همبستگی میان دو متغیر دمای محیط و احساس آسایش حرارتی نمایش داده شده است.

جدول ۱۰. همبستگی میان دو متغیر دمای محیط و احساس حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
دمای محیط	**ضریب همبستگی**	۰.۴۲۸
	سطح معناداری	۰.۰۰۰
	تعداد مشاهدات	۸۷

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان دمای محیط و احساس آسایش حرارتی همبستگی وجود دارد. جهت رابطه دمای محیط و احساس آسایش حرارتی مثبت است. شدت همبستگی به دست آمده در حد وسط (بین ۰/۴ تا ۰/۶) می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند افراد در دماهای بالا دچار عدم آسایش حرارتی می‌شوند. در تصویر ۱۶، پراکندگی دو متغیر دمای محیط و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



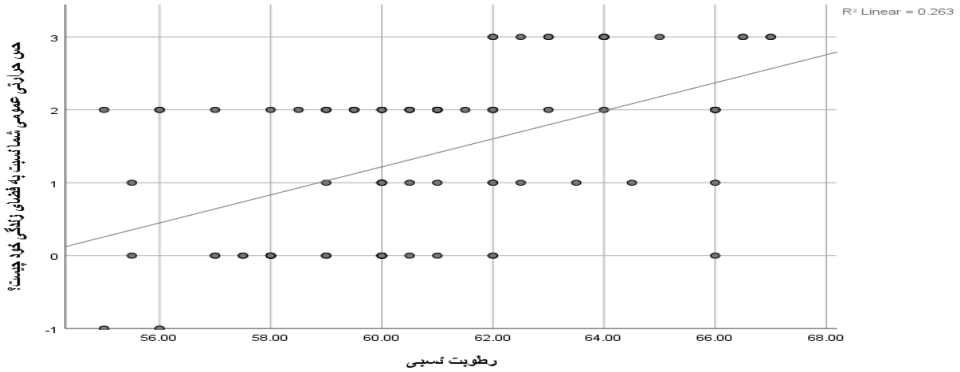
تصویر ۱۶. نمودار پراکندگی دو متغیر دمای محیط و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۱ همبستگی میان دو متغیر رطوبت نسبی محیط و احساس آسایش حرارتی نمایش داده شده است.

جدول ۱۱. همبستگی میان دو متغیر رطوبت نسبی و احساس حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
رطوبت نسبی محیط	ضریب همبستگی	۰.۵۱۳
	سطح معناداری	۰.۰۰۴
	تعداد مشاهدات	۸۷

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان رطوبت نسبی محیط و احساس آسایش حرارتی همبستگی وجود دارد. جهت رابطه رطوبت نسبی محیط و احساس آسایش حرارتی مثبت است. شدت همبستگی به دست آمده در حد متوسط (بین ۰/۴ تا ۰/۶) است. نتایج نشان می‌دهند افراد در رطوبت نسبی‌های بالاتر دچار عدم آسایش حرارتی می شوند. در تصویر ۱۷، نمودار پراکندگی دو متغیر رطوبت نسبی و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



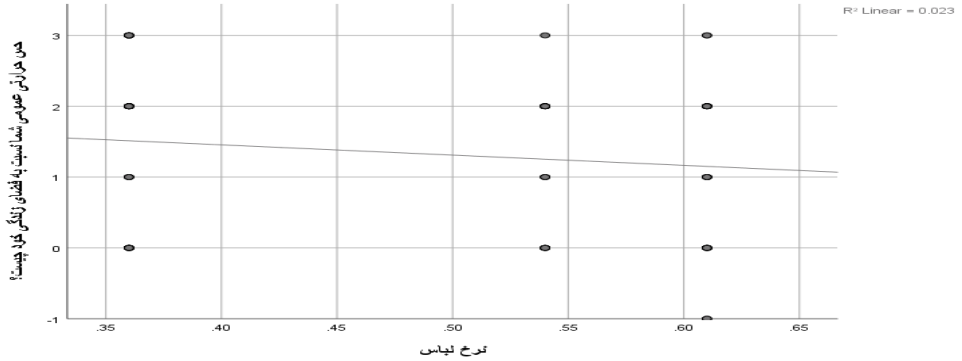
تصویر ۱۷. نمودار پراکندگی دو متغیر رطوبت نسبی محیط و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۲ با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون جهت آزمون رابطه میان دو متغیر نرخ لباس و احساس آسایش استفاده شده است.

جدول ۱۲. همبستگی میان دو متغیر نرخ لباس و احساس آسایش حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
نرخ لباس	ضریب همبستگی	۰.۳۱۷
	سطح معناداری	۰.۰۰۳
	تعداد مشاهدات	۸۷

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان نرخ لباس و احساس آسایش حرارتی همبستگی وجود دارد. جهت رابطه نرخ لباس و احساس آسایش حرارتی مثبت است. شدت همبستگی به دست آمده در حد ضعیف (بین ۰/۲ تا ۰/۴) می‌باشد و نتایج نشان می‌دهند نوع پوشش افراد بر آسایش یا عدم آسایش آنها تا حدودی تاثیرگذار می‌باشد. در تصویر ۱۸، نمودار پراکندگی دو متغیر نرخ لباس و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



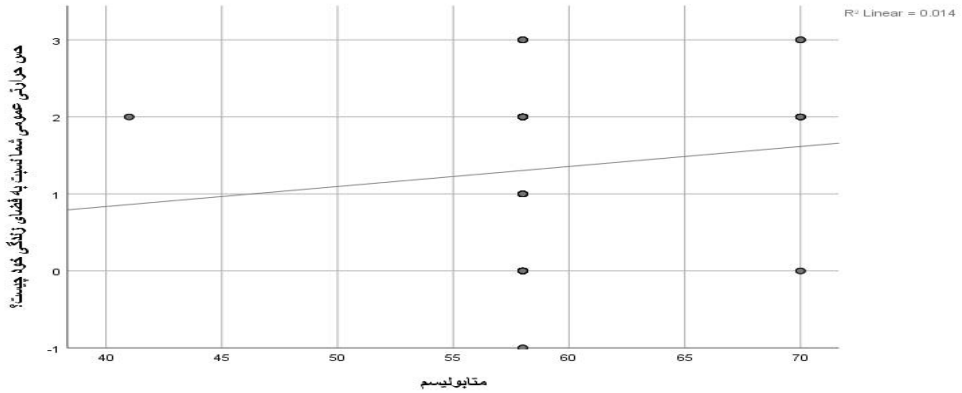
تصویر ۱۸. نمودار پراکندگی دو متغیر نرخ لباس و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۳ با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون جهت آزمون رابطه میان دو متغیر نرخ فعالیت و احساس آسایش استفاده شده است.

جدول ۱۳. همبستگی میان دو متغیر متابولیسم و احساس آسایش حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
متابولیسم	ضریب همبستگی	-۰.۹۷
	سطح معناداری	۰.۳۷۳
	تعداد مشاهدات	۸۷

در آزمون همبستگی بین متابولیسم و احساس حرارتی سطح معناداری بدست آمده برابر با ۰/۳۷۳ است که بسیار بیشتر از مقدار مفروض ۰/۰۵ است. در نتیجه بین دو متغیر متابولیسم و احساس آسایش حرارتی افراد رابطه معناداری وجود ندارد. در تصویر ۱۹، نمودار پراکندگی دو متغیر متابولیسم و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



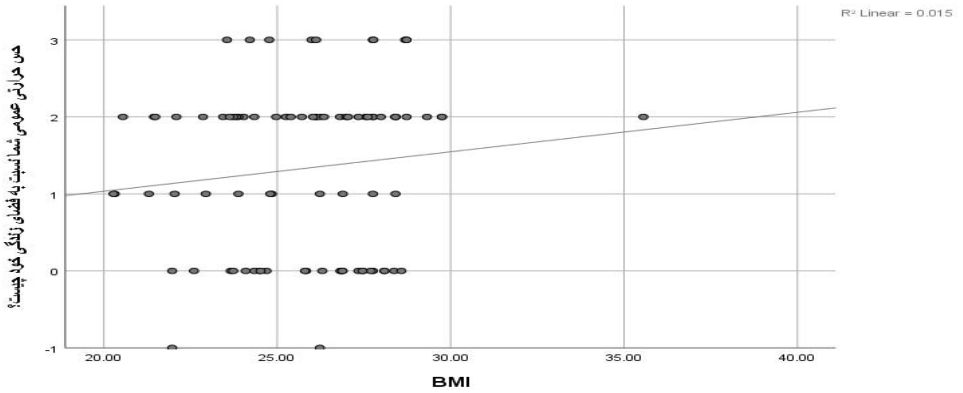
تصویر ۱۹. نمودار پراکندگی دو متغیر متابولیسم و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۴ با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون جهت آزمون رابطه میان دو متغیر BMI و احساس آسایش استفاده شده است.

جدول ۱۴. همبستگی میان دو متغیر BMI و احساس آسایش حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
BMI	ضریب همبستگی	۰.۳۵
	سطح معناداری	۰.۷۴۶
	تعداد مشاهدات	۸۷

در آزمون همبستگی بین BMI و احساس حرارتی سطح معناداری بدست آمده برابر با ۰/۷۴۶ است که بسیار بیشتر از مقدار مفروض ۰/۰۵ است. در نتیجه بین دو متغیر BMI و احساس آسایش حرارتی افراد رابطه معناداری وجود ندارد. در تصویر ۲۰، نمودار پراکندگی دو متغیر BMI و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



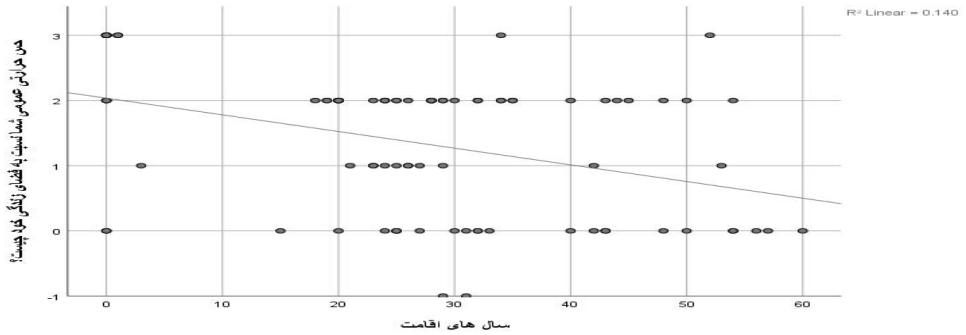
تصویر ۲۰. نمودار پراکندگی دو متغیر BMI و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۵ با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون جهت آزمون رابطه میان دو متغیر سال‌های اقامت و احساس آسایش استفاده شده است.

جدول ۱۵. همبستگی میان دو متغیر سال‌های اقامت و احساس آسایش حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
سال های اقامت	ضریب همبستگی	-۰.۳۷۴
	سطح معناداری	۰.۰۰۰
	تعداد مشاهدات	۸۷

در آزمون همبستگی بین سال‌های اقامت و احساس حرارتی سطح معناداری بدست آمده برابر با ۰.۰۰۰ است که بسیار کمتر از مقدار مفروض ۰/۰۵ است. در نتیجه بین دو متغیر سال‌های اقامت و احساس آسایش حرارتی افراد رابطه معناداری وجود دارد. در تصویر ۲۱، نمودار پراکندگی دو متغیر سال‌های اقامت و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



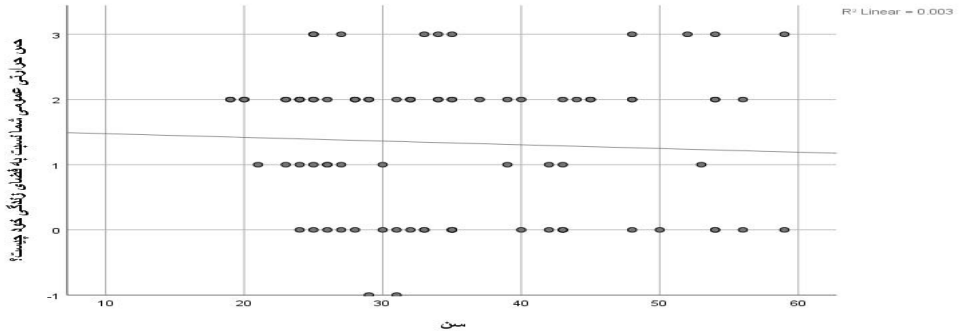
تصویر ۲۱. نمودار پراکندگی دو متغیر سال‌های اقامت و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۶ با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون جهت آزمون رابطه میان دو متغیر سن و احساس آسایش نمایش داده شده است.

جدول ۱۶. همبستگی میان دو متغیر سن و احساس آسایش حرارتی (نگارندگان)

		احساس آسایش حرارتی
سن	ضریب همبستگی	-۰.۰۵۷
	سطح معناداری	۰.۶۰۳
	تعداد مشاهدات	۸۷

در آزمون همبستگی بین سن و احساس حرارتی سطح معناداری بدست آمده برابر با ۰/۶۰۳ است که بسیار بیشتر از مقدار مفروض ۰/۰۵ است. در نتیجه بین دو متغیر سن و احساس آسایش حرارتی افراد رابطه معناداری وجود ندارد. در تصویر ۲۲، نمودار پراکندگی دو متغیر سن و احساس حرارتی نمایش داده شده است.



تصویر ۲۲. نمودار پراکندگی دو متغیر سن و احساس حرارتی (نگارندگان برگرفته از نرم افزار SPSS 26)

در جدول ۱۷، ضرایب رگرسیون مرتبط با عوامل گوناگون نمایش داده شده است. مقدار ضریب تعیین برای عامل دمای هوا برابر با ۰/۱۸۳و برای عامل رطوبت نسبی برابر ۰/۲۶۳ و برای سایر عوامل برابر ۰/۰۲۳ می باشد.

جدول ۱۷. ضرایب رگرسیون مرتبط با عوامل مختلف (نگارندگان)

عامل	مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	سطح معناداری
		B	انحراف معیار	Beta		
دمای هوا	مقدار ثابت	-۸.۵۴۸	۲.۲۷۴	-	-۳.۷۵۹	۰.۰۰۰
	دمای هوا	۰.۳۲۹	۰.۰۷۵	۰.۴۲۸	۴.۳۷	۰.۰۰۰
رطوبت نسبی هوا	مقدار ثابت	-۱۰.۳۱۲	۲.۱۲۷	-	-۴.۸۴۹	۰.۰۰۰
	رطوبت نسبی هوا	۰.۱۹۲	۰.۳۵	۰.۵۱۳	۵.۵۰۴	۰.۰۰۰
نرخ لباس	مقدار ثابت	۲.۰۳۳	۰.۵۱۲	-	۳.۹۶۷	۰.۰۰۰
	نرخ لباس	-۱.۴۴۶	۱.۰۳۲	-۰.۱۵	-۱.۴۰۲	۰.۱۶۵
متابولیسم	مقدار ثابت	-۰.۲۰۴	۱.۴۲	-	-۰.۱۴۳	۰.۸۸۶
	متابولیسم	۰.۰۲۶	۰.۰۲۴	۰.۱۱۷	۱.۰۸۶	۰.۲۸۱
BMI	مقدار ثابت	۰.۰۰۹	۱.۱۷۲	-	۰.۰۰۸	۰.۹۹۴
	BMI	۰.۰۵۱	۰.۰۴۵	۰.۱۲۲	۱.۱۳۵	۰.۲۵۹
سال های اقامت	مقدار ثابت	۲.۰۳۵	۰.۲۱۸	-	۹.۳۳۶	۰.۰۰۰
	سال های اقامت	-۰.۲۶	۰.۰۰۷	-۰.۳۷۴	-۳.۷۱۴	۰.۰۰۰
سن	مقدار ثابت	۱.۵۳۳	۰.۳۹۹	-	۳.۸۴۱	۰.۰۰۰
	سن	-۰.۰۰۶	۰.۰۱۱	-۰.۰۵۷	-۰.۵۲۲	۰.۶۰۳

یکی از روش‌های پیش‌بینی آسایش از طریق دمای داده شده و یا ترکیبی از عوامل گوناگون از طریق آنالیز رگرسیون می‌باشد. در جدول ۱۸، نتایج حاصل از بررسی اطلاعات مختلف، آورده شده است.

جدول ۱۸. ضرایب تعدیل برای هرکدام از عوامل بررسی شده (نگارندگان)

مدل	ضریب تعدیل (R2)
سن افراد	۰.۰۰۳
BMI	۰.۰۱۵
سال های اقامت در محیط	۰.۱۴۰
دمای محیط	۰.۱۸۳
رطوبت نسبی	۰.۲۶۳
نرخ لباس	۰.۰۲۳
متابولیسم	۰.۰۱۴

بحث پیرامون نتایج

نیکول در مورد شیب رگرسیون این چنین ذکر می‌کند که ۰/۲۵ معمول‌ترین مقدار در تحقیقات میدانی است. هامفریس نیز مقدار ۰/۲۲ برای شیب این معادله یافته است. فنگر مقدار ۰/۳۳ را برای این معادله از طریق تحقیقات اتاق آب و هوا معرفی نموده است. بر طبق نظر هامفریس، مقادیر کمتر این شیب، نشان‌دهنده انطباق‌پذیری افراد با محیط پیرامون خود می‌باشد. وین نیز پیشنهاد می‌دهد که در محیط‌های مختلف، شیب رگرسیون مرتبط با احساس حرارتی و دما با توجه به انتظارات متفاوت از محیط، مختلف خواهد بود (Heidari, 2000, 126). با توجه به نتایج حاصل و تاثیرگذاری نمودار احساس حرارتی و دما می‌توان معادله رگرسیون را برای این محیط تعیین نمود. در این محاسبه میانگین دمای هوای محیط در گرم‌ترین ماه سال بر اساس اطلاعات هواشناسی برابر ۲۸.۵ درجه سانتیگراد می‌باشد و همچنین میانگین دمای هوای خارجی برابر ۲۸.۹۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. با توجه به تصویر ۱۶ و

رگرسیون خطی، دمای خنثی برابر با ۲۶.۱ درجه سانتیگراد و معادله رگرسیون از طریق فرمول ۴ محاسبه می‌گردد که این فرمول بر اساس تحلیل رگرسیون نیکول معرفی گردیده و Y برابر با پاسخ حرارتی، a برابر با شیب رگرسیون، X برابر با دمای هوا و b برابر با عدد ثابت رگرسیون می باشد.

$$Y=aX + B$$

فرمول شماره ۴. فرمول رگرسیون خطی ساده (Heidari, 2000, 125)

به عنوان یک اصل بر اساس استاندارد ۷۷۳۰ می‌توان محدوده بین ۱- تا ۱+ احساس حرارتی را به عنوان شرایطی که ۷۵٪ افراد دارای رضایت حرارتی هستند برشمرد و همچنین محدوده بین ۰.۵- تا ۰.۵+ را می‌توان محدوده آسایشی بیش از ۹۰٪ افراد دانست. در این پژوهش محدوده ۹۰٪ برابر دمای ۲۲.۹ الی ۲۹.۵ درجه سانتیگراد می-باشد و محدوده ۷۵٪ برابر با ۲۴.۵ الی ۲۷.۵ درجه سانتیگراد است. به توجه به جدول ۱۷ می‌توان مشاهده نمود که شیب این نمودار برابر با ۰.۳۲۹ گردیده است. شیب این نمودار تا حدودی شبیه به معادلات فنگر می‌باشد اما مقدار ثابت در این مطالعات برابر با ۸.۵۴۸- گردیده است. بر این اساس می‌توان معادله نهایی این پژوهش را بر اساس فرمول شماره ۵ تعریف نمود:

$$Y=0.329X -8.548$$

فرمول شماره ۵. رگرسیون خطی ساده پژوهش (نگارندگان)

مقدار دمای خنثی بدست آمده در این پژوهش تا حدودی شبیه به تحقیقات وب در سال ۱۹۵۹ در سنگاپور می-باشد که برابر با ۲۷.۲ درجه سانتیگراد است. در تحقیقات نیکول و همکاران در سال ۱۹۹۴ در پاکستان نیز مقدار دمای خنثی در محدوده ۲۶.۷ الی ۲۹.۹ درجه سانتیگراد بوده است. از دلایل این موضوع می‌توان به اختلاف رطوبت محیطی و شرایط جوی متفاوت بین محیط‌های پژوهش اشاره نمود. در تحقیقات صورت گرفته توسط حیدری، مقادیر دمای خنثی برای فصل‌های گرم و برای ساختمان‌های معاصر، سنتی و دارای حیاط مرکزی و میانگین تمام آنها به‌ترتیب برابر با ۲۷.۴، ۲۸.۵، ۲۸.۲ و ۲۸.۱ می‌باشد. تفاوت این مقادیر بدلیل تفاوت در اقلیم انتخابی و شرایط اقلیمی متفاوت است که در علی آباد کتول به دلیل وجود رطوبت بیشتر دمای خنثی در محدوده پایین‌تری می‌باشد. لازم به ذکر است تاثیر سال‌های اقامت افراد در محل پژوهش، ارتباط مستقیمی با احساس حرارتی آنها داشته است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بررسی شرایط آسایش حرارتی افراد در ساختمان‌های تازه ساخته شده در ریگ چشمه علی‌آباد کتول به بررسی شرایط آسایشی آنها و عوامل عدم آسایش آنها اقدام شد. در این راستا با استفاده از پرسشنامه‌های بررسی احساس آسایش حرارتی و انتظارات حرارتی که براساس استاندارد اشری تدوین گشته و همچنین با ثبت عوامل محیطی از طریق دو دیتالاگر اقدام به انجام این پژوهش شد. با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه‌های پخش گردیده می‌توان مشاهده نمود که بیشترین فاکتورهای تاثیرگذار بر آسایش حرارتی افراد در محیط، میزان زمانی که افراد در محیط زندگی نموده‌اند و میزان رطوبت محیط زندگی آن‌ها می‌باشند. افرادی که کمتر از ۵ سال در محیط زندگی نموده بودند در دماهای متفاوت احساس گرمای شدید می‌کردند و نیازمند سرمایش و یا رفع رطوبت بیشتر در محیط بودند. افرادی با سابقه زندگی دراز مدت در محیط نیازمند کاهش میزان رطوبت در محیط زندگی خود بودند. نرخ پوشش تاثیر چندانی بر آسایش یا عدم آسایش افراد در محیط نداشت. دمای خنثی برابر ۲۶.۱ درجه

سانتیگراد با محدوده قابل قبول بین ۲۲.۹ تا ۲۹.۵ (برای آسایش ۹۰٪ از افراد) درجه سانتیگراد است و شیب رگرسیون برابر ۰/۳۲۹ برای این پژوهش بدست آمده است. حداکثر عدم رضایت در بعد از ظهر اتفاق می‌افتاد که دمای بیشینه روز وجود داشته و این دما با رطوبت زیاد توام در محیط موجب عدم آسایش ساکنین در فضاهای بسته و پناه بردن آن‌ها به فضای ایوان (فضای نیمه‌باز) ساختمان‌های خود می‌شود.

فهرست منابع

- پناهی، عبدالحافظ. (۱۳۹۲). ***طبقه‌بندی اقلیمی استان گلستان***. بازیابی شده ۱۰، بهمن، ۱۴۰۰ از www.agizlioba.blogfa.com/post/11.
- پوردیهیمی، شهرام. (۱۳۹۰). ***زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار: کاربرد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی و طراحی محیط (جلد ۲: مقیاس خرد)***. دانشگاه شهید بهشتی.
- حیدری، شاهین. (۱۳۹۳). ***سازگاری حرارتی در معماری، نخستین قدم در صرفه جویی مصرف انرژی***. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۹). ***مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی)***. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی امیرکبیر.
- قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۲). ***مبانی فیزیک ساختمان ۴ (سرمایش غیر فعال)***. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی امیرکبیر.
- کسمائی، مرتضی. (۱۳۸۲). ***اقلیم و معماری***. (چاپ دوم). اصفهان: نشر خاک.
- Aflaki, Ardalan. & Mahyuddin, Norhayati. & Al-Cheikh Mahmoud, Zakaria. & Baharum, Mohamad Rizal. (2015). ***A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates***. Energy and Buildings, 101, 153-162. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.033
- Appah Dankyi, James. & Koranteng, Christian. (2012). ***An assessment of thermal comfort in a warm and humid school building at Accra, Ghana***. Advances in Applied Science Research,3 (1), 535-547. https://doi.org/http://hdl.handle.net/123456789/7270
- Chowdhury, Ashfaque Ahmed. & Rasul, Mohammad. & Kamal Khan, M Masud. (2009). ***An Analysis of the Indoor Air Quality and Mould Growth in a Multi-zone Building. Water, Air, and Soil Pollution***. Focus, 9, 517-527. https://doi.org/10.1007/s11267-009-9244-8
- Daemei, Abdollah Baghaei. & Osmavandani, Parisa. & Nikpey, Maede. (2018). ***Study on Vernacular Architecture Patterns to Improve Natural Ventilation Estimating in Humid Subtropical Climate***. Civil Engineering Journal, 4, 2097. https://doi.org/10.28991/cej-03091142
- De Dear, Richard J. & Brager, Gail S. (2002). ***Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55***. Energy and Buildings, 34(6), 549-561. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1
- De Dear, Richard. & Brager, Gail S. & Cooper, Donna. (1997). ***Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*** - Final Report on RP-884 ,104.
- De Freitas, Natacha. & Mikuri, Larissa. & Andreasi, Wagner. (2018). ***Influence of Air Movement on Human Thermal Sensation in a Tropical Humid Climate***. International Journal of Science and Engineering Investigations, 7, 70-76.
- Elaiab, Fatima Mohamed. (2014). ***Thermal comfort investigation of multi-storey residential buildings in Mediterranean climate with reference to Darnah, Libya***. University of Nottingham.
- Heidari, Shahin. (2000). ***Thermal Comfort in Iranian Courtyard Housing***. The University of Sheffield. https://etheses.whiterose.ac.uk/10239/
- ISO. (2005). ***ISO 7730 - 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*** (3rd ed.). www.iso.org

- Izadyar, Nima. & Miller, Wendy. & Rismanchi, Behzad. & Garcia-Hansen, Veronica. (2020). ***Impacts of façade openings' geometry on natural ventilation and occupants' perception: A review***. Building and Environment, 170, 106613. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106613
- Karyono, Tri. & Sri, Elita. & Sulistiawan, Jevi. & Triswanti, Yenny. (2015). ***Thermal Comfort Studies in Naturally Ventilated Buildings in Jakarta, Indonesia***. Buildings, 5, 917-932. https://doi.org/10.3390/buildings5030917
- Košir, Mitja. (2016). ***Adaptive Building Envelope: An Integral Approach to Indoor Environment Control in Buildings. In Automation and Control Trends***. https://doi.org/10.5772/64951
- Liping, Wang. & Wong, Nyuk Hien. (2007). ***Applying Natural Ventilation for Thermal Comfort in Residential Buildings in Singapore***. Architectural Science Review, 50, 224-233.
- Markovic, Romana. & Grintal, Eva. & Wölki, Daniel. & Frisch, Jerome. & Van Treeck, Christoph. (2018). ***Window opening model using deep learning methods***. Building and Environment, 145, 319-329. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.024
- Mlakar, Jana. & Štrancar, Janez. (2013). ***Temperature and humidity profiles in passive-house building blocks***. Building and Environment, 60, 185-193. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.018
- Prakash, D. & Ravikumar, Paramasivam. (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. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.02.003
- Soltanzadeh, Hossein. & Ghaseminia, Maziar. (2016). ***Climatic Building Envelope Employed In Vernacular Residential Architecture In Golestan-Iran***. International Journal Of Architecture And Urban Development, 6(1 (19)), https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=522194
- Wang, Haiying. & Liu, Lu. (2020). ***Experimental investigation about effect of emotion state on people's thermal comfort***. Energy and Buildings, 211, 109789. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109789
- Wu, Zhibin. & Li, Nianping. & Wargocki, Pawel. & Li, Jingming. & Cui, Haijiao. (2019). ***Adaptive thermal comfort in naturally ventilated dormitory buildings in Changsha, China***. Energy and Buildings. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.029
- Yousefi, Fatemeh. & Gholipour, Yaghob. & Yan, Wei. (2017). ***A Study of the Impact of Occupant Behaviors on Energy Performance of Building Envelopes Using Occupants' Data***. Energy and Buildings, 148. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.085
- Zhang, Yuchun. & Zhou, Xiaoqing. & Zheng, Zhimin. & Oladokun, Majeed Olaide. & Fang, Zhaosong. (2020). ***Experimental investigation into the effects of different metabolic rates of body movement on thermal comfort***. Building and Environment, 168, 106489. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106489