

تحلیل پارامترهای ذهنی آسایش حرارتی مؤثر بر مدیریت انرژی در آسیا بر پایه پایگاه داده ASHRAE

اعظم نوروزی^{*}

۱- دانشکده مهندسی- گروه عمران و معماری- دانشگاه تربت حیدریه- تربت حیدریه- ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۶

واژه های کلیدی: یادگیری عمیق، لایه ادغام، طبقه بندی
تصویر، شبکه عصبی کانولوشن، یادگیری ماشین.

چکیده

از آنجا که وضعیت حرارتی فضاهای زندگی بر بهره وری ساکنان و کیفیت زندگی آنها تأثیر می گذارد، طراحی راهبردهای کنترل گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع مؤثر برای بالابردن کارایی و تامین آسایش حرارتی اهمیت دارد. پارامترهای ذهنی تأثیرگذار بر آسایش حرارتی عوامل مهمی هستند که باید در طراحی مدل های آسایش در نظر گرفته شوند. در این پژوهش ابتدا به تحلیل معیارهای ذهنی آسایش حرارتی پرداخته و سپس رابطه دو پارامتر ذهنی احساس حرارتی و آسایش حرارتی با مؤلفه های انسانی در آسیا با استفاده از پایگاه داده آسایش حرارتی جهانی اشری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و ارزیابی شد. نتایج نشان داد که آسایش حرارتی و احساس حرارتی دارای قدرت پیش بینی بیشتری نسبت به معیارهای دیگر هستند. علاوه بر این، ارزیابی نشان داد سن افراد و جنسیت در احساس حرارتی و آسایش حرارتی تأثیر داشته اما میزان فعالیت و نرخ لباس ارتباط کمتری با این دو معیار دارد.

واژگان کلیدی: معیار ذهنی آسایش حرارتی؛ مؤلفه محیطی؛
مؤلفه انسانی؛ احساس حرارتی.

^{*} نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: a.noroozi@torbath.ac.ir

مقدمه

بخش ساختمان با مصرف ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی در ایالات متحده و بریتانیا، سهم بالایی در مصرف انرژی و انتشار کربن دارد. صنعت ساختمان مسئول انتشار حدود یک سوم گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان است [۱]. بخش قابل توجهی از این انرژی برای حفظ آسایش حرارتی داخل ساختمان مصرف می‌شود. به عنوان مثال، در ساختمان‌های تجاری، حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی مورد استفاده سیستم‌های تهویه مطبوع می‌باشد [۲]. از سوی دیگر در جوامع مدرن افراد تقریباً ۹۰٪ از زمان خود را در داخل فضای ساختمان سپری می‌کنند. این مساله اهمیت پرداختن به موضوع آسایش و راحتی افراد در داخل ساختمان را آشکار می‌سازد.

آسایش حرارتی فرایندی ذهنی است که میزان رضایت فرد از شرایط محیطی را مشخص می‌سازد. این فرایند تحت تاثیر عوامل فیزیکی محیط و انسانی (فیزیولوژیکی و روانشناختی) قرار دارد. رویکردهای مختلف مطالعاتی در زمینه آسایش حرارتی منجر به ارائه مدلهایی به منظور پیش‌بینی انتقال و توزیع دما، پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بطور کلی ارزیابی احساس حرارتی در شرایط متفاوت محیطی و انسانی می‌گردد.

طی مصاحبه‌ای که در سال ۲۰۱۷ در یک مطالعه میدانی بر روی ۳۸۹۲ نفر از ساکنین ۶۰ ساختمان اداری در ایالات متحده انجام شد، نتایج نشان داد که حدود ۴۰٪ از پاسخ دهندگان از محیط حرارتی ناراضی بوده‌اند که با توجه به میزان بالای مصرف انرژی عدد قابل توجهی است [۳]. دلیل شناخته شده پایین بودن میزان رضایت، گرمی یا سردی بیش از حد در محیط داخل ساختمان بوده است. می‌توان نتیجه گرفت با وجود مصرف بالاتر انرژی نسبت به مقدار مورد نیاز، هنوز هدف آسایش حرارتی فراهم نشده است [۴]. تغییر هدف کنترل از پارامترهای فیزیکی به پاسخ‌های ذهنی، ممکن است راه حلی برای بهبود آسایش حرارتی بدون لزوم افزایش مصرف انرژی باشد. یکی از این روشها، کنترل بر اساس پاسخ ذهنی احساس حرارتی ساکنین است که توجه محققان را به خود جلب کرده است. در روش‌های رایج، کنترل دما و رطوبت داخلی، بر اساس یک محدوده از پیش تنظیم شده ثابت که توسط استانداردهای ساختمانی تنظیم یا پیشنهاد شده، انجام می‌شود. در حالیکه، کنترل براساس پاسخ ساکنین، پاسخ‌های بلندرنگ ساکنان را در محیط حرارتی جمع‌آوری کرده، سپس تنظیمات کنترلی مورد نظر را بر این اساس تنظیم می‌کند. یکپارچه‌سازی پاسخ‌های حرارتی ساکنان،

مانند شکایات از گرمی یا سردی محیط، نظرات حرارتی آنلاین و غیره، پتانسیل افزایش آسایش حرارتی را در عین صرفه‌جویی در مصرف انرژی از حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد، در ساختمان‌های اداری نشان داده است.

روش‌های مطالعه آسایش حرارتی

هدف اصلی مطالعه آسایش حرارتی درک چگونگی تاثیرگذاری محیط حرارتی بر درک حرارتی ساکنین است، برای دستیابی به این هدف از روش‌های مختلف تحقیق استفاده شده است. دو روش میانگین رای پیش‌بینی شده^۱ و دمای موثر استاندارد^۲ بر اساس تعادل حرارتی و مدل انتقال مبتنی بر فیزیک ساخته شده‌اند. علاوه بر این، تکنیک‌های رگرسیون نیز برای پیش‌بینی معیارهای آسایش حرارتی ذهنی با توجه به شرایط فیزیکی اندازه‌گیری شده در همان زمان استفاده می‌شوند. رگرسیون خطی، چند جمله‌ای و چند متغیره، تک متغیره و رگرسیون لجستیک ابزارهای ریاضی هستند که معمولاً برای شناسایی رابطه بین محیط‌های فیزیکی و ادراکات ذهنی استفاده می‌گردد. به عنوان مثال، مدل تطبیقی حرارتی بر اساس تکنیک‌های رگرسیون ساخته شده است.

علاوه بر دو روش مرسوم فوق، از رویکردهای یادگیری ماشینی پیچیده‌تر نیز می‌توان برای ترسیم پاسخ‌های ذهنی به محیط فیزیکی و شناسایی روندهای پنهان استفاده کرد. تکنیک‌های یادگیری ماشین در واقع قدرتمندتر از ابزارهای رگرسیون در گرفتن روابط غیر خطی غیر استاندارد بین متغیرهای مستقل و وابسته هستند. جنگل تصادفی [۵]. ماشین بردار پشتیبان [۶]. شبکه عصبی [۷]. شبکه بیزی [۸]. طبقه‌بندی فرایند گاوسی، در مطالعات آسایش حرارتی برای پیش‌بینی حس حرارتی [۹]. آسایش حرارتی (Ghahramani et al., ۲۰۱۵). مقبولیت حرارتی (Cheung et al., ۲۰۱۷) و ترجیح حرارتی [۸]. استفاده شده‌اند.

یکی از چالش‌های کلیدی که مانع استفاده از رویکرد یادگیری ماشینی می‌شود این است که الگوریتم‌های بسیار متفاوتی وجود دارد و تصمیم‌گیری برای یک مشکل خاص دشوار است. کیم و همکاران [۱۰]. ۶ الگوریتم پرکاربرد شامل درخت طبقه‌بندی، طبقه‌بندی فرایند گاوسی، روش تقویت گرادیان، ماشین بردار پشتیبان، جنگل تصادفی و رگرسیون لجستیک منظم را در پیش‌بینی اولویت حرارتی مقایسه کردند. تفاوت دقت پیش‌بینی الگوریتم بهترین و بدترین تنها ۱۰٪ است و تفاوت دقت پیش‌بینی سه الگوریتم برتر در حدود

² Standard Effective Temperature (SET)^۱ Predicted Mean Vote (PMV)

داده مشخص می‌شود. یافته‌های این مقاله می‌تواند به طراحی محفظه‌های آزمایش و تعیین شرایط محیطی در مطالعات میدانی، همچنین طراحی رابط‌های تعامل انسان و ساختمان کمک کند.

پایگاه داده آسایش حرارتی جهانی اشری

پایگاه داده آسایش حرارتی جهانی اشری^۴، به عنوان یک همکاری بین‌المللی به رهبری دانشگاه کالیفرنیا در برکلی و دانشگاه سیدنی، با هدف پیشبرد مطالعات آسایش حرارتی با بهره‌گیری از یکپارچه‌سازی و هماهنگ کردن داده‌های فراوان مطالعات آسایش حرارتی در سراسر جهان [۱۱] می‌باشد.

معیارهای مورد استفاده در انتخاب اطلاعات بکاررفته در توسعه پایگاه داده شامل موارد متعددی بوده است. اولین معیار آنست که داده‌ها باید از آزمایش‌های میدانی به جای آزمایش‌های فضای آزمایشگاهی به دست آیند. همچنین ملاحظات مربوط به مولفه‌های شرایط فیزیکی داخل و ارزیابی‌های ذهنی بایستی بصورت همزمان در مکان مشخص انجام گیرد. علاوه بر این داده‌ها باید بصورت خام و بدون پردازش ارائه شود.

در حال حاضر، ۸۱۸۴۶ نقاط داده از ۵۲ مطالعه میدانی انجام شده در ۱۶۰ ساختمان در پایگاه داده گنجانده شده و این اطلاعات بصورت آزاد در اختیار افراد قرار دارد. پایگاه داده آسایش حرارتی جهانی اشری^۴، ۶۸ ویژگی را ثبت کرده است که آرای آسایش حرارتی ذهنی، اندازه‌گیری فیزیکی عینی، ویژگی‌های ساختمان، ویژگی‌های ساکنان ساختمان‌ها، شرایط آب و هوایی و اقلیم منطقه را پوشش می‌دهد [۱۱]. این مطالعات میدانی در ۲۸ کشور جهان انجام شده که هم کشورهای در حال توسعه و هم کشورهای توسعه یافته را شامل می‌شد.

معیارهای ذهنی آسایش حرارتی

برای بهره‌گیری از بازخورد ساکنین در کنترل شرایط محیطی داخل ساختمان نیاز به معیارهایی به منظور کمی کردن پاسخ‌های ذهنی می‌باشد. معیارهای احساس حرارتی^۵، آسایش حرارتی^۶، مقبولیت حرارتی^۴، ترجیح حرارتی^۵ و رضایت حرارتی^۶ معمولاً برای ارزیابی دیدگاه‌های مختلف ناشی از تجربیات شخص از شرایط حرارتی در محیط‌های ساخته شده استفاده می‌شوند [۱۰].

معیار احساس حرارتی به دلیل ارتباط مستقیم با اندازه‌گیری‌های فیزیکی (دما) و مدل‌های میانگین آرای پیش‌بینی شده، در مقایسه با

۱٪ است. در مطالعه انجام شده توسط بانکو و همکاران (Banko & Brill, ۲۰۰۱) در زمینه یادگیری ماشین، الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین از نظر دقت پیش‌بینی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که، زمانی که الگوریتم‌ها به درستی اعمال شوند، تفاوت‌های عملکردی کمی دارند. آنچه واقعاً اهمیت دارد، حجم نمونه مجموعه آموزشی است، به ویژه در مطالعات آسایش حرارتی، که حجم نمونه معمولی آن فقط در مقیاس بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ می‌باشد. این حجم نمونه برای آموزش و آزمایش الگوریتم‌های یادگیری ماشین کافی نیست. بنابراین یک مجموعه داده مناسب می‌تواند در بهبود عملکرد این الگوریتم‌ها تاثیر گذار باشد. این پژوهش سعی دارد با بررسی پایگاه داده اشری^۴ و پارامترهای خاص آن میزان تاثیر آنها بر آسایش و احساس حرارتی را نشان دهد.

روش تحقیق

در این مطالعه، به منظور درک متفاوت از آسایش حرارتی، از روش تحلیل اکتشافی برای تأیید فرضیه‌های موقت و انجام یک مقایسه کلی آسایش حرارتی از نظر پارامترهای مؤثر استفاده شده است. تحلیل اکتشافی روشی مؤثر برای قادر ساختن محققین به درک شرایط در مراحل اولیه و کشف عوامل احتمالی مؤثر بر یک موضوع خاص از طریق بررسی متغیرهای مرتبط و تحلیل همبستگی‌های درونی بین آنها است. با در نظر گرفتن مقیاس داده‌ها، ابتدا مولفه‌هایی که مربوط به انسان به عنوان استفاده کننده از محیط می‌باشد از جمله جنسیت، شاخص لباس، سن و متابولیسم انتخاب می‌شود. در ادامه، برای پرداختن به آسایش حرارتی در محیط‌های مختلف، انواع ساختمان‌ها به عنوان مولفه‌های مرتبط با محیط فیزیکی در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، برای تحقق تجسم داده‌ها و انجام مقایسه از انواع مختلف نمودارها استفاده خواهد شد. موضوعاتی که این مقاله مورد بررسی قرار می‌دهد شامل دو سوال اصلی می‌باشد:

- بررسی دو پارامتر تاثیر گذار آسایش حرارتی و احساس حرارتی در محدوده جغرافیایی قاره آسیا
- رابطه آسایش حرارتی و احساس حرارتی با مولفه‌های انسانی مانند سن، جنسیت، میزان فالت، میزان پوشش در منطقه آسیا

برای پاسخ به سؤالات فوق، یک جریان کاری دو مرحله‌ای پیشنهاد شده است. ابتدا اطلاعات فهرست شده در پایگاه داده آسایش حرارتی جهانی اشری^۴ مربوط به آسیا بر اساس معیارهای ذهنی بررسی می‌گردد. سپس رابطه معیارها با دیگر مولفه‌های فهرست شده در پایگاه

^۴ Thermal Acceptability

^۵ Thermal Preference

^۶ Thermal Satisfaction

^۱ ASHRAE

^۲ Thermal Sensation

^۳ Thermal Comfort

بررسی رابطه مولفه‌های انسانی تاثیرگذار بر احساس و آسایش حرارتی

ایجاد یک محیط داخلی راحت از نظر حرارتی به سبب تاثیر بر میزان مصرف انرژی و رضایت ساکنین محیط، از موضوعات مهم در مهندسی ساختمان است [۱۶]. یافتن دمای ایده آل برای هر فرد در یک فضای مشخص، بدلیل تفاوت‌های گوناگونی میان افراد در خصوص رضایت روانشناسی و فیزیولوژیکی، کار بسیار سختی است. مولفه‌های مختلفی از ضخامت دیوارها، نوع سقف، جنس مصالح و غیره گرفته تا نوع جنسیت افراد و نوع پوشش، بر آسایش حرارتی انسان‌ها تاثیر گذارند. براساس یک طبقه‌بندی می‌توان این مولفه را به دو دسته اصلی مولفه‌های انسانی و محیطی تقسیم کرد.

مولفه‌های انسانی شامل نرخ متابولیک، پوشش، وضعیت سلامتی و سازگاری، همچنین مولفه‌هایی چون وضعیت فیزیکی، سن و جنسیت و موارد دیگر است. در این تحقیق رابطه چند مولفه انسانی، باتوجه دامنه کاربردی آن در طراحی ساختمان، با دو معیار ذهنی آسایش حرارتی مورد سنجش قرار گرفته است. اطلاعات مورد استفاده از پایگاه داده اشری مربوط به کشورهای منطقه آسیا، شامل ۱۱ کشور از جمله ایران، فیلیپین، هند، ژاپن، مالزی، تایلند، کره جنوبی، اندونزی، چین، سنگاپور و پاکستان می‌باشد.

محدوده احساس حرارتی بر اساس روش فنگر در محدوده ۳- تا ۳+ است که بازه (۳-، ۰) احساس خنک، (۰) احساس راحت و (۳+، ۰) مربوط به احساس گرما در نظر گرفته می‌شود (Du et al., ۲۰۲۳).

محدوده آسایش حرارتی نیز به ۶ سطح تقسیم می‌شود که در این بازه سطح ۱ خیلی ناراحت و ۶ خیلی راحت در نظر گرفته می‌شود. جدول ۱ پارامترهای مورد ارزیابی و عنوان اختصاری آن در پایگاه داده اشری را نشان می‌دهد.

جدول ۱: پارامترهای مورد ارزیابی.

پارامتر	نشان اختصاری
سن	Age
جنسیت	Sex
نرخ متابولیک	Met
نوع لباس	Clo

سایر معیارها «عینی» در نظر گرفته می‌شود. این معیار به طور گسترده در مطالعات آسایش حرارتی ذهنی استفاده شده است [۱۲]. محیط حرارتی خنثی به عنوان هدف مهندسی محیط ساخته شده در نظر گرفته می‌شود. خنثی بودن هنگامی حفظ می‌شود که گرمای تولید شده توسط متابولیسم انسانی اجازه‌ی پراکنده شدن داشته باشند تا به این صورت تعادل دمایی با محیط اطراف حفظ شود.

دو معیارهای آسایش حرارتی و مقبولیت حرارتی اغلب در هر دو شرایط آزمایشگاهی و همچنین در مطالعات میدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دو معیار ذهنی تر از احساس حرارتی هستند. بر اساس مطالعات انجام شده مقبولیت حرارتی بازه کوچکتری نسبت به آسایش حرارتی دارد، در یک محیط ممکن است فرد احساس آسایش نداشته باشد اما شرایط مورد قبول او باشد [۱۳،۵].

رضایت حرارتی اغلب در ارزیابی پس از اسکان^۱ استفاده می‌شود. بر خلاف سایر معیارها که بیشتر بر تجربه حرارتی یک فرد تمرکز دارد، رضایت حرارتی (نرخ) بیشتر برای ارزیابی محیط حرارتی کلی ساختمان استفاده می‌شود.

طریقه سنجش ترجیح حرارتی، پرسش مستقیم از مصرف کننده در تعامل وی با محیط حرارتی می‌باشد. اولویت حرارتی کاربرد وسیعی در سیستم‌های کنترل تهویه مطبوع مبتنی بر تعامل انسانی-محیط دارد [۱۴].

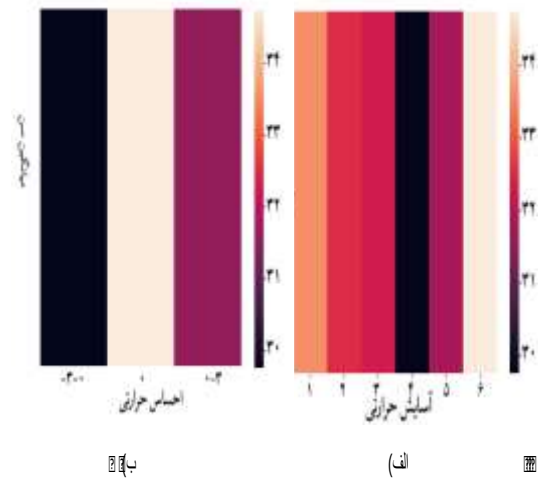
به طور کلی، این پنج معیار را می‌توان به دو دسته طبقه بندی کرد. حس حرارتی و ترجیح حرارتی شاخصی متقارن هستند که می‌توانند بین سرد و گرم تمایز قائل شوند. با این حال، آسایش حرارتی، رضایت حرارتی و مقبولیت حرارتی نامتقارن هستند و قادر به ارائه هیچ اطلاعاتی به سیستم تهویه مطبوع در مورد اقدامی که باید انجام دهد (گرمایش یا سرمایش) نمی‌باشد.

اگرچه پنج معیار ذکر شده در بالا برای اهداف تحقیقاتی مختلف پیشنهاد شده‌اند، اما شکی نیست که پنج معیار آسایش حرارتی ذهنی ذکر شده در بالا با یکدیگر مرتبط هستند. وانگ و همکاران [۱۵]. ازضرایب همبستگی پیرسون و ضرایب همبستگی فاصله برای تعیین کمیت وابستگی بین معیارهای حرارتی استفاده کردند و نشان دادند که آسایش حرارتی و احساس حرارتی دارای قدرت پیش‌بینی بیشتری نسبت به معیارهای دیگر هستند. علاوه بر این آنها نشان دادند که معیارهای دیگر با استفاده از این دو معیار قابل پیش بینی هستند.

^۱ Post Occupancy Evaluation (POE)

سن افراد

اولین پارامتر مورد ارزیابی، بررسی رابطه سن افراد با دو معیار ذهنی شرایط حرارتی می باشد. سوخت و ساز بدن تابع سن افراد می باشد. شکل ۱ وضعیت میانگین سنی در پاسخ های آسایش و راحتی حرارتی را نشان می دهد.



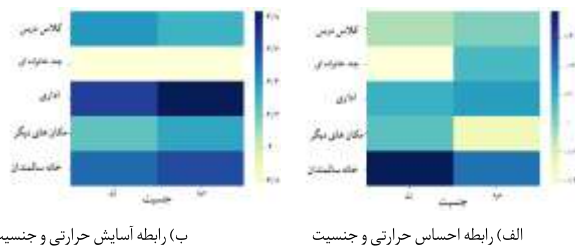
شکل ۱. رابطه میانگین سنی با آسایش و احساس حرارتی

شکل ۱الف نشان می دهد که در یک محیط یکسان سنین پایین تر احساس حرارتی به سمت خنک بودن محیط و سنین بالاتر به سمت راحتی حرارتی بوده است. شکل ۱ ب) نیز بیانگر احساس راحتی بیشتر در افراد با میانگین سنی بالاتر نسبت به بقیه سنین می باشد. بیشترین ناراحتی از شرایط آسایش مربوط به افراد با میانگین سنی میانی است.

جنسیت افراد

شناخت مناسب از ویژگی ها و عکس العمل های افراد با جنسیت های متفاوت نسبت به شرایط حرارتی محیط پیرامون می تواند قدم موثری در شناخت هرچه بهتر نیازهای آنها بوده و پیرو آن معماران می توانند طراحی مناسب تری برای شرایط آسایش کاربران انجام دهند. بر اساس نتایج مطالعات آزمایشگاهی و میدانی، زنان در مقایسه با مردان نسبت به شرایط سرما حساس تر هستند. رابطه بین تفاوت جنسیتی افراد با آسایش حرارتی و احساس حرارتی در محیط های مختلف، در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج شکل در احساس و آسایش حرارتی در محیط های بررسی شده، با توجه به خصوصیات متفاوت کاربران هر یک از محیط ها، کاملاً مطابق نیست. بطور کلی در چهار محیط خانه سالمندان، اداری، کلاس درس و چند خانواده- ای احساس حرارتی زنان به سمت گرم تر بودن تمایل دارد و نظر

حرارتی آنها در بیشتر موارد سرد بودن دمای فعلی محیط می باشد که می توان اینگونه نتیجه گرفت که زنان معمولاً از بسیاری جهات فضای کاری گرم تری را نسبت به مردان ترجیح می دهند.



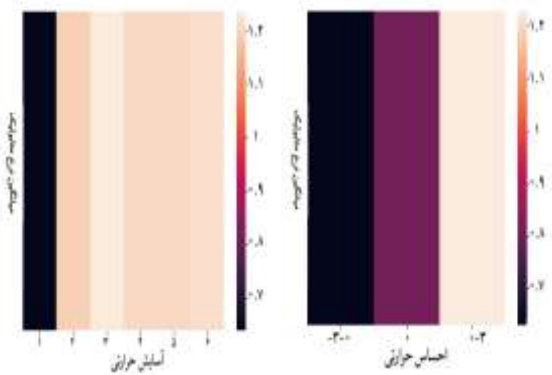
ب) رابطه آسایش حرارتی و جنسیت

الف) رابطه احساس حرارتی و جنسیت

شکل ۲. رابطه احساس و آسایش حرارتی با جنسیت

نرخ متابولیک

میزان حرارت تولید شده به وسیله بدن انسان به سطح پوست و میزان فعالیت هر شخص بستگی دارد. شکل ۳، نرخ متابولیکی (فعالیت) را نشان می دهد. بر اساس این نمودار با افزایش سطح فعالیت افراد احساس حرارتی در جهت گرم بودن محیط بوده است. نرخ فعالیت با آسایش حرارتی ارتباط منظمی نداشته و به نظر می رسد که احتمالاً متابولیسم عامل اصلی تأثیرگذار بر آسایش حرارتی نباشد.



الف) رابطه احساس حرارتی و میزان پوشش

ب) رابطه آسایش حرارتی و میزان پوشش

شکل ۳. بررسی نرخ متابولیک با آسایش و احساس حرارتی

نوع لباس

نوع پوشش و لباس از عوامل تأثیر گذار بر احساس و آسایش حرارتی به شمار می آید. لباس در تبادل حرارتی بدن انسان با محیط اطراف بدلیل کاهش سطح تماس بدن با محیط، موثر است. بر اساس شکل ۴ افراد با میانگین نرخ لباس کمتر، احساس سرمای بیشتری دارند. این با ویژگی لباس و ویژگی عایق حرارتی بودن آن مطابقت دارد. در

آسایش حرارتی شرایطی ذهنی است که احساس رضایت از شرایط دمایی محیط را بیان می‌کند. عوامل زیادی در تأمین آسایش حرارتی در یک محیط نقش دارند. شناخت و به کار بردن این عوامل می‌تواند تاثیر زیادی را در روند ایجاد آسایش حرارتی به صورت استاندارد داشته باشد.

در محیط حرارتی گذرا، آسایش حرارتی فعلی پایدار نیست و از زمان به زمان متفاوت است. بنابراین، اگر فقط احساس حرارتی فعلی را ارزیابی کنیم باعث خطای پیش‌بینی می‌شود. مدل‌های آسایش حرارتی موجود عمدتاً بر ارزیابی آسایش حرارتی فعلی تمرکز دارند. از آنجایی که تفاوت‌های فردی نقش مهمی در ارزیابی آسایش حرارتی دارند، شاخص‌های فیزیولوژیکی باید در نظر گرفته شوند. در این مقاله ابتدا اهمیت احساس حرارتی و آسایش حرارتی را در پایگاه داده اشری بررسی شده، سپس تاثیر برخی مولفه‌های انسانی بر این دو پارامتر ارزیابی گردید.

بررسی رابطه چهار مولفه، سن افراد، جنسیت، نرخ لباس و نرخ متابولیک با آسایش حرارتی و احساس حرارتی نشان داد که افراد در سنین پایین‌تر محیط را سردتر حس می‌کنند و آسایش حرارتی افراد با میانگین سنی بالاتر بیشتر می‌باشد. همچنین احساس حرارتی زنان در اکثر محیط‌ها به سمت گرم‌تر بودن تمایل دارد و نظر حرارتی آنها در بیشتر موارد سرد بودن دمای فعلی محیط است. نرخ متابولیک عامل اصلی تأثیرگذار بر حس حرارتی نباشد و افراد با میانگین نرخ لباس کمتر، احساس سرمای بیشتری دارند، اما بطور کلی می‌توان بیان داشت که نرخ لباس ارتباط موثری بر آسایش حرارتی ندارد. یافته‌های این مقاله می‌تواند به طراحی محفظه‌های آزمایش، مطالعات میدانی، و رابط‌های تعامل انسان-ساختمان با روشن کردن انتخاب معیارهای حرارتی ذهنی برای جمع‌آوری مؤثر و دقیق اطلاعات در مورد تجربه حرارتی ساکنان با کمترین سؤال ممکن کمک نماید.

منابع

- [۱]. L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout, C, "A review on buildings energy consumption information," Energy and Buildings, vol. ۴۰, No. ۳, pp. ۳۹۴-۳۹۸, ۲۰۰۸.
- [۲]. Z. Wang, H. Zhao, B. Lin, Y. Zhu, Q. Ouyang, J. Yu, "Investigation of indoor environment quality of Chinese large-hub airport terminal buildings through longitudinal field measurement and subjective survey," Building and environment, vol. ۹۴, pp. ۵۹۳-۶۰۵, ۲۰۱۵.
- [۳]. Y. Long, S. Liu, L. Xie, K. H. Johansson, "A scenario-based distributed stochastic MPC for building temperature regulation," ۲۰۱۴ IEEE international conference on automation science and engineering (CASE), ۲۰۱۴.

مورد آسایش حرارتی، افراد در محیطی راحت‌تر هستند که نرخ کمتری از لباس پوشیده‌اند. اما بطور کلی می‌توان بیان داشت که نرخ لباس ارتباط موثری بر آسایش حرارتی ندارد.



الف) رابطه احساس حرارتی و میزان پوشش ب) رابطه آسایش حرارتی و میزان پوشش

شکل ۴. رابطه لباس با آسایش و احساس حرارتی

محدودیت

متفکر برجسته مدیریت، پیتراکرا (Drucker, ۱۹۵۴) زمانی گفت که شما نمی‌توانید آنچه را که نمی‌توانید اندازه‌گیری کنید مدیریت کنید. برای مدیریت و تأمین آسایش حرارتی یک محیط، اولین قدم اندازه‌گیری دقیق آن است. این مطالعه در مورد اینکه چه تعداد و کدام معیارهای ذهنی باید برای ارزیابی محیط حرارتی استفاده شود، بحث شده است.

اولین محدودیت این مطالعه، تجزیه و تحلیل داده‌های پایگاه داده آسایش حرارتی جهانی (اشری) به تنهایی است. اگرچه تاکنون این پایگاه بزرگترین پایگاه داده در زمینه آسایش حرارتی می‌باشد، اما قطعاً بسیاری از مطالعات میدانی در این پایگاه داده گنجانده نشده است. بنابراین، امکان دارد که برخی از نتیجه‌گیری‌ها در کل جامعه تحقیقاتی آسایش حرارتی صادق نباشند. علاوه بر این، برای ارزیابی دقیق محیط حرارتی، نه تنها نیاز به انتخاب معیارهایی است که بیشترین همبستگی را با یکدیگر دارند که برای هر یک از این معیارها بایستی نمونه‌های کافی نیز جمع‌آوری گردد [۱۳].

نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مسائل مهم در ساخت ساختمان مسئله آسایش حرارتی آن می‌باشد. رضایت ساکنان یک ساختمان به لحاظ آسایش حرارتی اهمیت زیادی دارد، چرا که این موضوع نقش تعیین کننده-ای را در فعالیت‌های ساکنین آن ساختمان و در عین حال صرفه‌جویی در مصرف انرژی ایفا می‌کند.

- [۴]. J. Taylor, Y. Liu, B. Lin, E. Burman, S. M. Hong, J. Yu, Z. Wang, D. Mumovic, C. Shrubsole, D. Vermeer, "Towards a framework to evaluate the 'total' performance of buildings," Building services engineering research and technology, vol. ۳۹, No. ۵, pp. ۶۰۹-۶۳۱, ۲۰۱۸.
- [۵]. D. Li, C. C. Menassa, V. R. Kamat, " Personalized human comfort in indoor building environments under diverse conditioning modes," Building and environment, No. ۱۲۶, PP. ۳۰۴-۳۱۷, ۲۰۱۷.
- [۶]. L. Jiang, R. Yao, R. "Modelling personal thermal sensations using C-Support Vector Classification (C-SVC) algorithm," Building and environment, vol. ۹۹, pp. ۹۸-۱۰۶, ۲۰۱۶.
- [۷]. W. Liu, Z. Lian, B. Zhao, " A neural network evaluation model for individual thermal comfort. Energy and Buildings," vol. ۳۹, No. ۱۰, pp. ۱۱۱۵-۱۱۲۲, ۲۰۰۷.
- [۸]. S. Lee, I. Bilonis, P. Karava, A. Tzempelikos, " A Bayesian approach for probabilistic classification and inference of occupant thermal preferences in office buildings," Building and environment, vol. ۱۱۸, pp. ۳۲۳-۳۴۳, ۲۰۱۷.
- [۹]. B. Jiang, Z. Cheng, Q. Hao, N. Ma, " A building energy consumption prediction method based on random forest and ARMA ۲۰۱۸. Chinese Automation Congress (CAC)," ۲۰۱۸.
- [۱۰]. J. Kim, S. Schiavon, G. Brager, " Personal comfort models—A new paradigm in thermal comfort for occupant-centric environmental control," Building and environment, vol. ۱۳۲, pp. ۱۱۴-۱۲۴, ۲۰۱۸.
- [۱۱]. V. F. Ličina, T. Cheung, H. Zhang, R. De Dear, T. Parkinson, E. Arens, C. Chun, S. Schiavon, M. Luo, G. Brager, " Development of the ASHRAE global thermal comfort database II. Building and environment, vol. ۱۴۶, pp. ۵۰۲-۵۱۲, ۲۰۱۸.
- [۱۲]. M. Schweiker, X. Fuchs, S. Becker, M. Shukuya, M. Dovjak, M. Hawighorst, J. Kolarik, "Challenging the assumptions for thermal sensation scales," Building Research & Information, vol. ۴۵, No. ۵, pp. ۵۷۲-۵۸۹, ۲۰۱۷.
- [۱۳]. J. Wang, Z. Wang, R. de Dear, M. Luo, A. Ghahramani, B. Lin, B, "The uncertainty of subjective thermal comfort measurement," Energy and Buildings, vol. ۱۸۱, pp. ۳۸-۴۹, ۲۰۱۸.
- [۱۴]. J. H. Kim, N. C. Seong, W. Choi, " Comparative Evaluation of Predicting Energy Consumption of Absorption Heat Pump with Multilayer Shallow Neural Network Training Algorithms, " Buildings, vol. ۱۲, No. ۱, pp. ۱۳, ۲۰۲۲.
- [۱۵]. Z. Wang, J. Wang, Y. He, Y. Liu, B. Lin, T. Hong, "Dimension analysis of subjective thermal comfort metrics based on ASHRAE Global Thermal Comfort Database using machine learning," Journal of building engineering, ۲۹, ۱۰۱۱۲۰, ۲۰۲۰.
- [۱۶]. Z. Wang, B. Lin, Y. Zhu, "Modeling and measurement study on an intermittent heating system of a residence in Cambridgeshire," Building and environment, vol. ۹۲, pp. ۳۸۰-۳۸۶, ۲۰۱۵.

Analysis of subjective thermal comfort parameters affecting energy management in Asia based on ASHRAE database

Azam Noroozi^{۱*}

^۱- Faculty of Engineering - Department of Civil Engineering and Architecture - Torbath Heydariyeh University – Torbath Heydariyeh - Iran.

Abstract

Since the thermal condition of living spaces affects the productivity of residents and their quality of life, it is important to design effective heating, cooling, and air conditioning control strategies to increase efficiency and provide thermal comfort. Subjective criteria affecting thermal comfort are important parameters that should be considered in the design of comfort models. In this research, the subjective parameters of thermal comfort were first analyzed, and then the relationship between the two subjective parameters of thermal sensation and thermal comfort with personal factors in Asia was analyzed and evaluated using the ASHRAE global thermal comfort database. The results showed that thermal comfort and thermal sensation have more predictive power than other criteria. In addition, the evaluation showed that people's age and gender affected thermal sensation and thermal comfort, but the metabolic rate and clothing were less related to these two criteria

Keywords: subjective criteria of thermal comfort; environmental factors; personal factors; thermal sensation.