

مقاله پژوهشی

ارتباط مقیاس‌های آسایش حرارتی با مولفه‌های فیزیکی - محیطی؛ سنجش موردی: ساختمان مدیریت دانشگاه شیراز^۱

بهاره بنزاده^{۱*}، شاهین حیدری^۲، حبیب هادیان‌فرد^۳

۱- پژوهشگر دکتری معماری، دانشگاه تهران، پردیس بین‌الملل کیش

۲- استاد معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران

۳- استاد روانشناسی، دانشکده روانشناسی، دانشگاه شیراز

(دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۹)

چکیده

مطالعات آسایش حرارتی از دیدگاه‌های متفاوتی قابل بحث است. سازگاری حرارتی روند تدریجی تطابق با شرایط و پاسخ به محرک‌های حرارتی است که در سه دسته سازگاری فیزیکی، فیزیولوژیکی و روانی طبقه‌بندی می‌گردد. بنابراین آسایش حرارتی صرفاً تحت تاثیر مولفه‌های اقلیمی نبوده و متغیرهای دیگری بر آن اثرگذارند. به همین دلیل تحقیقات متعددی جهت تعیین مولفه‌ها و میزان اثر آنها تاکنون انجام شده‌است. در این پژوهش با هدف شناسایی تاثیر همزمان مولفه‌های فیزیکی و محیطی، مطالعه‌ای میدانی در ساختمان اداری در شهر شیراز انجام شده‌است. مولفه‌های محیطی شامل دمای خشک، دمای کروی، دمای کروی مرطوب و رطوبت نسبی است که در فضای داخلی و خارجی ثبت شده‌اند. مولفه‌های فیزیکی نیز شامل دید به اطراف، موقعیت مکانی، وضعیت بازشوها، سطح آلودگی صوتی، وضعیت روشنایی و چیدمان فضایی است. فرایند تحقیق میدانی شامل سه بخش توزیع پرسشنامه، مشاهده و ثبت داده‌های آب‌وهوایی با استفاده از دیتالاگر است. مطالعه در مدت زمان چهار روز کاری در فصل زمستان انجام شده‌است. نتایج بر روی ۱۰۸ نفر کارمند در فصل زمستان نشان می‌دهد، از میان مولفه‌های محیطی بیشترین اثرگذاری بر ادراک حرارتی فرد به رطوبت نسبی وابسته است. تاثیر همزمان مولفه‌های فیزیکی - محیطی نیز نشان می‌دهد علاوه بر دما و رطوبت نسبی هوای داخل، وضعیت بازشوها و موقعیت مکانی فرد نیز اثرگذاری قابل توجهی بر احساس حرارتی فرد دارند. براساس نتایج مقیاس احساس حرارتی توسط مولفه‌های فیزیکی - محیطی و مقیاس ترجیح حرارتی عمدتاً توسط مولفه‌های محیطی قابلیت پیش-بینی داشته‌اند.

کلید واژه‌ها: سازگاری حرارتی، آسایش حرارتی، مولفه‌های فیزیکی - محیطی، ساختمان اداری، شیراز

^۱ - این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول مقاله با عنوان " تبیین و تدوین چارچوب ادراک آسایش حرارتی با تعیین میزان‌بندی و اثرسنجی جریان‌های روانی " در دانشگاه تهران، پردیس بین‌الملل کیش به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره نگارنده سوم است.

* - نویسنده مسئول: bahar.bannazadeh@ut.ac.ir

۱- مقدمه

ضرورت مطالعه حاضر از جنبه‌های مختلفی قابل بحث است؛ اثرات کلان تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی، کنترل مصرف انرژی، کیفیت محیطی داخلی و سلامت فردی مواردی از این دست هستند. افراد ۶۰ تا ۹۰ درصد از ساعات خود را در فضاهای داخلی و به طور خاص یک سوم از ساعات روز را در فضای اداری، سپری می‌کنند (Antoniadou & Papadopoulos, 2017). براساس گزارش سازمان جهانی انرژی در سال ۲۰۱۷، مصرف کلی انرژی در ساختمان‌ها رو به افزایش است؛ در حالی که بهینه سازی مصرف انرژی (از طریق اعمال قوانین و نوع تکنولوژی مورد استفاده) با سرعت بسیار آهسته‌تری پیش می‌رود. بسیاری از ضوابط و استانداردهای موجود بر تحقیقات پیشین و ارقام تعریف شده در آنها تمرکز نموده‌اند. از این رو با توجه به پتانسیل بیشتر بخش ساختمان در جهت افزایش کارایی (تا ۸۰ درصد) به نسبت صنعت، تجارت و نیروگاه‌های برقی می‌توان به بهبود وضعیت امیدوار بود. (Wagner & O'Brien, 2018). بنابراین به دلیل اضطرار در نیاز به کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مصرف انرژی، موضوع آسایش حرارتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Djamila, 2017; Djongyang et al., 2010). آسایش حرارتی یکی از جنبه‌های کیفیت محیط داخلی است که در استاندارد EN15251 نیز مورد اشاره قرار گرفته است (Albatayneh et al., 2018; Frontczak & Wargocki, 2011). در محیطی با کیفیت مناسب، سلامت روان فرد تحت تاثیر مسائل فیزیکی، ذهنی و احساسی تامین می

گردد (Johnson et al., 2018). امروزه پذیرفته شده است که ادراک حرارتی افراد تفاوت‌هایی دارد؛ حال یا وابسته به تفاوت‌های فیزیولوژیکی و یا وابسته به تفاوت در سبک زندگی و رفتاری افراد است (Schweiker, et al., 2018).

این اعتقاد وجود دارد که در صورت اتکا و اعتماد به رفتار کاربران و طراحی براساس آن، امکان کاهش مصرف انرژی بسیاری در تاسیسات ساختمانی فراهم می‌شود. بسیاری از ساختمان‌های با رویکرد معماری سبز به سمت هوشمندسازی پیش رفته‌اند و در بسیاری موارد نه تنها کاهش مصرف انرژی را به همراه نداشته، بلکه موجب نارضایتی کاربران نیز گردیده است (Wagner & O'Brien, 2018)؛ بنابراین این پژوهش با هدف تدقیق مطالعات آسایش حرارتی در ایران و به طور خاص شهر شیراز، ساختمان اداری را در روند مطالعات میدانی مد نظر قرار داده است. با این نگاه، با توجه به زمینه مورد مطالعه، مولفه‌های اثرگذار شناسایی شده‌اند و در قالب پرسشنامه و مشاهده مورد سنجش قرار گرفته‌اند. این مقاله بخشی از مطالعه‌ای کلان‌تر است که اثر ۶۰ مولفه مختلف بر ادراک حرارتی فرد سنجیده شده است. از آنجایی که در فضاهایی که فرد در بلندمدت حضور دارد، سازگاری حرارتی ممکن است با توجه به سایر جنبه‌های موجود در فضا برای وی رقم بخورد، لازم است مشخص گردد علاوه بر شرایط آب‌وهوایی (دما و رطوبت) چه متغیرهای دیگری بر ادراک حرارتی و در نتیجه آسایش حرارتی وی اثرگذارند. از آنجایی که در مطالعات آسایش حرارتی اخیر، مدل‌های فردی آسایش حرارتی مد نظر است، این دست

استفاده از دماسنج در اتاق گرم نسبت داده می‌شود؛ تحقیقات وی بیان‌گر میزان توانایی تحمل افراد در دمای بالا بوده‌است. Richet، در سال ۱۸۸۵، به تنظیمات سیستم مغز انسان در درک حرارت پی برد. در سال ۱۹۳۰، Gagge، بر روی مطالعه فرایند تبادل حرارتی در بدن انسان متمرکز گردید و توانست در سال ۱۹۶۹ آسایش حرارتی را براساس رویکرد تعادل حرارتی در استاندارد ASHRAE ارائه نماید. مطالعه آسایش حرارتی از قرن بیستم (با مطرح شدن سیستم‌های HVAC) زمانی که مدل‌های ساده اولیه از تعامل دو مولفه شکل گرفتند، توسعه بیشتری یافته است در سال‌های ۱۹۳۰، با توسعه مدل دو گانه که توسط Gagge (۱۹۳۶) ارائه شد، ایده ترمودینامیک به مطالعات تبادل حرارتی بدن انسان و محیط وارد شد. مطالعات آتی توسط Givoni, 1963 و Fanger, 1970 با ارائه مدل تنش حرارتی و PMV پیش رفت (Coccolo et al., 2016). تحقیقات این حوزه در سال ۱۹۸۰ نهایتاً به ارائه مدل‌ها و شاخص‌های متعددی جهت سنجش آسایش حرارتی انجامید. در قرن بیستم مهندسی نیازمند یافتن شرایط ایده‌آل جهت محاسبات سیستم‌های تهویه مطبوع جهت دستیابی به شرایط آسایش یا خنثی بودند. در این بازه زمانی آسایش به عنوان محصول حضور و استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع شناخته می‌شد. البته آسایش در این نگاه صرفاً نتیجه متغیرهای فیزیکی محیط به شمار می‌آمد که در قالب شاخص‌های آسایش حرارتی مطرح شد (Taleghani et al., 2013; van Hoof et al., 2017). بنابراین Fanger، شش مولفه موثر بر آسایش حرارتی را به ترتیب زیر مطرح نمود: نرخ

مطالعات می‌تواند همچون پایگاه داده‌ای عمل نموده که تصمیم‌گیری در خصوص اصلاح استانداردها و تامین آسایش حرارتی فردی و نه به صورت میانگین فراهم گردد. نکته اساسی آن است که بخشی از سازگاری حرارتی فرد با امکان سازگاری رفتاری و اعمال تغییر در ویژگی‌های کالبدی میسر می‌شود. شناسایی این عوامل می‌تواند به انتخاب ایده‌های مناسب در فرایند طراحی در جهت ایجاد امکان رفتارهای سازگاری کمک نماید. از آن مهم‌تر مدلی پیش‌بینی کننده در اختیار خواهد بود که می‌توان ادراک حرارتی هر فرد را براساس مولفه‌های فیزیکی و محیطی تعیین نمود و در جهت تامین شرایط آسایش گام برداشت. قابل ذکر است استانداردهای EN15251 و ASHRAE 55 شرایط آسایش حرارتی برای مبنای مدل سازگاری حرارتی را اغلب برای ساختمان‌های تهویه طبیعی توصیف می‌نمایند، به همین دلیل، لازم است تحقیقات گسترده‌تری در خصوص ساختمان‌های تهویه طبیعی و تهویه ترکیبی جهت تدقیق استانداردها انجام شود. پژوهش حاضر در صدد پاسخگویی به سوالات زیر است:

- علاوه بر مولفه‌های محیطی، کدام یک از مولفه‌های فیزیکی بر ادراک حرارتی فرد اثر گذارند؟
- میزان اثرگذاری همزمان مولفه‌های فیزیکی - محیطی بر ادراک حرارتی فرد چقدر است؟
- کدام یک از پاسخ‌های حرارتی به وسیله مولفه‌های فیزیکی - محیطی قابل پیش‌بینی هستند؟

۲- پیشینه تحقیق

از نگاه فیزیولوژیکی تلاش‌های اولیه جهت درک سیستم حرارتی بدن انسان به مطالعات Blagden در

مختلف را در ادراک حرارتی فرد لحاظ نمایند. برخی از این مدل‌های عبارتند از: مدل‌های تعادل حرارتی (شاخص متوسط دمای نظر و شاخص توسعه یافته متوسط دمای نظر براساس سرعت جریان هوا)؛ مدل سازگار شده^۱ تعادل حرارتی، توسعه یافته^۲ مدل تعادل حرارتی، مدل جدید تعادل حرارتی^۳، مدل تطبیق یافته سازگاری حرارتی^۴، مدل زون خنثی از نظر دمای^۵، مدل سازگاری حرارتی براساس آنالیز رگرسیون، مدل‌های ترموفیزیولوژیکی (Marcel Schweiker et al., 2018) مدل‌های با مبنای تئوری تعادل حرارتی با استفاده از روش اتاق آزمون^۶ داده‌های مورد نیاز را استخراج می‌نماید و مدل‌های سازگاری حرارتی بر شرایط واقعی (مطالعه میدانی) جهت گردآوری داده‌های مرتبط تمرکز می‌نماید (Djongyang et al., 2010).

فرض اولیه رویکرد سازگاری با ایده اصلی انطباق پذیری بیان می‌شود: چنانچه تغییری اتفاق افتد که در افراد نارضایتی ایجاد نماید، فرد واکنش نشان داده تا شرایط آسایش خود را بازیابی کند (Auliciems, 1981; Brager & De Dear, 1998; Michael A. Humphreys et al., 2016; J. F. Nicol & Humphreys, 2002). مدل سازگاری حرارتی با هدف تحلیل شرایط قابل قبول حرارتی، که به شدت به زمینه مطالعه وابسته است، رفتار کاربران و انتظارات آن‌ها در شرایط واقعی انجام می‌پذیرد. در دهه‌های اخیر توجه به تئوری سازگاری حرارتی بسیار زیاد شده است. این دیدگاه توسط de Dear and Brager در سال ۲۰۰۴ در استاندارد ASHRAE 55 اعمال و جهت استفاده در

فعالیت، نرخ لباس، رطوبت نسبی، دمای هوا و دمای تشعشعی (Djongyang et al., 2010). همین شش فاکتور به دلیل دشواری در سنجش، موجب مطرح شدن انتقادهایی گردید. عدم اطمینان از نرخ لباس به دلیل مقاومت حرارتی متفاوت انواع پوشش، تفاوت‌های فردی در متابولیسم حتی در فعالیت‌های مشابه، خصوصیت متغیر شرایط محیطی و از همه مهم‌تر نادیده گرفتن شرایط روانی افراد همچون انتظارات، توانایی انعطاف پذیری و انطباق پذیری که همگی بر روی تعیین آسایش حرارتی اثر گذارند (Taleghani, et al., 2013). براین اساس Humphreys and Nicol، اعتبار تئوری آسایش براساس مدل تعادل حرارتی Fanger، را با مطالعات میدانی متعددی مورد سنجش قرار دادند. در نهایت بدین نتیجه رسیدند که دامنه دمای آسایش حرارتی در ساختمان‌های تهویه طبیعی بسیار وسیع‌تر از آن چیزی است که توسط مدل PMV-PPD (مخصوصاً در تابستان) پیش‌بینی شده است (Humphreys et al., 2016; Nicol, 2011). طی این تحقیقات مشخص گردید که رویکردهای معمول تعادل حرارتی در سنجش آسایش حرارتی، توانایی توصیف دقیق شرایط متغیر آسایش حرارتی را در یک فضای داخلی (Nicol and Humphreys 2002) و خارجی (Nikolopoulou et al. 2001) دارا نیست. یکی از علل اصلی این عدم توانایی، غیرخطی بودن پاسخ افراد به شرایط محیطی است؛ به گونه‌ای که تحت تاثیر شرایط محیطی، روانی، فرهنگی، اقلیمی، اجتماعی متغیر است (Nicol & Roaf, 2017; Shooshtarian, 2015). با این نگاه مدل‌های متعدد دیگری مطرح شدند که جنبه‌های

است مطالعات میدانی بیشتری در مقیاس‌های کوچک‌تر منطقه‌ای، محلی و خرداقلیم و همچنان در ساختمان‌های مختلف انجام شود (Humphreys & Nicol, 2018). همچنین مشخص شده‌است افراد در شرایط آب‌وهوایی مشابه، احساس حرارتی متفاوتی را ارزیابی نموده‌اند. افراد مشابه در شرایط مشابه ولی در زمان‌های مختلف تحت تاثیر شرایط روانی، احساسی، متابولیکی متفاوتی هستند که بر احساس حرارتی اثرگذار است (Marino et al., 2011). بنابراین مهم است که مشخص گردد احساس حرارتی فرد تحت تاثیر چه شرایطی قرار می‌گیرد؛ یعنی زمانی که فرد احساس سرد یا گرم دارد به چه دلایلی است و اینکه بر این اساس چه نوع شرایط حرارتی را ترجیح می‌دهد.

۲-۱- مولفه‌های اثرگذار بر آسایش حرارتی

رضایتمندی نسبت به حرارت محیطی یک پاسخ پیچیده ذهنی است که تحت تاثیر متغیرهای مختلف و تعامل آنها با یکدیگر است. به بیان دیگر، در یک نگاه نمی‌توان استاندارد مشخص و قطعی برای آسایش حرارتی ارائه نمود. به طور کلی، آسایش زمانی رخ می‌دهد که تغییرات دمای بدن در دامنه کوچکی اتفاق افتد، رطوبت سطح پوست کم و واکنش‌های فیزیولوژیکی بدن به حداقل برسد. از طرفی آسایش وابسته به واکنش‌های رفتاری همچون تغییر پوشش، تغییر نوع فعالیت، تغییر موقعیت و یا وضعیت، تغییر دمای سیستم‌های سرمایش یا گرمایش، باز کردن بازوها، اظهار نارضایتی و ترک محیط نیز می‌گردد (Johnson et

al., 1998). در ادامه در سال ۲۰۰۷ این فرایند منجر به اعمال رویکرد سازگاری در استاندارد European standard EN 15251 گردید (Candido & Dear, 2012; J. Fergus Nicol, 2011). آنکه اشری پروژه سازگاری حرارتی را منتشر نمود، پروژه اروپایی^۷ مکینتایر و نیکل (۲۰۰۲) با انجام مطالعات میدانی چندمرحله در ۲۶ ساختمان اداری در کشورهای اروپایی (فرانسه، یونان، پرتغال، سوئد و انگلستان) زمینه تجربی ورود مدل سازگاری در استاندارد اروپایی EN15251 در سال ۲۰۰۷ را فراهم نمود (De Dear et al., 2013). در این مدل‌ها دمای آسایش در رابطه خطی با دمای هوای بیرون قرار می‌گرفت.

توانایی تغییر و تطبیق توسط (Dear et al., 1998) در سه دسته بیان شده است: سازگاری رفتاری، سازگاری روانی و سازگاری فیزیولوژیکی. با این دیدگاه، مطالعات بسیاری در شرایط واقعی بدون محدودیت در نوع پوشش و یا نوع فعالیت افراد انجام شده‌است و زمینه بررسی متغیرهای بیشتری را نیز فراهم نموده‌است. به این ترتیب مشخص می‌گردد احساس حرارتی فرد، صرفاً به مولفه‌های اقلیمی وابسته نبوده و شرایط محیطی و فردی وی نیز اثرگذار است و می‌تواند دامنه آسایش حرارتی را نیز تغییر دهد (Mishra & Ramgopal, 2013; Nicol & Humphreys, 2002). این امر موجب می‌گردد فرد توانایی تحمل شرایط متنوع‌تری را داشته‌باشد (van Hoof et al., 2017). از طرف دیگر همواره مسئله آن است که وابستگی آسایش حرارتی به اقلیم‌های کلان بسیار محدود بوده و نیاز

تحت تاثیر فعاليت‌های فیزیکی و اجتماعی است (Eliasson et al., 2007; Knez & Thorsson, 2006; Nikolopoulou & Lykoudis, 2006). متغیرهای فیزیکی در یک محیط اداری همچون شرایط بصری، صوتی، کیفیت محیط داخلی بر احساس نارضایتی بر محیط موثرند. هرچند توانایی اجتماعی، اقتصادی و روانی فرد امکان سازگاری وی با شرایط فیزیکی را می‌تواند فراهم کند. این مولفه‌ها که تحت عنوان متغیرهای پنهان مطرح می‌شوند به سهولت قابل سنجش توسط سنسورها نیستند (Gunay et al., 2013). الگوی اشغال فضا توسط کاربران، میزان دسترسی به کنترل در یک فضا، تعداد افرادی که به صورت اشتراکی و یا انفرادی از فضا استفاده می‌نمایند، الگوی ورود و خروج به فضا و یا مدت زمان حضور مولفه‌هایی مرتبط با زمینه طراح هستند که بر آسایش حرارتی اثرگذارند. میزان کنترل بر محیط، در دسترس بودن نوع کنترل، پیچیدگی و شفافیت سیستم‌های خودکار، الکتریکی یا مکانیکی برای افراد مختلف، دید و ارتباط با فضای بیرون، تجربیات و میزان پیش‌بینی پذیری آینده، اطلاع از میزان مصرف انرژی (رصد و نظارت بر میزان مصرف) و محدودیت‌های اجتماعی نیز از این دست محسوب می‌شوند (Brien & Gunay, 2014).

همان‌طور که اشاره گردید تحقیقات بسیاری جهت بررسی مولفه‌های اثرگذار بر ادراک آسایش حرارتی در شرایط اقلیمی، فرهنگی و کالبدی متفاوت صورت پذیرفته‌است. شکل ۱، مولفه‌های اثرگذار که در مطالعات مختلف اشاره شده‌است را به صورت خلاصه نشان می‌دهد. آنچه مهم است به

(al., 2018). در مطالعات مختلف سازگاری رفتاری افراد تحت تاثیر مولفه‌های مختلف قید شده است؛ برخی موارد عبارتند از: مولفه‌های اقلیمی شامل دما، سرعت و جهت جریان باد، رطوبت، شدت تابش، سطح دی‌اکسیدکربن محیط، مولفه‌های وابسته به زمینه (ویژگی‌های ساختمانی، جهت‌گیری، نوع سیستم گرمایش و تهویه، فصل، الگوی سکونت و زمان)؛ مولفه‌های روانی (انتظارات، عادات، ادراک، نگرانی‌های اقتصادی و محیطی، سبک زندگی)؛ فیزیولوژیکال (سن، جنسیت، نوع لباس، نوع فعالیت، غذا و نوشیدنی)؛ اجتماعی (تمایل کاربران جهت اقدام به فعاليت‌های انطباقی (R. J. De Dear et al., 2013; Djongyang et al., 2010; Forgiarini et al., 2018; M. Humphreys & Nicol, 1998; Korsavi & Montazami, 2018; Marino et al., 2011; F. Nicol et al., 2004; J. F. Nicol & Humphreys, 2002).

خصوصیات مکانی نیز موجب تاثیرگذاری بر ادراک آسایش حرارتی افراد می‌گردد. (Knez & Thorsson, 2008) مکان را به جای فضا به کار برده‌است بدان جهت که نه تنها ویژگی‌های فیزیکی محیط را در بر می‌گیرد به خصوصیات روانی و ابعاد و ساختار فضایی نیز اختصاص دارد. آن‌ها پیشنهاد می‌دهند که یک مکان وابسته به پایه‌های فیزیکی، شرایط آب‌وهوایی و جنبه‌های عملکردی است. منظور از پایه‌های فیزیکی معیارهای غیر حرارتی است که در ارتباط با جنبه‌های اقتصادی نیز قرار می‌گیرد که شامل فرم (ساختمان، فضای باز)، مصالح (بافت و ویژگی سطوح)، طبیعی بودن (نسبت محیط مصنوع به محیط طبیعی) و موقعیت (ویژگی‌های فضایی) است. عملکرد فضایی نیز

میدانی جهت سنجش میزان اثرگذاری، بخشی از مولفه‌ها محیطی علاوه بر مولفه‌های فیزیکی مد نظر قرار گرفته است.

دلیل وجود تفاوت‌های فردی در سطوح مختلف، همچنان نیاز است مطالعات در شرایط مختلف ادامه یابد تا تاثیر مولفه‌های در شرایط زمانی و مکانی مختلف مشخص گردد. در این پژوهش مطالعه

مؤلفه‌های اجتماعی- فرهنگی اقتصادی-روانی	مؤلفه‌های فردی- فیزیولوژیکی	مؤلفه‌های فیزیکی- محیطی
<p>بیش‌زمینه اجتماعی، سبک زندگی، عادات پوشش، فرهنگ سازمانی، خواب نمروزی، مسائل جمعیت‌شناسی، ارزش‌های فرهنگی، زمینه آموزشی، زمینه اقتصادی، وضعیت مراقبت بهداشتی، شغل، تکنولوژی در دسترس، کیفیت زندگی، حضور در فعالیت‌های جمعی، اشتراک فضا</p>	<p>نرخ لباس، نرخ فعالیت، سن، جنسیت، وضعیت سلامتی، دمای بدن، انتظارات و تجربیات پیشین، مدت زمان در معرض، توانایی مدیریت و کنترل فضا، واکنش‌های رفتاری (تغییر پوشش، تغییر نوع فعالیت، تغییر موقعیت و یا وضعیت، تغییر دمای سیستم‌های سرمایش یا گرمایش، روشن نمودن فن، باز کردن بازوها و ترک محیط)</p>	<p>دمای هوا، شدت جریان هوا، رطوبت نسبی، دمای متوسط تشعشعی؛ تغییرات روزانه و فصلی، فیزیک ساختمان، ساختار و ناسیسات، معماری بومی- محلی، مصالح، مشخصات طراحی فضا، دید به اطراف، چگونگی استفاده از فضا، ویژگی‌ها و چیدمان فضایی، شرایط بصری، صوتی، طراحی میلمان، وضعیت روشنایی</p>
<p>(Halawa & Van Hoof, 2012); (Nikolopoulou et al., 2001); (Nikolopoulou & Steemers, 2003); (Yao et al., 2009); (Knez & Thorsson, 2008); (Aljawabra & Nikolopoulou, 2010); (Andamon et al., 2006); (Oliveira & Andrade, 2007); (Pantavou et al., 2013); (Maras et al., 2013); (Frontczak & Wargocki, 2011); (R. De Dear et al., 1998); (Andamon et al., 2006); (Maras et al., 2013); (Shoosharian, 2015); (Brien & Gunay, 2014)</p>	<p>(R. J. De Dear et al., 2013; Djongyngang et al., 2010); (F. R. Rupp et al., 2018); (Wang et al., 2018); (Wu et al., 2017); (A. Auliciems, 1981); (Andris Auliciems & Szokolay, Steven, 1989); (M. Nikolopoulou & Steemers, 2003); (Huizenga et al., 2005; Van Hoof, 2008); (Jowkar & Montazami, 2018); (J. Fergus Nicol, 2011); (J. F. Nicol & Humphreys, 2002); (Johnson et al., 2018) (Candido & Dear, 2012) (S. S. Korsavi & Montazami, 2018)</p>	<p>(R. J. De Dear et al., 2013; Djongyngang et al., 2010); (Halawa & Van Hoof, 2012); (Forgiarini et al., 2018); (J. F. Nicol & Humphreys, 2002); (Halawa & Van Hoof, 2012); (Foo & Mavrogianni, 2018); (Ali-Toudert, 2005; Chen & Ng, 2012; Thorsson et al., 2004); (Eliasson et al., 2007; Knez & Thorsson, 2006; Marialena Nikolopoulou & Lykoudis, 2006); (M. Nikolopoulou et al., 1999); (Gunay et al., 2013); (Brien & Gunay, 2014)</p>

تصویر ۱- مولفه‌های اثرگذار بر آسایش حرارتی براساس منابع مختلف

حرارتی است؛ این دیدگاه کلیه متغیرهای محیطی، شامل دما، تابش، جریان هوا و رطوبت را به واکنش‌های ذهنی افراد در برابر احساس سرما و گرما و یا ترجیح شرایط خنک‌تر یا گرم‌تر نسبت می‌دهد. از آنجایی که شرایط آب‌وهوایی و احساس حرارتی افراد هم‌زمان در لحظه سنجش شده و ثبت می‌گردد این مجموعه داده‌ها با عنوان "همین لحظه، همین مکان" شناخته می‌شوند. بدین معنا که به زمان و مکان مشخص وابسته بوده و به حافظه فرد و یا شاخص‌های آسایش حرارتی برای پیش‌بینی دمای آسایش نیازی ندارد (Gunay et al., 2013; Humphreys & Nicol, 2018) جهت پاسخ به سوالات مطرح در مقاله حاضر، ساختمان اداری در شهر شیراز مد نظر قرار گرفت.

۳- روش تحقیق

روش‌های مطالعه آسایش حرارتی در دو بخش روش اتاق آزمون و مطالعه میدانی طبقه‌بندی می‌شوند (Cheung & Jim, 2017; Taleghani, Tenpierik, Van Den Dobbelen, et al., 2013; Wang et al., 2018). روش سازگاری حرارتی در آسایش حرارتی به صورت کلی براساس مطالعات میدانی و به صورت خاص‌تر بر پرسشنامه متکی است. این فرایند بدین صورت است که گردآوری داده‌های محیطی و ثبت همزمان پاسخ‌های حرارتی فرد در شرایط واقعی صورت گیرد و مداخله پژوهشگر در حداقل ممکن باشد (Nicol & Humphreys, 2002). مطالعه میدانی یکی از شیوه‌های اولیه در پژوهش‌های سازگاری آسایش

نهایی دیده می شود^۱. تاسیسات از موتورخانه مرکزی با فن کویل برای سیستم سرمایش و گرمایش در هر فضا است که ترموستات اختصاصی در هر فضا در اختیار کاربران قرار دارد. تاسیسات گرمایش در فصل زمستان از ساعت ۵ صبح فعال شده و نهایتاً در ساعت ۳ بعدازظهر نیز خاموش می گردد. ساختمان امکان دریافت تهویه و نور طبیعی را دارد؛ البته بازوها در سمت شمال و جنوب تعبیه شده‌اند و تفاوت دریافت نور و تهویه در طول روز و سال وجود دارد. پنجره‌ها در بال قدیم از نوع آلومینیوم ساده و در بال جدید از نوع آلومینیوم دوجداره است. سیستم روشنایی در بال جدید کاملاً از نوع LED و در بال قدیم تلفیقی از لامپ‌های فلورسنت خطی، فلورسنت فشرده و در برخی فضاها با تعمیرات جدید دارای LED است.

توزیع پرسشنامه در چهار روز کاری در دی ماه سال ۱۳۹۷ از ساعت ۸:۳۰-۱۲:۳۰ صبح در بخش‌های مختلف ساختمان در بین ۱۱۰ نفر صورت گرفته است. علاوه بر پرسشنامه، روند مشاهده و ثبت داده‌های اقلیمی نیز انجام شده است. روند مطالعه شامل دو بخش مطابق تصویر ۲ است:

بخش اول- پرسشنامه سنجش آسایش حرارتی: پاسخ‌های حرارتی افراد در قالب احساس حرارتی، رضایت حرارتی، آسایش حرارتی، ترجیح حرارتی (ترجیح دما، رطوبت، جریان هوا و تابش)، پذیرش حرارتی و آسایش حرارتی کلی، سوالات اصلی را تشکیل می‌دهند. علاوه بر این ویژگی‌های فردی نیز سنجش شده است. این بخش از پرسشنامه براساس

طبق نقشه‌های حرارتی ارائه شده توسط (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۱) در نقاط مرکزی شهر، افزایش دمای بسیاری در سال‌های اخیر مشاهده شده و خود منجر به اثرات مستقیم در مقیاس خرداقلیم می‌گردد که نیاز به اتکا به سیستم‌های تاسیسات سرمایش و گرمایش را در ساختمان‌های موجود در بخش میانی شهر افزایش می‌دهد. بنابراین ساختمان اداری مدنظر در نقطه‌ای که از نظر حرارتی وضعیت بحرانی نیز دارد انتخاب شده است. ساختمان اداری مدیریت دانشگاه شیراز، واقع در بخش شمالی شهر ($52^{\circ}N - 29/63^{\circ}E$) و در راستای شمال غربی- جنوب شرقی اجرا شده است. همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، ساختمان در دو بلوک مجزا و در دو مرحله ساخته شده که سازه اصلی ساختمان ساختار بتنی است که تفاوت‌هایی در روند اجرا دارند. در بال قدیم، نما به صورت قطعات پیش‌ساخته بتنی با ابعاد ۲ در ۳ متر و با ضخامت ۱۰ سانتیمتر اجرا شده است. بال جدید به دلیل سال ساخت نیازمند تبیین استانداردهای جدید بوده است. سقف وافل که در بال قدیمی با قالب ماندگار ساخته شده است، در بال جدید با قالبی متحرک از الیاف و رزین که در صنعت کشتی‌سازی استفاده می‌شود اجرا شده است. نمای ساختمان نیز با قطعاتی از بتن که دارای سیلیس، روان کننده و الیاف بوده است با ضخامت ۴ سانتی‌متر اجرا شده است. زیر قطعات بتنی شاسی‌کشی فلزی در نظر گرفته شده است و نهایتاً فوم جهت عایق حرارتی تزریق شده و اجرای لایه ام‌دی‌اف به عنوان لایه

^۱- اطلاعات ارائه شده در این بخش طی فرایند مصاحبه با مسئولین واحد عمرانی دانشگاه شیراز ثبت شده است.

بر اساس منابع مرتبط در مقیاس‌های ۷، ۵ و ۳ گانه مورد سنجش قرار گرفته‌اند (Humphreys & Hancock, 2007; Schweiker et al., 2017; kim et al, 2018). قابل ذکر است نرخ فعالیت و نرخ لباس نیز ثبت گردیده‌اند.

استاندارد ASHRAE 55، ISO 10551 و EN-15251 طراحی شده‌است البته جهت تایید پایایی پرسشنامه ضریب آلفای کروناخ با مقدار ۰/۷ بوده که قابل قبول تلقی می‌شود. پاسخ‌های حرارتی فوق

مطالعه میدانی در ساختمان اداری مدیریت دانشگاه شیراز

<p>پرسشنامه</p> <p>۱- پاسخ‌های حرارتی</p> <p>احساس حرارتی (TSV) آسایش حرارتی (T_{com}) رضایت حرارتی (T_{pcture}) آسایش حرارتی کلی (Overall Comfort) (T_{pcture}) توجه دمای (T_{pcture}) توجه رطوبت (T_{pcture}) توجه جریان هوا (T_{pcture}) توجه تابش (T_{pcture}) توجه حرارتی (T_{pcture}) سنجش با مقیاس ۳.۲ و ۷ گانه</p>	<p>سنجش</p> <p>۲- مولفه‌های فیزیکی</p> <p>دمای خشک، کروی و کروی مرطوب داخل (درجه سانتیگراد) رطوبت نسبی داخل (درصد) ابزار سنجش HEART INDEX CHECKER 8778- accuracy: $\pm 0.6^{\circ}\text{C}; \pm 0.5\%$</p> 	
<p>مشاهده</p> <p>۲- مولفه‌های محیطی</p> <p>دید به محیط مصنوع دید به محیط بیرون وضعیت بازشوها (در و پنجره) نزدیکی به دوری از بازشوها موقعیت مکانی وضعیت صد وضعیت روشنایی سنجش یا دوازه گزینه به تناسب هر مورد</p>	<p>ابزار سنجش USB Datalogger MIC 98583- accuracy: $\pm 0.6^{\circ}\text{C}; \pm 0.3\%$</p>  <p>3. Meteorological Station</p> <p>دمای هوای بیرون (درجه سانتیگراد) رطوبت نسبی هوای بیرون (درصد) ایستگاه هواشناسی فرودگاه شیراز latitude: 29-32N, longitude: 052-35E, elevation: 1486 m</p> 	 

تصویر ۱- مولفه‌های سنجش شده و ابزارهای مورد استفاده

تصویر ۲ ثبت شده‌است. به طور همزمان دمای هوا و رطوبت نسبی هوای بیرون نیز از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی در فرودگاه شیراز، استخراج شده‌است. از آنجایی که برداشت در فصل زمستان انجام شده‌است جریان هوایی وجود نداشته‌است و در اغلب فضاها کمتر از ۰/۲ بوده‌است. این مقدار با رقم گزارش شده در مطالعات فضاها دیگر با تهویه مکانیکی مشابه است (Michael A. Humphreys et al., 2016; Parkinson et al., 2020). با این توجیه، جریان هوا در کلیه فضاها، ثابت فرض شده‌است. در وهله دوم ویژگی‌های فیزیکی شامل وضعیت در و پنجره، دید به اطراف،

نرخ فعالیت در ۹۲ درصد موارد مشابه بوده‌است. میانگین نرخ لباس ثبت شده برابر با ۰/۶۵ است که با مقادیر مطالعات جهانی مطابقت دارد. از آنجایی که هدف سنجش اثر مولفه‌های فیزیکی و محیطی بوده‌است، اثر مولفه‌های فردی، فیزیولوژیکی، اجتماعی و روان‌شناختی، با وجود سنجش در روند مطالعه، به دلیل حجم مطالب گزارش نشده‌است و نتایج در مقالات دیگری ارائه گردیده‌است.

بخش دوم - مشاهده: این مرحله خود شامل دو بخش است؛ در وهله اول داده‌های اقلیمی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای کروی و دمای WBGT با استفاده از ابزارهای اشاره شده در

رگرسیون خطی چند گانه جهت سنجش اثر مجزا و همزمان مولفه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. از میان ۱۱۰ پرسشنامه، ۱۰۸ پرسشنامه مورد تایید بوده و در روند تحلیل مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه ۴۱ زن و ۶۶ مرد (یک نفر جنسیت را ذکر ننموده است) شرکت نموده‌اند. گروه سنی افراد بین ۲۴ تا ۶۰ سال متغیر است. بیشترین درصد سنی به گروه سنی ۳۱ تا ۴۵ سال اختصاص دارد. حداقل مدت زمان پاسخگویی ۴ دقیقه و حداکثر مدت زمان ۲۸ دقیقه بوده است. از آنجایی که متغیرهای دیگری (همچون مولفه‌های روانشناختی که در اینجا گزارش نشده است) نیز مورد سنجش قرار داده است، افزایش زمان بدان دلیل است. البته با توجه به اهمیت سنجش شرایط محیطی در بازه زمانی پاسخگویی به بخش اول پرسشنامه (مربوط به سنجش آسایش حرارتی)، دقت گردیده است تا حداقل این بخش در بازه زمانی ۵ تا ۱۰ دقیقه پاسخ داده شود. از آنجایی ساختمان مورد مطالعه در نه طبقه و دارای دو بال ساختمانی متفاوت است که خصوصیات فنی و اجرایی گاه متفاوتی را نیز دارا هستند، وضعیت افراد در حالت مختلف نیز مد نظر قرار گرفته است. به دلیل حجم کاری افراد براساس تعداد مراجعین در ساعات کاری مختلف، طبقات به ترتیبی منظم مورد بررسی قرار نگرفته و سعی گردید به گونه‌ای در شرایط مطالعه قرار گیرند که مزاحمتی برای شرایط کاری پیش نیاید.

۴- یافته‌ها و نتایج تحقیق

یافته‌های پژوهش در قالب چهار دسته گزارش خواهد شد: در بخش اول ادراک حرارتی افراد که

سطح روشنایی و سروصدا توسط محقق ثبت گردیده است. با توجه به وجود دو بال متفاوت و سنجش در طبقات مختلف، خصوصیات مکانی نیز جهت مقایسه ثبت گردیده‌اند. ابزارهای سنجش دما و رطوبت براساس استاندارد ISO 7726 در شعاع ۱ متری فرد و به دور از سیستم گرمایش در ارتفاع ۱/۱ که مرکز ثقل بدن تصور می‌شود تعبیه شده است.

در ابتدای روند توزیع پرسشنامه، توضیح مختصری در خصوص هدف پژوهش و شیوه پاسخگویی ارائه گردید. برای جلوگیری از هرگونه تعصب و پیش-داوری سعی گردید به نسبت تقریباً مساوی از بین هر دو گروه جنسیتی انتخاب گردد. همچنین به عنوان اصل اخلاقی پژوهش، سعی گردیده تا پدیدیه مشارکت در پژوهش از هر یک از شرکت کنندگان هم به صورت شفاهی و هم در قالب اولین سوال پرسشنامه گرفته شود. از طرفی از افراد خواسته می‌شد چنانچه در هر مرحله‌ای از روند پاسخ‌گویی احساس نارضایتی نمودند می‌توانند از ادامه روند خودداری نمایند. هیچ محدودیتی برای افراد اعمال نشده است و در تغییر در محیط آزاد بوده‌اند. در هر روز جهت تطبیق فرد با شرایط فضای داخل در ابتدای صبح با نیم ساعت تاخیر به نسبت شروع ساعت کاری، روند برداشت آغاز گردیده است.

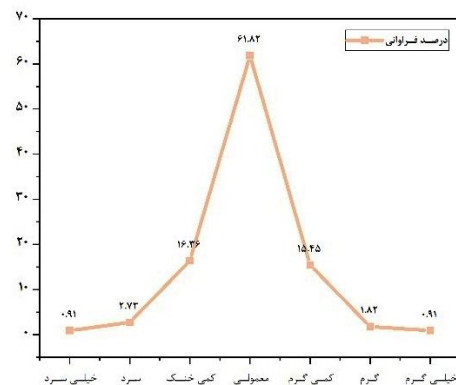
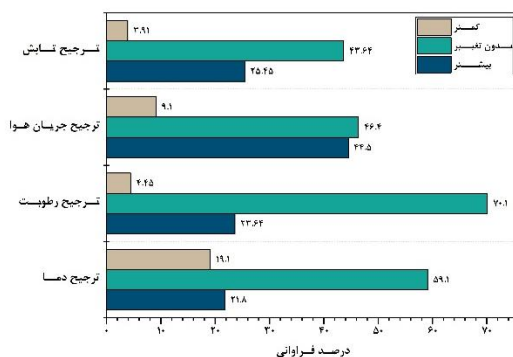
پس از گردآوری داده‌ها، ثبت پرسشنامه‌ها در نرم افزار Excel, 2019 و سپس SPSS, 22 صورت گرفته است. تحلیل‌ها در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی متناسب با نوع متغیرهای مد نظر ارائه می‌گردد. مقادیر حداقل و حداکثر، میانگین، انحراف استاندارد از یک سو و رگرسیون خطی ساده و

است. مطابق شکل ۴-۴ راست، ۶۱/۸۲ درصد افراد شرایط نه سرد و نه گرم از نظر حرارتی را احساس نموده‌اند. از آنجایی که طبق استاندارد ASHRAE 55 سه طبقه میانی در مقیاس ۷ گانه به عنوان شرایط خنثی و رضایت حرارتی تلقی می‌شود با احتساب این دو گروه ۹۳/۶۳ افراد در شرایط خنثی از نظر حرارتی قرار دارند. ترجیح حرارتی در مقیاس ۳ گانه مکینتایر (کمتر، بدون تغییر و بیشتر) (Rijal et al., 2017) سنجش شده‌است. در خصوص ترجیح دما و رطوبت بیش از نیمی از افراد، شرایط بدون تغییر را خواستار بوده‌اند. ۲۱/۸ درصد دمای کمتر و ۱۹/۱ درصد دمای بیشتر را خواستار بوده‌اند. ۲۳/۶۴ درصد افراد رطوبت بیشتری را نیاز داشته‌اند. اما در مورد جریان هوا درصد قابل توجهی (۴۴/۵۰ درصد) نیازمندی افزایش جریان هوا هستند. در خصوص تابش ۲۵/۴۵ درصد افراد نیازمند دریافت تابش بوده‌اند؛ با توجه به سایه‌اندازی بیش از حد و ابعاد بازشوها و جهت‌گیری در جبهه شمالی قابل توجه است (تصویر ۴-۴ چپ).

با نه مقیاس مختلف سنجش شده‌است ارائه می‌گردد. در بخش دوم و سوم ضمن ارائه گزارشی از وضعیت مولفه‌های فیزیکی و محیطی نمونه مورد مطالعه، روابط همبستگی ادراک حرارتی با مولفه‌های مذکور نیز بررسی شده‌است. در نهایت جهت تعیین مدل پیش‌بینی‌کننده ادراک حرارتی براساس مولفه‌های فیزیکی و محیطی، خروجی تحلیل رگرسیون خطی چندگانه ارائه گردیده‌است.

۴-۱- ادراک حرارتی شرکت‌کنندگان

از آنجایی که هدف اصلی سنجش وضعیت ادراک حرارتی افراد است، پاسخ‌های حرارتی در قالب مقیاس‌های مختلفی مورد سوال قرار گرفته‌است که در تصویر ۲، بیان گردید. براین اساس میانگین احساس حرارتی در گروه مورد مطالعه ۰/۰۴-، میانگین آسایش حرارتی ۵/۹۹، رضایت حرارتی ۴/۷۸، ترجیح دمایی ۰/۰۳، ترجیح رطوبت ۰/۱۹-، ترجیح جریان هوا، ۰/۳۶-، ترجیح تابش ۰/۰۶، دمای قابل قبول ۰/۸۵ و آسایش حرارتی کلی ۴/۹۴



تصویر ۳- راست: درصد فراوانی احساس حرارتی افراد. چپ: درصد فراوانی ترجیح حرارتی افراد به تفکیک

مبنای مقیاس هفت‌گانه اشرفی؛ سنجش رضایت حرارتی بر مبنای مقیاس هفت‌گانه لیکرت؛ سنجش

رضایت کلی از شرایط حرارتی به سه شیوه مورد سوال قرار گرفته‌است: سنجش آسایش حرارتی بر

همان‌طور که در اغلب مطالعات آسایش حرارتی اشاره شده است (De Dear et al., 2013; Djongyang et al., 2010)، شرایط محیطی عمدتاً عامل اثرگذار بر ادراک حرارتی فرد به شمار می‌رود. در این مرحله گزارشی از وضعیت آب و هوایی محل مطالعه در فضای داخل و خارج ارائه می‌گردد. شرایط فضای داخل با استفاده از ابزارهای سنجش در محل ثبت گردیده است و شرایط فضای خارج از گزارش‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی ثبت گردیده است. به دلیل تفاوت در ارتفاع و فاصله در حدود ۱۵ کیلومتری با محل مطالعه، جهت تدقیق داده‌های ایستگاه هواشناسی، در ساعات مختلف در فضای بیرون ساختمان نیز دما و رطوبت سنجش شده است و دمای گزارش شده به عنوان دمای بیرون، میانگین دو مقدار (مقدار ثبت شده در محل و گزارش شده از ایستگاه هواشناسی) است.

شرایط محیطی فضای بیرون

در تصویر ۲ تغییرات دما و رطوبت در روزهای برداشت نشان داده شده است. همزمان با مطالعه میدانی دما و رطوبت گزارش شده در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی ثبت شده است. میانگین دمای $15/13^{\circ}\text{C}$ با انحراف استاندارد $1/329$ و میانگین رطوبت نسبی $34/88$ درصد با انحراف استاندارد $7/48$ بوده است. گرم‌ترین روز در این بازه، روز دوم با میانگین دمایی $15/68^{\circ}\text{C}$ بوده است. تغییرات دمایی در بازه زمانی برداشت در روز اول بیشترین مقدار را داشته است. میانگین رطوبت نسبی در روز سوم برداشت بیشتر ($42/42\%$) ثبت شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در روز سوم برداشت

آسایش کلی براساس مقیاس هفت‌گانه اشری. پاسخ‌های گزینه ۴ تا ۷ در خصوص آسایش حرارتی، رضایت حرارتی و آسایش کلی به عنوان شرایط قابل قبول شناخته می‌شوند که $52/3$ درصد با مبنای آسایش حرارتی، $90/7$ با مبنای رضایت حرارتی و $92/7$ درصد با مبنای آسایش کلی در شرایط آسایش قرار دارند.

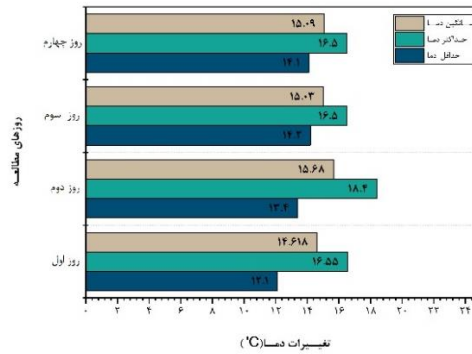
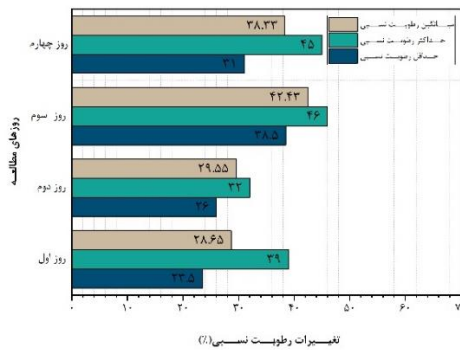
در مطالعات آسایش حرارتی سه روش برای تعیین پذیرش حرارتی وجود دارد: (۱) پرسش مستقیم از کاربران؛ (۲) به صورت غیرمستقیم و در نظر گرفتن سه طبقه میانی در مقیاس هفت‌گانه احساس حرارتی؛ و (۳) بر مبنای مقیاس سه‌گانه ترجیح حرارتی، که در آن گزینه بدون تغییر معادل شرایط قابل قبول شناخته می‌شود (Schweiker et al., 2017). به شیوه پرسش مستقیم، 91 درصد از کاربران شرایط محیطی را قابل قبول می‌دانند. با در نظر گرفتن سه طیف میانی احساس حرارتی در مقیاس اشری، همانطور که قبلاً اشاره شد، $93/63$ درصد، شرایط را قابل قبول می‌دانند. برای تعیین شرایط قابل قبول به شیوه سوم نیز گزینه عدم تغییر برای ترجیح دمایی $59/1$ درصد، ترجیح رطوبت $70/1$ درصد، ترجیح جریان هوا $46/40$ درصد و ترجیح تابش $43/64$ درصد را به خود اختصاص داده است. پس با مقیاس ترجیح حرارتی به قطعیت نمی‌توان شرایط را قابل قبول توصیف نمود. یعنی با وجود درصد بالایی از احساس حرارتی خنثی، افراد نیازمند تغییر در شرایط فیزیکی هستند.

۴-۲- تأثیر مولفه‌های محیطی بر ادراک

حرارتی

آنجایی که میانگین دمای چهار روز مورد مطالعه (تنها براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی) برابر ۱۴/۵۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۴۰/۸۲ درصد است، نشان از شرایط دمایی مشابه در سال‌های اخیر داشته‌است. از نظر میزان رطوبت این تفاوت، لازم است شرایط ابری و یا بارانی بودن مورد بررسی قرار گیرد که با توجه به کاهش میزان بارش در سال‌های اخیر، کاهش رطوبت نسبی نیز طبیعی است.

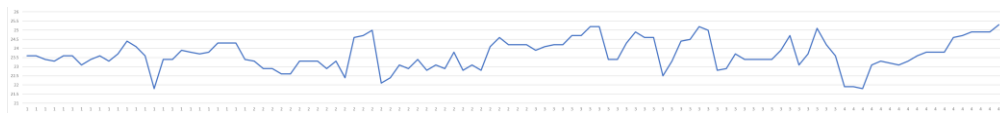
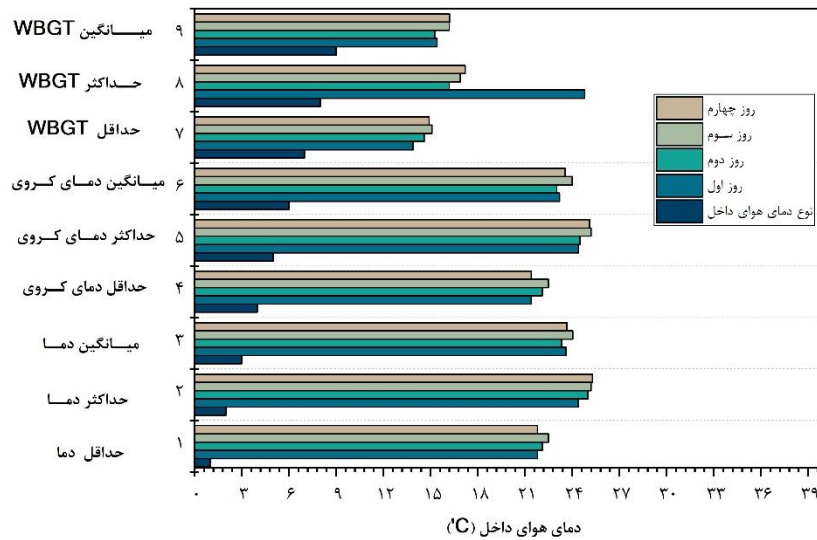
با ثبات دمای بیشتری در بازه زمانی سنجش مواجه بوده‌ایم. در جهت تشخیص آنکه، شرایط مورد مطالعه، شرایط معمول به نسبت سال‌های پیشین در زمان مشابه است، میانگین دما و رطوبت نسبی ماهیانه در دی ماه در ۱۰ سال اخیر نیز از سایت هواشناسی برداشت شده‌است. میانگین دمای ۱۰ ساله اخیر برابر با ۱۴/۴۴ درجه سانتیگراد است و در خصوص رطوبت نسبی میانگین برابر ۵۵/۳ درصد است. از



تصویر ۲- راست: تغییرات دمای هوای بیرون در روزهای مطالعه (درجه سانتیگراد). چپ: تغییرات رطوبت نسبی هوای بیرون در روزهای مطالعه (درصد)

دمای کروی و دمای کروی مرطوب (WBGT) همزمان با تکمیل پرسشنامه برای هر فرد ثبت گردیده‌است. جریان هوا در فضای داخلی بسیار ناچیز بوده و حتی در مجاورت درزهای نفوذ هوا و یا سیستم گرمایش نیز عدد ناچیزی (با توجه به فصل سرد) را نمایش می‌دهد و سرعت جریان هوا در کلیه فضاها ثابت فرض شده‌است.

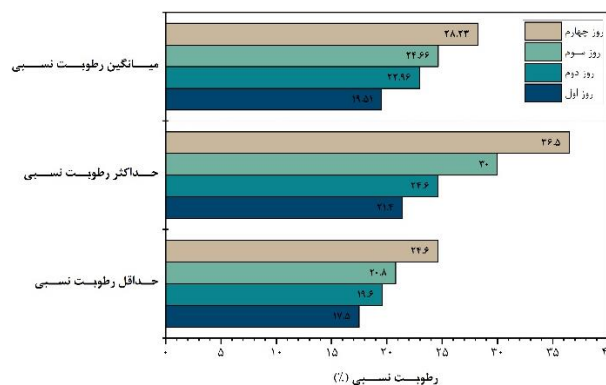
شرایط محیطی فضای داخل - سنجش شرایط در سطح خرداقلیم نیز اهمیت دارد چراکه امکان مقایسه فضاهای مختلف در یک ساختمان و همچنین مقایسه احساس حرارتی افراد با شرایط دمایی و رطوبتی را در لحظه فراهم می‌آورد. سنجش در لحظه توسط دستگاه‌های مورد اشاره در تصویر ۳، تنها در مدت زمان توزیع پرسشنامه انجام شده‌است و چهار متغیر دمای هوا، رطوبت نسبی،



تصویر ۵- بالا: میانگین، حداقل و حداکثر دمای خشک، کروی و کروی مرطوب. پایین: تغییرات دمای خشک در روزهای مطالعه

و میانگین دمای کروی مرطوب ۱۵/۹۲ درجه سانتیگراد بوده است. میانگین رطوبت نسبی نیز ۲۳/۵۸ درصد محاسبه شده است.

تصویر ۶، تغییرات دمایی و شکل ۷ تغییرات رطوبت نسبی را در روزهای مطالعه همزمان با فرایند تکمیل پرسشنامه نشان می دهند. میانگین دما در روزهای مطالعه برابر با ۲۳/۶۸، میانگین دمای کروی ۲۳/۴۷



تصویر ۶ - تغییرات رطوبت نسبی فضای داخل در روزهای مطالعه

هیچ ارتباط معناداری با شرایط آسایش حرارتی (T_{comf}) و آسایش کلی ($T_{Overall\ comf}$) ندارد. رضایت حرارتی و ترجیح دمایی نیز ارتباط معنادار با هیچ یک از مولفه‌های اقلیمی را نشان نداده است. در خصوص آسایش حرارتی همبستگی بالاتر با میزان رطوبت نسبی داخلی ($r=0/194, P<0/05$) دیده شده است. ترجیح حرارتی با هیچ یک از مولفه‌های اقلیمی ارتباط معناداری را نشان نداده است. آسایش حرارتی ($r=0/194, P<0/05$)، ترجیح رطوبت ($r=0/197, P<0/05$)، ترجیح تابش جریان هوا ($r=0/227, P<0/05$)، ترجیح تابش ($r=0/199, P<0/05$) و آسایش کلی ($P<0/01$)، با رطوبت نسبی داخل ارتباط معناداری داشته‌اند. ترجیح تابش علاوه بر رطوبت نسبی داخل با دمای هوای داخل ($r=0/223, P<0/05$) نیز ارتباط معناداری دارد. در خصوص ترجیح جریان هوا رابطه منفی (معکوس) میان رطوبت نسبی داخل ($r=-0/361, P<0/01$) و نیاز به جریان هوا از یک سو و جریان هوا و دمای هوای بیرون ($P<0/05$)، از سوی دیگر دیده می‌شود که در عمل عجیب به نظر می‌رسد اما به نظر می‌رسد با کاهش دمای بیرون، ممکن است سیستم گرمایش بیشتر فعال باقی بماند و این امر موجود تراکم هوا و نیاز به تهویه را تقویت نماید. در تمامی موارد ذکر شده شدت ارتباط ضعیف میان متغیرهای مختلف توصیف می‌شود. در مورد شرایط قابل قبول (T_{accept}) براساس ضریب همبستگی اتا، روابط متوسط با دمای هوای داخل، دمای کروی، دمای WBGT و رطوبت نسبی هوای بیرون و همبستگی قوی با رطوبت نسبی داخل مشاهده می‌گردد.

میانگین دمای هوا در روز اول، دوم و چهارم تقریباً نزدیک به یکدیگر است، ولی در روز سوم با میانگین دمایی بالاتری (۲۴/۰۵) در روند سنجش مواجه بوده‌ایم. این روند تغییر در خصوص دمای کروی و دمای کروی مرطوب نیز دیده می‌شود. که به نظر می‌رسد علت آن یا بالاتر بودن دما در این روز، و یا سنجش در نقاطی از ساختمان است که در ضلع جنوب بوده و با دریافت تابش مستقیم و در فضاهای فاقد سایبان و یا پرده داخلی صورت گرفته است. یعنی اثر دمایی ناشی از تابش در محیط موجب بالاتر رفتن دمای داخلی گردیده است که با محاسبه دمای عامل براساس فرمول ارائه شده در (CIBSE., 2015) و دمای تشعشی، با استفاده از فرمول ارائه شده در (Alfano et al., 2013) نیز تصدیق می‌گردد و دقیقاً همین روند دیده می‌شود. در خصوص رطوبت نسبی تفاوت بیشتری در روزهای مختلف دیده شده است که به دلیل دمای بالای سیستم گرمایش، وجود گیاه در محل، وضعیت بازشوها و تعداد افراد حاضر در فضا و از همه مهم‌تر گذر زمان و افزایش تراکم هوا می‌تواند باشد.

شرایط محیطی یک فضا بر ادراک حرارتی فرد اثرگذار است، با این هدف، روابط همبستگی پاسخ های حرارتی و مولفه‌های محیطی ارائه می‌گردد. بر طبق جدول، از میان مولفه‌های اقلیمی، احساس حرارتی (TSV) بالاترین همبستگی را با دمای هوای داخل (T_{a-in})، در طول مطالعه داشته است ($r=0/05, P<0/196$)؛ هرچند میزان ضریب همبستگی نشان از ارتباط ضعیف میان دو متغیر دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود دمای هوای داخل و خارج (T_a)

با توجه به کوچک بودن مقادیر همبستگی، می توان اظهار نمود که ادراک حرارتی افراد صرفاً به مولفه های محیطی و شرایط آب و هوایی وابسته نیست و باید تاثیر سایر مولفه ها نیز مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی شرایط قابل قبول شدت همبستگی بالایی را با رطوبت نسبی نشان داده است که در اغلب فضاهای اداری با مسئله افزایش تراکم هوا و عدم کیفیت مناسب مواجه ایم؛ تراکم هوا با ترجیح حرارتی افراد در خصوص تغییر در دما، رطوبت، جریان هوا و تابش سنجیده شده که مطابق شکل ۴،

۵۴/۷۰ درصد افراد خواستار تغییر در سطح جریان هوا بوده اند. نکته دیگر در خصوص دمای هوا و دمای کروی است میزان اثرگذاری هر دو تقریباً مشابه است و می توانند به عنوان جایگزین یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند. در خصوص دمای عامل (Top) همبستگی بیشتری با ادراک حرارتی فرد دیده می شود. پس این فاکتور دمایی گزینه مناسبی تری است چرا که هم اثر دمای هوا و هم اثر متوسط دمای تشعشعی را در خود دارد.

جدول ۱- ارتباط مولفه های محیطی با پاسخ های حرارتی

ضریب	RH _{out}	RH _{in}	T _{out}	T _{WBGT}	T _{Globe}	T _{op}	T _{in}	مولفه های محیطی	پاسخ های حرارتی
اسپیروم ن	-۰/۰۳	۰/۰۳۸	۰/۱۷۹	۰/۱۷۹	۰/۱۹۳°	۰/۱۶۶	۱۹۶°	T _{SV}	
	-۰/۰۰۱	۰/۱۹۴*	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۴	۰/۱۳۱	۰/۰۷۵	-۰/۰۹۴	T _{comf}	
	-۰/۰۲۱	۰/۱۵۶	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	-۰/۰۴۴	۰/۰۲۱	-۰/۰۱۰	T _{Pleasure}	
	۰/۱۲۸	۰/۱۷۸	-۰/۱۸۵	-۰/۱۸۵	-۰/۱۶۷	-۰/۱۹۳*	-۰/۱۱۳	T _{prefTem_p}	
	۰/۰۷	۰/۱۹۷*	-۰/۲۱۷*	-۰/۲۱۷*	-۰/۰۴۰	-۰/۲۳۴*	۰/۰۰۱	T _{pefRH}	
	۰/۰۸	۰/۲۲۷*	۰/۳۶۱**	۰/۳۶۱**	-۰/۱۳۹	۰/۳۳۲**	-/۰۹۱	T _{prefV}	
	۰/۰۷۳	۰/۱۹۹°	-/۰۳۳	-/۰۳۳	/۲۶۰°	-/۰۱۱	۰/۲۲۳°	T _{prefRA}	
	-/۰۴۹	/۲۸۵**	۰/۱۰۵	۰/۱۰۵	-۰/۰۸۴	-۰/۲۰۲*	-۰/۰۳۴	T _{Overall comf}	
اتا	۰/۲۷۱*	۰/۷۳۴	۰/۳۴۸	۰/۳۴۸	۰/۵۸۸	۰/۲۰۶°	۰/۴۳۲	T _{accept}	

*معناداری در سطح ۰/۰۵؛ **معناداری در سطح ۰/۰۱

با توجه به نقش پررنگ مولفه های محیطی بر پاسخ های حرارتی می توان به مدل های رگرسیونی پیش بینی کننده نیز روی آورد. بدین ترتیب پاسخ های

حرارتی افراد در شرایط آب و هوایی مختلف قابل تشخیص خواهد بود. با این اطلاعات حس گرهای کنترل کننده سیستم های تاسیساتی با دقت بیشتری

خواهد بود که دقیقاً با مقدار ثبت شده در مطالعه میدانی برابر است و این مدل کاملاً قابل استناد است. مقادیر دامنه تغییرات برای سایر پاسخ‌های حرارتی در جدول شماره ۲ آورده شده است. از آنجایی که مقیاس‌های ادراک حرارتی عمدتاً به عنوان مقیاسی فاصله‌ای معنادارتر هستند تا مقیاسی ترتیبی این روند پیش‌بینی به تخمین بهتر دمای آسایش به ازای هر فرد (و نه مقدار میانگین برای همه افراد) می‌انجامد. در خصوص پذیرش حرارتی، به دلیل آنکه بیش از ۹۰ درصد افراد شرایط را قابل قبول توصیف نموده‌اند، نمی‌توان به عنوان مقیاس مناسبی در نظر گرفت. البته در صورت استفاده از رگسیون لجستیک نیز مدل معنی‌دار حاصل نشده است.

پس از محاسبه ترجیح دمایی برای هر فرد براساس معادله ۳ در جدول ۲، می‌توان براساس متد (M. A. Humphreys et al., Griffith 2013) دمای آسایش را محاسبه نمود. در فرمول^۱ Griffith مقدار دمای ترجیحی هر فرد یکبار با مقدار محاسبه شده توسط معادله ۳ و یکبار با مقدار سنجش میدانی جایگزین شده و دمای آسایش برای هر فرد محاسبه می‌شود. در این دو حالت میانگین دمای آسایش تفاوت چندانی ندارد (به ترتیبی ۲۳/۶۲ و ۲۳/۶۳ درجه سانتیگراد)، اما دمای آسایش برای هر فرد متفاوت محاسبه می‌شود. این دقیقاً همان چیزی است که در مدل‌های آسایش حرارتی فردی به دنبال آن هستیم، یعنی "نقطه تنظیم دمایی فردی" به جای یک نقطه تنظیم دمایی ثابت برای کلیه فضاها.

متناسب با نیاز کاربران تنظیم می‌شوند. لازم به ذکر است، پاسخ‌های حرارتی به عنوان متغیر وابسته و مولفه‌های محیطی به عنوان متغیر مستقل وارد مدل پیش‌بین شده‌اند.

در هر مرحله یکی از پاسخ‌های حرارتی به عنوان متغیر مستقل و دما و رطوبت به عنوان متغیر وابسته وارد مدل شده‌اند. ترتیب ورود متغیرها در مدل رگرسیون خطی چندگانه به شیوه‌های متفاوتی امکان‌پذیر است که در این پژوهش روش پس‌رونده نتایج مناسب‌تری را در اختیار قرار داده است. در خصوص هر مدل رگرسیون، ضریب هم‌خطی نیز مورد بررسی قرار گرفته است و چنانچه براساس ضرایب VIF، Tolerance، Eigenvalue و Condition Index هم‌خطی وجود داشته است جهت رفع آن از نمره استاندارد Z برای هر متغیر جهت ورود به مدل استفاده شده است. در جدول شماره ۲، مدل‌های معنی‌دار گزارش شده است.

در خصوص احساس حرارتی (TSV) با جایگذاری مقادیر ثبت شده در مدل ۱، احساس حرارتی بین ۱/۴۸- تا ۲/۷۴- متغیر بوده و میانگین آن برابر ۲/۱۲- است، یعنی تقریباً احساس حرارتی کلیه افراد در سطح کمی خنک تا سرد است. در حالی که میانگین ثبت شده در حین مطالعه در روند سنجش مستقیم احساس حرارتی برابر با ۰/۰۴- است. از اینرو با تخمینی غیرواقعی براساس این مدل مواجه ایم.

در مورد آسایش حرارتی، جایگذاری مقادیر در مدل ۲، تغییرات بین ۴/۶۱ تا ۶/۷۷ با میانگین ۵/۹۹

جدول ۱- مدل‌های پیش‌بینی ادراک حرارتی براساس مولفه‌های محیطی

ردیف	R square	مدل	دامنه ادراک حرارتی
۱	۰/۱۷۴	$TSV = -2.176 - 0.030 (RH_{out}) - 0.302(T_{WBGT}) + 0.249(T_{op})$	-۲/۷۴ تا -۱/۴۸
۲	۰/۱۱۲	$T_{comf} = 5.991 + 0.445 (RH_{in}) - 0.368 (T_{WBGT}) - 0.291(T_{out})$	۶/۷۷ تا ۴/۶۱
۳	۰/۱۲۱	$T_{preftemp} = 0.028 - 0.194 (RH_{in}) - 0.146 (T_{globe}) - 0.150(RH_{out})$	۰/۴۳ تا -۰/۶
۴	۰/۰۶۸	$T_{prefRH} = -0.185 - 0.135(T_{out})$	-۰/۰۴ تا -۰/۴۴
۵	۰/۱۴۳	$T_{prefV} = -0.361 - 0.321(T_{out}) - 0.140 (RH_{out})$	۰/۰۳ تا -۰/۶۷
۶	۰/۱۱۷	$T_{prefRA} = 0.056 - 0.186(T_{out}) + 0.270 (T_{globe})$	۰/۴۳ تا -۰/۷۷
۷	۰/۱۱۲	$T_{overall comfrot} = 4.994 + 0.553(T_{in}) - 0.520 (RH_{in}) - 0.594 (T_{globe})$	۶/۶۲ تا ۳/۴۰

کلیه مدل‌ها در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۰۱ می‌باشند.

۴-۲- تاثیر مولفه‌های فیزیکی بر ادراک حرارتی

مولفه‌های محیطی مورد سنجش شامل وضعیت سیستم گرمایش، در و پنجره، موقعیت مکانی فرد در فضا، وضعیت دید به اطراف، وضعیت صدا و روشنایی و وضعیت موقعیت مکانی از نظر طبقات و یا بال جدید/قدیم در ساختمان است که توسط محقق طی فرایند مشاهده و همزمان با تکمیل پرسشنامه توسط شرکت کنندگان، انجام شده است. نتایج بررسی این شرایط محیطی بدین قرار است:

- در خصوص سیستم گرمایش در ۵۵ درصد شرایط سیستم فعال بوده و در ۴۵ درصد موارد سیستم غیرفعال (به دلیل فعال بودن سیستم خودکار و یا خاموش کردن توسط کاربر) بوده است.

- درب اتاق در ۷۹/۸ درصد از کل شرایط باز بوده و تنها در ۱۹/۳ درصد از کل درب همزمان با سنجش بسته بوده است. پنجره در ۹۳/۶ درصد شرایط به نسبت کل شرکت کنندگان بسته بوده

است و تنها در ۴/۶ درصد موارد به نسبت کل موارد باز بوده است.

- موقعیت مکانی افراد در فضا بدین گونه بوده است که ۷۱/۶ درصد از کل افراد در مجاورت پنجره، ۶/۴ درصد (از کل) در نزدیکی سیستم گرمایش، ۱۸/۳ درصد (از کل) در مجاورت درب اتاق بوده‌اند.

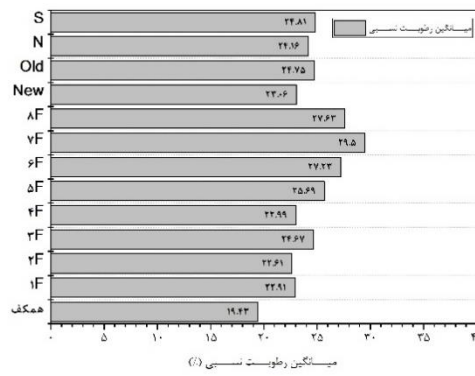
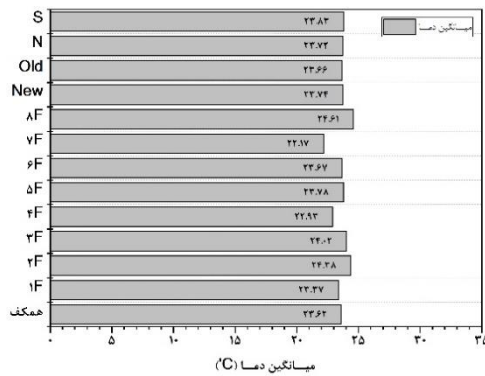
- ۳۳/۹ درصد از کل افراد دید به محیط طبیعی در بیرون از مجموعه داشته‌اند. از کل افراد تنها ۳/۳ درصد دید به محیط مصنوع در بیرون مجموعه داشته‌اند.

قابل ذکر است در خصوص ویژگی‌های فوق همپوشانی نیز وجود داشته است؛ یعنی حالاتی وجود داشته که به طور مثال هم دید به محیط طبیعی و هم مصنوع وجود داشته است.

- وضعیت صوتی فضا در یک سنجش کیفی در مقیاس ۵ گانه لیکرت، توسط محقق بدین گونه توصیف می‌شود: در ۱۲/۸ درصد شرایط کاملاً آرام، در ۳۳ درصد موارد کمی آرام، در ۳۵/۸

۰/۶۵ درصد است. در خصوص طبقات ساختمان نیز تفاوت دمایی ناچیز است و تنها در طبقه چهارم و هفتم با دمای به نسبت پایین‌تر مواجه بوده‌ایم که طی مشاهدات ثبت شده، به دلیل غیرفعال بودن برخی فضاها و تراکم کمتر حضور کارمندان و مراجعین و خاموش نگه داشتن سیستم گرمایش در این بخش‌ها قابل توجه است. در خصوص رطوبت نسبی در طبقه همکف به دلیل نزدیکی به بخش ورودی و باز و بسته شدن مداوم درب ورودی کاهش رطوبت نسبی طبیعی است. در طبقه هفتم نیز به دلیل تراکم حضور شرکت‌کنندگان در یک اتاق نه چندان بزرگ، افزایش رطوبت نسبی در مقایسه با سایر فضاها مشاهده شده است.

درصد موارد آرام و در ۱۷/۴ درصد شرایط کمی سروصدا وجود داشته است. - حداقل شدت روشنایی در نقطه مورد مطالعه (در محل قرارگیری فرد در حین سنجش شرایط) ۶۶ لوکس و حداکثر ۱۹۹ لوکس ثبت شده است. تصویر ۸، تغییرات دما و رطوبت نسبی را در طبقات مختلف ساختمان، در بال جدید و قدیم و در اتاق‌های موجود در اضلاع شمالی و جنوبی مورد مقایسه قرار می‌دهد. تفاوت میانگین دمایی در دو بال جدید و قدیم با وجود اجرای لایه عایق در بال جدید تنها ۰/۰۸ درجه سانتیگراد و تفاوت رطوبت ۱/۶۹ درصد است. میانگین تغییرات دما در دو ضلع شمالی و جنوبی ساختمان تنها ۰/۱۱ درجه سانتیگراد تفاوت دارد. در خصوص رطوبت نسبی این تفاوت میانگین



تصویر ۷- میانگین دما، چپ: میانگین رطوبت نسبی به تفکیک موقعیت مکانی

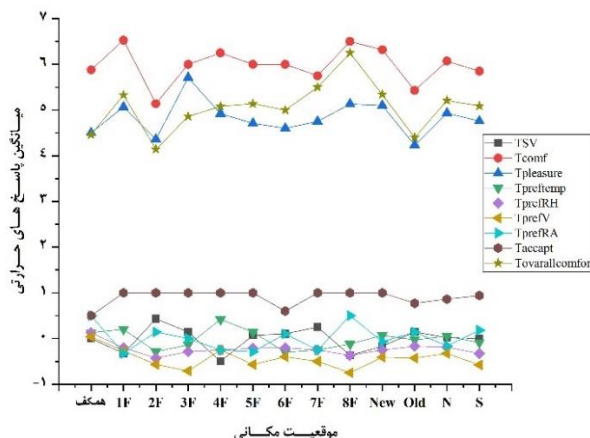
ساختمان نیز به چشم می‌خورد: در بال جدید میانگین احساس حرارتی ۰/۱۷- و در بال قدیم ۰/۱۴ است. بیشترین درصد نیاز به جریان هوا مربوط به روز چهارم (۶۶/۷ درصد) بوده است. در مورد تابش بیشترین درصد نیاز به تابش در روز دوم (۴۸/۴ درصد) برداشت اطلاعات مشاهده شده است. در

میانگین احساس حرارتی در روزهای مختلف برداشت میدانی عبارتست از: در روز اول صفر، روز دوم ۰/۳۵، روز سوم ۰/۲۴ و در روز چهارم ۰/۰۶- است. بنابراین در روز دوم و چهارم به سمت شرایط خنک و در روز سوم به سمت شرایط کمی گرم متمایل بوده است. این تفاوت در بال جدید و قدیم

سوق دارد و با میانگین ۰/۱۷- در بال جدید به سمت کمی خنک سوق دارد. پاسخ‌های حرارتی نیز در بال قدیم و جدید به ترتیب در سطح کمی عدم آسایش و نسبتاً عدم آسایش سوق دارد. ترجیح دمایی با میانگین ۰/۰۳- در بال قدیم و ۰/۰۷- در بال جدید نیاز به دمای پایین‌تر و دمای بالاتر را به ترتیب نشان می‌دهد که همخوان با احساس حرارتی افراد است. در مورد ترجیح رطوبت و ترجیح جریان هوا در هر دو بال به سمت نیاز به رطوبت بیشتر گزارش شده- است. در مورد ترجیح تابش، کاربران، در بال قدیم تابش کمتر و در بال جدید تابش بیشتری را خواستار بوده‌اند. رضایت حرارتی و آسایش حرارتی کلی نیز در دو بال یک سطح تفاوت را نشان داده‌است که در بال جدید وضعیت بهتری را نشان می‌دهد. در فضاهای ضلع شمال و جنوب ساختمان، احساس حرارتی بسیار به شرایط خنثی نزدیک است، تفاوت آسایش حرارتی، رضایت حرارتی و آسایش حرارتی کلی بسیار جزئی است و تقریباً در یک سطح است. در ضلع جنوبی دما و تابش کمتر، رطوبت و جریان هوا بیشتر، در حالی که در ضلع شمالی دما و تابش بیشتر، رطوبت و جریان هوا کمتر ثبت شده‌است (تصویر ۸).

در خصوص ارتباط پاسخ‌های حرارتی با مولفه‌های محیطی نیز براساس نوع مقیاس هر متغیر ضرایب همبستگی بررسی شده‌است. احساس حرارتی با وضعیت باز/بسته بودن پنجره براساس ضریب وی کرامر با شدت ۰/۵۰۹ همبستگی دارد. رضایت حرارتی نیز با وضعیت روشنایی براساس ضریب توفقی با شدت ۰/۵۲۷ همبستگی نشان داده‌است.

روز چهارم، طبقه هفتم و سوم برداشت شده‌است که کمبود هوای مطبوع در این فضاها احساس می‌شده است؛ خصوصاً که رطوبت نسبی ثبت شده نیز در این فضاها بالاتر از میانگین رطوبت نسبی ثبت شده در سایر فضاهاست. در روز دوم طبقه اول در بال جدید برداشت شده‌است که در این طبقه دریافت تابش ناچیز بوده، فضاها نسبت به سایر طبقات بزرگتر بوده و در ساعات ابتدایی صبح عمدتاً این نوع ترجیح تابش ثبت شده‌است. براساس آسایش حرارتی بالاترین میانگین به طبقه اول (۶/۵۳)، براساس متغیر رضایت حرارتی بالاترین میانگین به طبقه سوم (۵/۷۱) و بر مبنای آسایش کلی بالاترین میانگین به طبقه هشتم (۶/۲۵) اختصاص دارد. بر مبنای هر سه شاخص مذکور، رضایت کلی از شرایط در بال جدید بالاتر است. در جبهه شمالی نیز به نسبت جبهه جنوبی میانگین بالاتری از رضایت مشاهده می‌شود. با بررسی تفکیکی در کلیت ساختمان، در طبقه ۱، ۴ و ۸ احساس حرارتی به سمت شرایط خنک؛ در طبقه همکف شرایط خنثی (نه سرد و نه گرم) و در طبقات ۲، ۳، ۵، ۶ و ۷ به سمت شرایط کمی گرم سوق داشته‌است. بالاترین میزان آسایش حرارتی و آسایش کلی در روز چهارم به ترتیب با میانگین ۶/۲۸ و ۵/۷۸ ثبت شده است. در خصوص رضایت حرارتی در روز سوم با میانگین بیشتری از رضایت (۴/۹۲) مواجه بوده‌ایم. از نظر زمانی در ساعات ۱۰ تا ۱۱ صبح بالاترین میزان رضایت و آسایش دیده شده‌است. پاسخ‌های حرارتی افراد در دو بال جدید و قدیم نیز تفاوت-هایی با یکدیگر دارد. در بال قدیم ساختمان با میانگین احساس حرارتی ۰/۱۴، به سمت کمی گرم



تصویر ۸- میانگین پاسخ‌های حرارتی افراد براساس موقعیت مکانی

ترجیح رطوبتی، ترجیح جریان هوا و ترجیح تابش ارتباط معنی‌داری با مولفه‌های فیزیکی دیده نشده است. مدت زمان حضور افراد نیز با نیاز آنان به تابش با ضریب ۰/۲۳۱ رابطه معکوسی دارد. در جدول ۳، نیز میانگین ادراک حرارتی افراد در شرایط مختلف مقایسه شده‌است. تفاوت در میانگین‌ها نشان می‌دهد که شرایط محیطی می‌تواند بر ادراک حرارتی اثرگذار باشد.

ترجیح رطوبت با دید نسبت به محیط طبیعی، براساس ضریب وی کرامر با شدت ۰/۲۴۰ همبستگی دارد. آسایش حرارتی کلی با وضعیت دید نسبت به محیط مصنوع با ضریب توافقی ۰/۳۲۷، با موقعیت نسبت به سیستم گرمایش با ضریب توافقی ۰/۳۴۶ و با وضعیت روشنایی با ضریب توافقی ۰/۵۸۱ همبستگی دارد. شرایط قابل قبول با وضعیت روشنایی با ضریب توافقی با شدت ۰/۳۵۸ همبستگی دارد. در خصوص آسایش حرارتی،

جدول ۲- میانگین پاسخ‌های حرارتی به تفکیک مولفه‌های فیزیکی

TOverall comf	Taccapt	TprefRA	TprefV	TprefRH	TprefTemp	Tpleasure	Tcomf	TSV	مولفه محیطی / پاسخ حرارتی
۴/۹۵	۰/۸۲	۰/۱۲	-۰/۳۲	-۰/۲۱	-۰/۰۴	۴/۷۷	۵/۹۹	-۰/۰۱	نزدیک پنجره
۴/۸۶	۰/۹۳	-۰/۱۴	-۰/۴۵	-۰/۱۴	۰/۲۴	۴/۷۹	۶/۰۳	-۰/۱۴	دور از پنجره
۵/۵۷	۰/۷۷	۰	-۰/۱۴	-۰/۴۳	-۰/۱۴	۵	۵/۸۶	۰/۱۴	نزدیک سیستم
۴/۹۰	۰/۸۶	۰/۰۶	-۰/۳۸	-۰/۱۷	۰/۰۴	۴/۷۶	۶	-۰/۰۵	دور از سیستم
۵/۰۵	۱	-۰/۱۵	-۰/۴	-۰/۱۵	۰/۰۳	۴/۶۵	۶/۰۱	-۰/۱۵	نزدیک در
۴/۹۲	۰/۸۲	۰/۰۱	-۰/۳۵	-۰/۱۹	-۰/۰۳	۴/۸۱	۵/۹۷	-۰/۰۱	دور از در
۴/۹۲	۰/۸۴	۰/۰۳	-۰/۲۴	-۰/۳۵	۰/۱۱	۴/۹۷	۵/۱۹	-۰/۲۲	دید به طبیعت
۴/۹۶	۰/۸۶	۰/۰۷	-۰/۴۲	-۰/۱	-۰/۰۱	۴/۶۸	۵/۸۹	۰/۰۶	عدم دید به طبیعت
۴/۷۹	۰/۸۸	-۰/۰۶	-۰/۲۷	-۰/۲۱	۰/۰۹	۴/۷۶	۶/۰۳	-۰/۱۵	دید به محیط مصنوع
۵/۰۴	۰/۸۶	۰/۱۲	-۰/۳۹	-۰/۱۶	۰	۴/۸۲	۶/۰۳	۰/۰۱	عدم دید به محیط مصنوع

آسایش کمک کننده‌اند، به همین دلیل در این مرحله تنها این مقیاس‌ها به عنوان متغیر وابسته وارد مدل رگرسیون شده‌اند.

تغییرات احساس حرارتی فرد از شرایط سرد تا کمی گرم براساس عمدتاً مولفه‌های فیزیکی در مدل شماره ۱ در جدول ۴، دیده می‌شود. ترجیح دمایی عمدتاً به مولفه‌های محیطی وابسته است که کاهش یا افزایش دما را خواستار خواهد بود. در این مرحله نیز می‌توان به سهولت دمای آسایش را برای هر فرد براساس متد Griffith محاسبه نمود. تفاوت دمای آسایش در حالی که احساس حرارتی به روش مستقیم سنجش شده با حالتی که از مدل ۱، جدول زیر استفاده شده است بین ۲/۷۲ تا ۲/۸۸- است. از آنجایی که در روش سنجش مستقیم، از گزینه‌های هفت گانه به صورت مقیاس ترتیبی استفاده شده است این تفاوت قابل پیش‌بینی است. در خصوص ترجیح دمایی تفاوت دمای آسایش در این دو حالت بین ۲/۶۱ تا ۲/۶۶- مشاهده شده است. همانطور که در اغلب منابع نیز اشاره شده است یک درجه سانتیگراد کاهش یا افزایش در دمای آسایش می‌تواند در حدود ۱۰ درصد در مصرف انرژی اثرگذار باشد.

از آنجایی که مولفه‌های محیطی به تنهایی نمی‌توانند بیانگر ادراک حرارتی فرد باشند، در این مرحله مدل پیش‌بینی کننده میان مولفه‌های محیطی و پاسخ‌های حرارتی فرد محاسبه نشده است و در بخش بعد اثر تجمعی لحاظ شده است.

۴-۳- تاثیر همزمان مولفه‌های فیزیکی -

محیطی بر ادراک حرارتی

از آنجایی که هدف این پژوهش بررسی اثر همزمان مولفه‌های فیزیکی و محیطی است، مدل‌های پیش بین با استفاده از اثر تجمعی این مولفه‌ها بر روی پاسخ‌های حرارتی مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین رگرسیون خطی چندگانه به گونه‌ای اجرا شده است که در هر مرحله پاسخ‌های حرارتی متغیر وابسته و مولفه‌های فیزیکی و محیطی متغیر مستقل به شمار می‌روند. برای رفع هم‌خطی از نمره استاندارد Z هریک از مولفه‌ها استفاده شده است. نحوه ورود داده‌ها به مدل نیز روش پس‌رونده بوده است.

از آنجایی که از میان مقیاس‌های سنجش ادراک حرارتی، احساس حرارتی و ترجیح حرارتی دو مقیاسی هستند که در جهت تعیین شرایط دمای

جدول ۳- مدل‌های پیش‌بینی ادراک حرارتی براساس مولفه‌های فیزیکی و محیطی

دامنه ادراک حرارتی	مدل	R square	ردیف
۰/۵۲ تا ۱/۱۲	$TSV = -0.013 + 0.130 (T_{in}) - 0.222(Door\ Status) + 0.172 (window\ status) + 0.146(near\ window)$	۰/۱۵۶	۱
۰/۳۲ تا ۰/۶۳	$T_{preftemp} = 0.030 - 0.180 (RH_{in}) - 0.136 (T_{globe}) - 0.123(RH_{out}) - 0.127(near\ window)$	۰/۱۵۵	۲
کلیه مدل‌ها در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۰۱ هستند.			

۵- نتیجه گیری

با وجود مطرح بودن مطالعات آزمایشگاهی آسایش حرارتی، مشاهده و ثبت گزارش نارضیاتی کاربران در فضاهای مختلف منجر به اهمیت مطالعات میدانی گردید. با این روش هدف بررسی اثر سایر مولفه‌ها بر ادراک حرارتی و نهایتاً تعیین دامنه آسایش حرارتی متناسب خواهد بود. در مطالعات مختلف مولفه‌های متنوعی به عنوان عامل موثر بر آسایش حرارتی مطرح شده و مورد سنجش قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، هدف، بررسی اثر همزمان مولفه‌های فیزیکی و محیطی بوده‌است. که منجر به انجام مطالعه‌ای میدانی در ساختمان اداری در شهر شیراز شده‌است. ۱۰۸ نفر در خصوص ادراک حرارتی مورد سنجش قرار گرفتند؛ به طور همزمان شرایط فیزیک و آب‌وهوایی و محیطی نیز توسط محقق ثبت گردیده‌است و نتایج براساس تحلیل‌های آماری ارائه و مورد بحث قرار گرفته است.

طبق نتایج پژوهش ۶۱/۸۲ درصد از افراد در شرایط خنثی حرارتی قرار داشته‌اند. این رقم با نتایج تحقیقات مشابه همخوانی دارد (Maykot et al., 2018; Rijal et al., 2017; Wu et al., 2018) از آنجایی که در مدل‌های نوین آسایش حرارتی هدف حرکت به سمت مدل‌های فردی و تامین رضایت ۱۰۰ درصد، میزان جزئی نارضیاتی نیز باید مد نظر قرار گیرد. این مسئله با دقت بر مقیاس ترجیح حرارتی نیز مشاهده می‌شود، افراد با وجود احساس حرارتی خنثی و یا آسایش حرارتی، همچنان نیاز به تغییر در دما، رطوبت، جریان هوا و یا تابش را خواستار بوده‌اند. از آنجایی که دما و رطوبت ثبت

شده در فضاهای داخلی در حین مطالعه در طیف آسایش حرارتی استاندارد قرار داشته‌اند، عدم رضایت خود مبین آنست که علاوه بر شرایط دما و رطوبت محیط، مولفه‌های دیگری بر احساس حرارتی و آسایش حرارتی کاربران موثر است. در خصوص ترجیحات فردی، نیاز به افزایش جریان هوا، یکی از نیازهای اصلی بوده‌است که از ساعات ابتدایی صبح توسط کاربران اشاره شده‌است. بنابراین در این نوع فضاها که سیستم‌های تاسیساتی پیش از حضور کاربر فعال می‌گردد، تراکم هوای گرم در فصل زمستان موجب راکد شدن هوا می‌شود و در صورت عدم تهویه مناسب موجب نارضیاتی می‌گردد. این مشکل در ساختمان‌هایی که عایق کاری حرارتی داشته و فاقد درزهای نفوذ هوا نیز باشند بیشتر مسئله‌ساز می‌شود. رطوبت هوا نیز فاکتور دیگری است که مورد نیاز کاربران بوده است؛ شهر شیراز از نظر میزان رطوبت در سطح پایینی است، قطعاً، در طول زمستان نیاز است رطوبت‌زنی در فضاهای مختلف مد نظر قرار گیرد. افزایش رطوبت می‌تواند به صورت مکانیکی با استفاده از تجهیزات رطوبت زن باشد و یا با افزودن پوشش گیاهی در فضا اتفاق افتد. البته این مرز ظریف باید رعایت گردد که در فضاهایی که تراکم حضور افراد بیشتر است، افزایش رطوبت خود مسئله‌ساز نگردد. چنانچه پاسخ‌های حرارتی در طول زمان مطالعه مورد بررسی قرار گیرند، در ساعات ابتدایی صبح و ساعات نزدیک به ظهر عدم رضایت بیشتر بوده‌است؛ به گونه‌ای که در ساعات ابتدایی نیاز به افزایش تابش و در ساعت انتهایی نیاز به افزایش جریان هوا بیشتر مشاهده شده‌است. در

از عایق حرارتی، نوع بازشوها میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی به میزان هزینه اجرا بررسی شده و سپس تصمیم نهایی اتخاذ گردد.

در خصوص روابط همبستگی (با توجه به تصویر ۹)، نیز با اذعان نمود در حالت کلی از میان مولفه‌های محیطی رطوبت نسبی اثرگذاری بیشتر بر پاسخ‌های حرارتی افراد است. با توجه به موارد فوق، این مسئله نیز مشخص است که دمای هوا در اغلب موارد در طیف آسایش قرار داشته‌است و این سطح رطوبت نسبی بوده‌است که نیاز حرارتی افراد را تحت تاثیر قرار داده‌است. به همین دلیل است که نیاز به تغییر دمایی بسیار کمتر از نیاز به تغییر رطوبت و یا تغییر در جریان هوا گزارش شده‌است. در مورد مولفه‌های محیطی، آنچه که مشخص است تاثیر وضعیت بازشوها بر احساس حرارتی امر طبیعی و غیرقابل انکار است. در خصوص رضایت حرارتی و آسایش حرارتی به سادگی قابل استفاده نمی‌باشند. چراکه دو مقیاس فوق به طور معمول کلان‌تر از ادراک حرارتی تعبیر می‌شوند و تاثیر مولفه‌های محیطی بر آسایش کلی فرد که شامل آسایش حرارتی، بصری و صوتی مطرح می‌شود و نه صرفاً آسایش حرارتی. این امر در محاسبات کمی مدل رگرسیون نیز دیده می‌شود که با بررسی مولفه‌های اثرگذار، طیف متنوعی از احساس حرارتی توسط کاربران گزارش می‌گردد.

به قطع، مولفه‌های محیطی، معیارهای مناسبی برای پیش‌بین آسایش حرارتی هستند؛ در حالی که احساس حرارتی فرد هم تحت تاثیر مولفه‌های فیزیکی و هم مولفه‌های محیطی است. به همین دلیل لازم است در روند طراحی معماری با دقت بیشتری

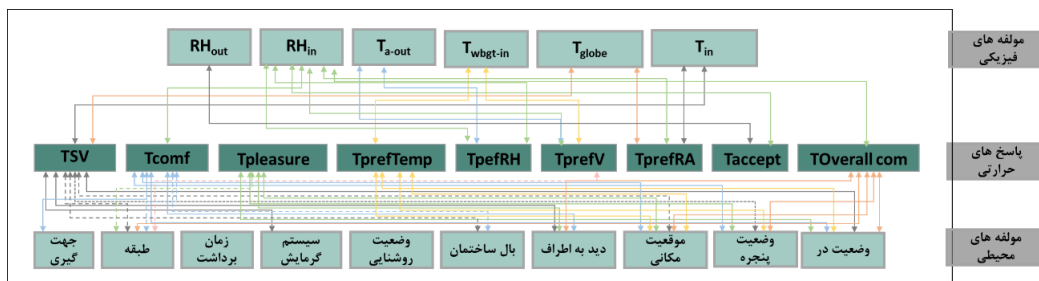
خصوص نیاز به تابش در ضلع شمالی ساختمان بیشتر دیده شده‌است. همین مسئله تابش در ساعات میانه و نزدیک به ظهر در ضلع جنوبی، به دلیل عدم به کارگیری سایبان خارجی و یا داخلی مناسب، منجر به عدم رضایت و نیاز به کاهش تابش شده‌است. تفاوت مشاهده شده در دو بال و فضاها ضلع شمالی و جنوبی نیز قابل تامل است. هرچند در بال جدید علاوه بر شرایط حرارتی سایر عوامل کیفیت محیط نیز بر آسایش و رضایت افراد اثرگذار است ولی لازم است به تفاوت‌ها دقت شود. هرچند احساس حرارتی در هر دو بال به شرایط خنثی نزدیک است و آسایش حرارتی و رضایت حرارتی نیز تفاوت چندانی ندارند.

در خصوص شرایط دمایی، مشاهده گردید که تفاوت میان دمای کروی و دمای خشک بسیار ناچیز است و چه بسا این دو بتوانند به عنوان جایگزین یکدیگر در محاسبات شاخص‌های آسایش اعمال شوند. دمای کروی مرطوب، نزدیکی بیشتری با دمای هوای بیرون را نشان داده‌است. بنابراین، در مدل‌های سازگاری حرارتی که اتکا به دمای هوای بیرون است، دمای کروی مرطوب نیز کمک‌کننده است. رطوبت نسبی هوای بیرون و هوای داخل تفاوت چشم‌گیری داشته‌اند. تفاوت در شیوه اندازه‌گیری علت اصلی تفاوت است، با این حال رطوبت ثبت شده در محیط داخل به شرایط ادراک شده بسیار نزدیک‌تر است و خشکی هوا کاملاً توسط کاربران احساس شده‌است.

تفاوت دمایی در دو بال ساختمان با وجود ساختار اجرایی متفاوت، بسیار ناچیز است. ضروری است در فرایند طراحی فاز دو معماری و ساخت‌وساز استفاده

ایجاد فضای شخصی که آسایش حرارتی را رقم زند مهم است. به طور مثال نیاز به جریان هوا، افزایش/کاهش رطوبت و یا ایجاد گرمایش/سرمایش موضعی در روند طراحی باید در نظر گرفته شود.

مولفه‌های محیطی مد نظر قرار گیرد. در این راستا در خصوص فاکتوری همچون وضعیت بازشوها، قابلیت تغییر در وضعیت بازشو و یا امکان تغییر در چیدمان فضایی می‌تواند موثر باشد. مسئله اصلی در روند طراحی آنست که حتی در ساختمان‌های اداری با پلان باز نیز حریم شخصی فرد با قابلیت



تصویر ۳- روابط همبستگی مولفه‌های فیزیکی و محیطی با پاسخ‌های حرارتی افراد

این رقم می‌تواند برای فضاهای مختلف بین ۲۰/۷۶ تا ۲۶/۷۴ درجه سانتیگراد با مقیاس احساس حرارتی و بین ۲۱/۲۶ تا ۲۵/۷۳ درجه سانتیگراد با مقیاس ترجیح دمایی می‌تواند متغیر باشد و لزومی بر یکسان بودن آن برای کلیه فضاها وجود ندارد.

با این وجود محدودیت‌هایی در روند مطالعه وجود داشته‌است که می‌تواند در تحقیقات آتی به تدقیق مدل‌ها بیانجامد؛ برخی از این موارد عبارتند از: نیاز به جامعه آماری بیشتر در اقلیم‌های مختلف، مقایسه ساختمان‌های اداری با گونه‌بندی پلانی متفاوت، سنجش در بازه زمانی بلندمدت در فصول مختلف که نیازمند صرف هزینه و زمان در سطح کلان است.

این مدل‌ها به تعیین دمای آسایش براساس مدل Griffith نیز کمک نموده‌اند. از آنجایی که طبق تحقیقات اخیر مقیاس‌های سنجش ادراک حرارتی، مقیاسی فاصله‌ای به شمار می‌روند و نه ترتیبی (M. Schweiker et al., 2019; Marcel Schweiker et al., 2020) استفاده از مدل‌های پیش‌بین، به دقت محاسبه بر این اساس کمک می‌نماید. با این نگاه میانگین دمای آسایش تفاوت چندانی نخواهد داشت، ولی دمای آسایش برای هر فرد می‌تواند متفاوت لحاظ شود که تغییراتی در میزان مصرف انرژی را نیز به همراه دارد. از طرفی چون نقطه تنظیم دمایی در محل مطالعه بر روی ۲۵ درجه سانتیگراد برای کلیه فضاها تنظیم شده‌است می‌توان دید که

پی‌نوشت‌ها

1. adaptive PMV (aPMV)
2. extended PMV (ePMV)

3. newPMV (nPMV)
4. adaptive thermal heat balance (ATHB) model
5. thermoneutral zone (TNZ)
6. Climate chamber
7. European project named SCATS

۸. علت استفاده از این روش به جای روش رگرسیون خطی بین احساس حرارتی و دمای هوای داخل برای تعیین دمای خنثی، آنست که براساس توزیع و تعداد نمونه‌ها، و نیاز به تعیین دما برای هر فرد بهتر است از این روش استفاده شود. دمای آسایش براساس این فرمول می‌تواند با استفاده از احساس حرارتی یا ترجیح حرارتی محاسبه شود. در اینجا چون احساس حرارتی معادله مناسبی را براساس جدول شماره ۲ در اختیار قرار ندارد از ترجیح حرارتی استفاده شده‌است.

منابع

- احمدی، محمود، عاشورلو، د.، نارنگی فرد، م. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی دمای شهر شیراز در فصول گرم و سرد با به کارگیری تحلیل های آماری و تصاویر ماهواره ای. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲، ۱۴۷-۱۶۰.
- احمدی، محمود، عاشورلو، د.، نارنگی فرد، م. ن. (۱۳۹۱). تغییرات زمانی- مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجش از دور و Gis ایران، ۴، ۵۵-۶۸.
- Albatayneh, A., Alterman, D., Page, A., & Moghtaderi, B. (2018). The Impact of the Thermal Comfort Models on the Prediction of Building Energy Consumption. *Sustainability*, 10(10), 3609-3626. 9
- Antoniadou, P., & Papadopoulos, A. M. (2017). Occupants ' thermal comfort : State of the art and the prospects of personalized assessment in office buildings. *Energy & Buildings*.
- Auliciems, A. (1981). Towards a psycho-physiological model of thermal perception. *International Journal of Biometeorology*, 25(2), 109-122.
- Brager, G. S., & De Dear, R. (1998). Thermal adaptation in the built environment : a literature review. *Energy and Buildings*, 27, 83-96.
- Brien, W. O., & Gunay, H. B. (2014). The contextual factors contributing to occupants ' adaptive comfort behaviors in of fi ces e A review and proposed modeling framework. *Building & Environment*, 77, 77-87.
- Candido, C., & Dear, R. De. (2012). From thermal boredom to thermal pleasure: a brief literature review. *Ambiente Construido*, 12(1), 81-90.
- Cheung, P. K., & Jim, C. Y. (2017). determination and application of outdoor thermal benchmarks. *Building and Environment*.
- Coccolo, S., Kämpf, J., Scartezzini, J.-L., & Pearlmutter, D. (2016). Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. *Urban Climate*, 33-57.
- d'Ambrosio Alfano, F. R., Dell'Isola, M., Palella, B. I., Riccio, G., & Russi, A. (2013). On the measurement of the mean radiant temperature and its influence on the indoor thermal environment assessment. *Building and Environment*, 63, 79-88.
- De Dear, R., Brager, G., & Cooper, D. (1998). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. *ASHRAE Transactions* (Vol. 104).
- De Dear, R. J., Akimoto, T., Arens, E. A., Brager, G., Candido, C., Cheong, K. W. D., & Toftum, J. (2013). Progress in thermal comfort research over the last twenty years, 442-461.
- Djamila, H. (2017). Indoor thermal comfort predictions : Selected issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(January), 569-580.
- Djongyang, N., Tchinda, R., & Njomo, D. (2010). Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2626-2640.
- Eliasson, I., Knez, I., Westerberg, U., Thorsson, S., & Lindberg, F. (2007). Climate and behaviour in a Nordic city. *Landscape and Urban Planning*, 82(1-2), 72-84.
- Forgiarini, R., Kim, J., Dear, R. De, & Ghisi, E. (2018). Associations of occupant demographics , thermal history and obesity variables with their thermal comfort in air-conditioned and mixed-mode ventilation o ffi ce buildings. *Building and Environment*, 135(March), 1-9.
- Frontczak, M., & Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), 922-937.
- Gunay, H. B., Brien, W. O., & Beausoleil-morrison, I. (2013). A critical review of observation studies , modeling , and simulation of adaptive occupant behaviors in of fi ces. *Building & Environment*, 70, 31-47.
- Halawa, E., & Van Hoof, J. (2012). The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. *Energy and Buildings*, 51, 101-110.
- Humphreys, M. A., Rijal, H. B., & Nicol, J. F. (2013). Updating the adaptive relation between climate and comfort

- indoors; new insights and an extended database. *Building and Environment*, 63, 40–55.
- Humphreys, M., & Nicol, F. (1998). Understanding the adaptive approach to thermal comfort. *ASHRAE Transactions*, 991–1004.
 - Humphreys, M., & Nicol, J. F. (2018). Puzzles and paradoxes in adaptive comfort Michael. In *WiNDSOR Conference, Rethinking Comfort* (pp. 3–19).
 - Humphreys, Michael A., & Hancock, M. (2007). Do people like to feel “neutral”? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. *Energy and Buildings*, 39(7), 867–874.
 - Humphreys, Michael A., Roaf, S., & Nicol, F. (2016). *Adaptive Thermal Comfort: Foundations and Analysis*.
 - Johnson, M. B., Iweka, A. C. O., & Adebamowo, M. (2018). Impact of physical characteristics on comfort and well-being in selected neighborhoods of metropolitan Lagos, Nigeria. In *WiNDSOR Conference, Rethinking Comfort* (p. 1140).
 - Kim, J., Zhou, Y., Schiavon, S., Raftery, P., & Brager, G. (2018). Personal comfort models: Predicting individuals' thermal preference using occupant heating and cooling behavior and machine learning. *Building and Environment*, 129(December 2017), 96–106.
 - Knez, I., & Thorsson, S. (2006). Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square, 258–268.
 - Knez, I., & Thorsson, S. (2008). Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons. *Building and Environment*, 43(9), 1483–1490.
 - Korsavi, S. S., & Montazami, A. (2018). Adaptive Behaviours and Occupancy Patterns in UK Primary Schools: Impacts on Comfort and Indoor Quality. In *WiNDSOR Conference, Rethinking Comfort*.
 - Marino, C., Nucara, A., Peri, G., & Pudano, A. (2011). A Δ algorithm for the assessment of subjective adaptive thermal comfort conditions based on multi-agent systems, (October).
 - Maykot, J. K., Rupp, R. F., & Ghisi, E. (2018). A field study about gender and thermal comfort temperatures in office buildings, 178, 254–264.
 - Mishra, A. K., & Ramgopal, M. (2013). Field studies on human thermal comfort — An overview. *Building and Environment*, 94–106.
 - Nicol, F., Humphreys, M., & Olesen, B. W. (2004). A stochastic approach to thermal comfort - Occupant behavior and energy use in buildings, (January).
 - Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572.
 - Nicol, J. Fergus. (2011). Adaptive comfort. *Building Research and Information*, 39(2), 105–107.
 - Nicol, J. Fergus, & Roaf, S. (2017). Rethinking thermal comfort. *Building Research & Information*, 0(0), 1–5.
 - Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*, 41(11), 1455–1470.
 - Parkinson, T., de Dear, R., & Brager, G. (2020). Nudging the adaptive thermal comfort model. *Energy and Buildings*, 206(December 2019).
 - Rijal, H. B., Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2017). Towards an adaptive model for thermal comfort in Japanese offices. *Building Research & Information*, 1–13.
 - Schweiker, M., Abdul-Zahra, A., André, M., Al-Atrash, F., Al-Khatiri, H., Alprianti, R., & R., ... & Azadeh, M. (2019). The Scales Project, a cross-national dataset on the interpretation of thermal perception scales. *Scientific Data*, 6(1), 1–10.
 - Schweiker, Marcel, André, M., Al-Atrash, F., Al-Khatiri, H., Alprianti, R. R., Alsaad, H., ... Zomorodian, Z. S. (2020). Evaluating assumptions of scales for subjective assessment of thermal environments – Do laypersons perceive them the way, we researchers believe? *Energy and Buildings*, 211, 109761.
 - Schweiker, Marcel, Fuchs, X., Becker, S., Shukuya, M., Dovjak, M., Hawighorst, M., & Kolarik, J. (2017). Challenging the assumptions for thermal sensation scales. *Building Research & Information*, 45(5), 572–589.
 - Schweiker, Marcel, Huebner, G. M., Kingma, B. R. M., & Kramer, R. (2018). Drivers of diversity in human thermal perception – A review for holistic comfort models. *Temperature*, 5(4), 1–35.
 - Shooshtarian, S. (2015). Socio-economic Factors for the Perception of Outdoor Thermal Environments: Towards Socio-economic Factors for the Perception of Outdoor Thermal Environments: Towards Climate-sensitive Urban Design. *Global Built Environment Review*, 9, 39–53.
 - Taleghani, M., Tenpierik, M., Kurvers, S., & Van Den Dobbelsteen, A. (2013). A review into thermal comfort in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 201–215.
 - Taleghani, M., Tenpierik, M., Van Den Dobbelsteen, A., & De Dear, R. (2013). Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands. *Energy and Buildings*, 67, 166–175.
 - van Hoof, J., Schellen, L., Soebarto, V., Wong, J. K. W., & Kazak, J. K. (2017). Ten questions concerning thermal comfort and ageing. *Building and Environment*, 120, 123–133.
 - Wagner, A., & O'Brien, W. (2018). Occupant behaviour-centric building design and operation EBC Annex 79 October 2018, updated after approval by IEA EBC Prepared by: *Energy in Building and Communities Programme(EBC)*, (October).

- Wang, Z., Dear, R. De, Luo, M., Lin, B., He, Y., & Ghahramani, A. (2018). Individual Difference in Thermal Comfort : A Literature Review. *Building and Environment*, 138(June), 181–193.
- Wu, T., Cao, B., & Zhu, Y. (2018). A field study on thermal comfort and air-conditioning energy use in an office building in Guangzhou. *Energy & Buildings*, 168, 428–437.

Original Research Article

Relationship between Thermal Comfort Scales and Physical-Environmental Components; a Case Study of Shiraz University Administration Building

Bahareh Bannazadeh^{1*}, Shahin Headari², Habib Hadianfard³

1- PhD Candidate, School of Architecture, Tehran University, Kish International Complex

2- Professor, School of Architecture, Tehran University, Iran

3- Professor, Clinical Psychology Department, Shiraz University, Iran

Abstract

Studies of thermal comfort can be discussed from different perspectives with a variety of objectives. Thermal adaptation is a gradual process of adapting to conditions and responding to thermal stimuli, which are classified into three categories including physical, physiological and psychological adaptations. Therefore, thermal comfort is not simply influenced by climate components; certain other variables affect it too. In this regard, several studies have been carried out to determine the effects of different components. The purpose of this study is to identify the simultaneous effect of physical and environmental components in the administration building of Shiraz University. The environmental components included air temperature, globe temperature, Wet Bulb Globe temperature and relative humidity recorded indoors and outdoors. The physical components included the surrounding view, location of users, windows and doors status, spatial layout level of noise pollution and light conditions. The field study consisted of three parts: distribution of questionnaires, observation and recording of weather data using a data logger. The questionnaires helped to collect thermal responses of the participants based on different scales such as thermal sensation, thermal comfort, thermal pleasure, thermal preferences, thermal acceptance and overall comfort. During observation, the researchers recorded the status of each environmental component. It was a Mixed-Mode case study of the main administration building of Shiraz University located on the northern side of the city of Shiraz, Iran, at 52.52°N latitude and 29.63°E longitude and the altitude of 1590 meters above sea level. The building has a northwest-southeast orientation in two blocks of seven and ten stories. The field part of the study was conducted in January, 2019 for four consecutive days from 8 am to 12 pm. The results on 110 employees in winter show that, among the physical components, relative humidity has the most influence on the individuals' thermal perception. The simultaneous impact of the physical-environmental components also indicates that, in addition to the indoor air temperature and relative humidity, the condition of the openings has a significant effect on the individuals' thermal sensation. In this study, the temperature preferences scale was predicted by environmental components, and thermal sensation could be predicted by the physical-environmental components.

Keywords: Thermal adaption, Thermal comfort, Physical-environmental component, Office building, Shiraz

*Email: bahar.bannazadeh@ut.ac.ir