شناسایی و تدقیق برنامه‌های زمانی، الگوی بهره‌برداری و رفتار کاربران در کلینیک‌های تخصصی تهران

(موردپژوهی: کلینیک‌های تخصصی چشم‌پزشکی)

ساجده بحرینی مقدم *[1]، محمدتقی رضایی حریری[2] و بهروز محمد کاری[3]

تاریخ دریافت: 1402/02/09
تاریخ پذیرش: 1402/09/19
(صفحات 118-99)

چکیده

مقدمه: این پژوهش به مطالعه میدانی نمونه‌های موجود مراکز درمانی در مقیاس متوسط مانند درمانگاه‌های تخصصی و روزانه در تهران پرداخته است تا از طریق تدقیق الگوی رفتارهای وابسته به مصرف انرژی در این مراکز، فاصله زیاد مقادیر مصرف محاسبه شده توسط نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی بر مبنای الگوهای ثابت و بین‌المللی بهره‌برداری، با مصرف واقعی در این گونه ساختمانی در شهر تهران، تا حد امکان کاهش یابد.

روش تحقیق: با ارائه پرسشنامه به کارکنان کلینیک‌های تخصصی در قالب دو مجموعه سوألات کمی و کیفی و میان‌یابی نتایج آن‌ها، الگوی واقعی حضور افراد در فضا، نحوه بهره‌برداری و کنترل سیستم‌های تأسیساتی و عملکرد پوسته ساختمان در تأمین روشنایی و هوای تازه بررسی شده است و در قالب برنامه زمانی تراکم حضور و سطح فعالیت افراد، روشنایی مصنوعی، سرمایش، گرمایش و تهویه، با قابلیت استفاده در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی ارائه شده است.

نتایج و بحث: نتایج بررسی داده‌های کمی نشان داده است که محاسبه مصرف سالانه انرژی براساس برنامه زمانی مستخرج از این پژوهش به‌ازای هر متر مربع 185 کیلووات‌ساعت است که با توجه به مصرف واقعی انرژی مراکز مشابه در بازه 150 تا 195 کیلووات‌ساعت بر متر مربع، تقریب مناسب‌تری در مقایسه با مصرف محاسبه شده براساس برنامه‌های زمان‌بندی پیش‌فرض کلینیک‌های روزانه در نرم‌افزار دیزاین بیلدر است.

نتیجه‌گیری: شناسایی الگوی نیاز و رفتار کاربران که محرک عملکرد پوسته ساختمان، سیستم‌های کنترل و تأسیسات تعبیه‌شده در ساختمان است و طراحی برمبنای آن‌ها، به محیط‌هایی منتهی خواهد شد که ضمن برطرف‌کردن گستره قابل‌قبولی از نیازهای کاربران و تأمین آسایش فیزیکی و آرامش روانی آن‌ها، از هدررفت منابع انرژی پیش‌گیری می‌کند. همچنین، می‌توان انتظار داشت که در بلندمدت با توسعه روش‌های احصاء الگوهای رفتاری کاربران در سایر کاربری‌ها و شهرهای مختلف ایران، به‌مرور امکان دست‌یابی به یک پایگاه داده بومی پشتیبان شبیه‌سازی‌های انرژی در کشور فراهم شود.

واژگان کلیدی: مراکز درمانی مقیاس متوسط در تهران، الگوی بهره‌برداری و رفتار کاربران، آسایش، شبیه‌سازی انرژی، مصرف واقعی انرژی، بهره‌وری انرژی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم با عنوان «طراحی کلینیک تخصصی چشم‌پزشکی در تهران با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و بررسی تأثیر بهره‌برداری از آن‌ها بر آسایش حرارتی کاربران بر مبنای الگوی عملکرد و برنامه زمان‌بندی تیپ مراکز درمانی مقیاس متوسط در تهران» است که با راهنمایی نویسندگان اول و سوم در دانشکده معماری دانشگاه تهران انجام شده است.

[1] **کارشناس ارشد** مهندسی معماری و انرژی، دانشکده معماری، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) saj.bahraini132@ut.ac.ir
[2] **دانشیار** دانشکده معماری، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
[3] **دانشیار** فیزیک ساختمان، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.

1- مقدمه

خدمات بهداشتی و درمانی، در زمره حیاتی‌ترین نهادهای خدماتی جامعه قرار دارند و درعین‌حال، با توجه به حساسیت فعالیت و اولویت‌بندی متفاوت آن‌ها براساس ملاحظات خاص بهداشتی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر در قالب سیستم‌های فعال و غیر فعال، تاکنون به‌ندرت در زمره موارد مورد مطالعه در این بخش خدماتی بوده است و در نتیجه، هزینه‌های مازاد ناشی از بهره‌برداری نادرست از حامل‌های انرژی نیز، مستقیما به دولت، بیمه‌های درمانی و دریافت‌کنندگان نهایی خدمات تحمیل شده است. نبود اطلاعات کافی، به تفکیک کاربری، در ترازنامه‌ی انرژی منتشرشده توسط وزارت نیرو برای هرسال و خلأ برنامه‌ریزی برای کاهش مصرف انرژی در این حوزه از دلایل این کم‌توجهی است (Iran's energy balance sheet 2019, 2021). به علاوه، با توجه به پیچیدگی عملکردها و ثابت نبودن بهره‌برداران مراکز درمانی چه در شرایط بهره‌برداری دائمی مانند بیمارستان‌های بزرگ و چه در بهره‌برداری منقطع مانند کلینیک‌های روزانه، مدیران، برنامه‌ریزان و طراحان تمایل کمتری برای شناخت دقیق‌تر این کاربری‌ها نشان می‌دهند؛ حال‌آنکه بر اساس پژوهش بالا در ایالات‌متحده، در سال 2012، مصرف انرژی نهایی در مراکز درمانی و بیمارستان‌هایی با قابلیت بستری بیماران، معادل 730 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال است و این ساختمان‌ها در جایگاه دوم پرمصرف‌ترین ساختمان‌های غیرمسکونی قرار دارند؛ همچنین مراکز درمانی بدون قابلیت بستری، با 290 کیلووات ساعت بر مترمربع مصرف سالانه در رده هفتم قرار دارند (Balaras et al., 2017). همچنین «ارزیابی شدت مصرف انرژی در بیمارستان‌ها» در اتحادیه اروپا، با تمرکز بر ترکیب میزان مصرف حامل‌های گاز و الکتریسیته در بخش‌های مختلف بیمارستان‌ها در چند نمونه، نشان داده است برای کاهش مصرف انرژی کنونی در هر بخش، به‌تناسب نیازهای متفاوت آن، به استانداردهایی منحصربه‌فرد به تفکیک تجهیزات الکتریکی، روشنایی مصنوعی، سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع نیاز است. بر این اساس، مصرف کنونی مراکز درمانی موردبررسی بسته به کیفیت و مقیاس فضای بستری و تنوع خدمات درمانی، از 400 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال برای بیمارستان‌های 1000 تخت خوابی تا 305 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال برای کلینیک‌های روزانه متغیر است؛ همچنین در بخش‌های مختلف یک مرکز درمانی نیز الگوهای متفاوتی از مصرف مشاهده شده است؛ برای مثال، میزان مصرف انرژی یک اتاق تصویربرداری در سال به‌طور میانگین معادل 471 کیلووات ساعت بر مترمربع است؛ درحالی‌که این مقدار برای آزمایشگاه معادل 190 کیلووات ساعت بر مترمربع و برای اتاق بستری معادل 60 کیلووات ساعت بر مترمربع است (Morgenstern et al., 2016). لذا نگاه دقیق‌تر به الگوی عملکرد این فضاها برای درک مصرف واقعی انرژی در آن‌ها، هم برای آسیب‌شناسی وضع کنونی مصرف انرژی و هم برای استفاده در طراحی‌های آینده و پیش‌بینی دقیق‌تر مصرف انرژی در شبیه‌سازی‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

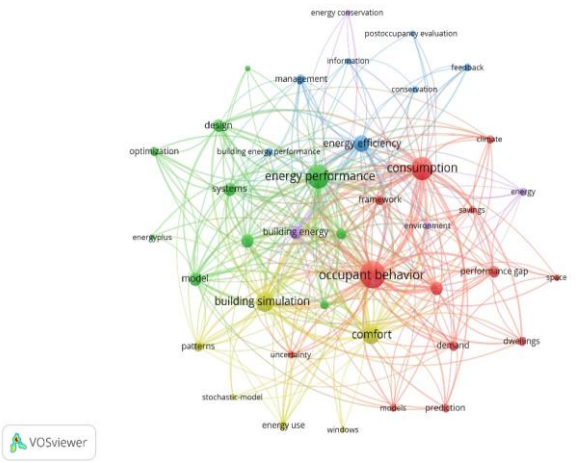
علاوه بر این، بنا بر آمارهای وزارت بهداشت و آخرین به‌روزرسانی اطلاعات در پایگاه داده بانک جهانی، سرانه تخت بیمارستانی در ایران در سال 1397 معادل 1.6 تخت به ازای هزار نفر از جمعیت است که فاصله بسیار زیادی با متوسط جهانی 2.9 تخت برای هزار نفر دارد (URL3; Kameli et al., 2018). لذا نیاز به ساخت و ارتقای فضاهای درمانی در چشم انداز توسعه کشور یک ضرورت است. در عین حال، باید در مرحله طراحی و ساخت این فضاها، مقوله بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش تولید دی‌اکسید کربن و استفاده از منابع تجدیدپذیر، به‌عنوان عواملی اساسی، مدنظر قرار گیرد؛ بنابراین لازم است از طریق شبیه‌سازی رایانه‌ای در مرحله طراحی، ارزیابی اولیه‌ای از کارایی انرژی آلترناتیوهای طراحی بنا صورت گیرد. روشن است هر چه برنامه بهره‌برداری کاربران از بنا، در این مرحله به واقعیت نزدیک‌تر باشد، نتایج شبیه‌سازی دقیق‌تر و فاصله نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مرحله طراحی و ممیزی انرژی بنا در مرحله بهره‌برداری کمتر خواهد بود. بر اساس پژوهش فان‌دانکلار و همکاران، سه عامل اصلی عدم قطعیت نتایج مدل‌سازی رایانه‌ای و فاصله قابل‌توجه آن‌ها

با نتایج ممیزی ساختمان‌ها، شامل تفاوت وضعیت آب‌وهوا در شرایط بهره‌برداری با فایل‌های آب‌وهوایی مورد استفاده، نقص در عملکرد سیستم‌ها و فاصله‌گرفتن از ویژگی‌های اسمی و تفاوت الگوی رفتار کاربران با برنامه‌های زمانی تعریف‌شده در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز است (Van Dronkelaar et al., 2019)؛ به بیان وانگ و همکاران، شبیه‌سازی این رفتارها در قالب یک برنامه زمان‌بندی بسته به داده‌های به دست آمده از مطالعات میدانی و آزمایشگاهی روی جامعه نمونه کاربران و کاربری‌های ساختمانی در یک شرایط اقلیمی و بستر فرهنگی خاص، نتایجی متفاوت از شبیه‌سازی‌ها در سایر زمینه‌ها خواهد داشت و به همین علت لازم است برای هر کاربری ساختمانی بسته به ساختار فرهنگی بهره‌برداران و شرایط اقلیمی و تأثیرات خرد اقلیمی مطالعات جداگانه‌ای انجام پذیرد تا در نهایت با گردآوری آن‌ها در یک قالب واحد، قابلیت پیش‌بینی رفتار کاربران در شرایط مختلف میسر شود (Wang et al., 2019).

درنتیجه، پژوهش حاضر بر آن است، در راستای توسعه کمی و کیفی فضاهای درمانی در شهر تهران، با نگاهی مبتنی بر کاهش مصرف انرژی توام با پاسخ به نیازهای فیزیکی کاربران در این فضاها، بر گروه محدودی از ساختمان‌های ارائه‌دهنده خدمات درمانی، شامل کلینیک‌های روزانه و تخصصی چشم‌پزشکی تمرکز کند و با بررسی وضع موجود آن‌ها، با ارائه پرسشنامه مبتنی بر داده‌های الگوی اشغال فضا، نوع و نحوه بهره‌برداری از سیستم‌های تأسیساتی و آسایش حرارتی، بصری و صوتی، به پرسنل این مجموعه‌ها، به ارائه برنامه زمان‌بندی تدقیق شده بر مبنای الگوی مستخرج از رفتار کاربران این مراکز در شهر تهران بپردازد تا عینی‌ترشدن نتایج محاسبات نرم‌افزاری،کارایی بیشتر سیاست‌های طراحی و به تبع آن، بهبود کیفیت طرح‌های بهداشتی و درمانی آتی در این شهر را تسهیل کند؛ به‌ویژه آنکه در روش‌های جدید بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح در کشور، میزان انعطاف‌پذیر بودن راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در طراحی گروه‌های مختلف ساختمانی وابسته به مدل‌سازی انرژی این ساختمان‌هاست و باتوجه به کلی بودن برنامه‌های زمان‌بندی ارائه‌شده در آخرین ویرایش مبحث 19 مقررات ملی ساختمان، ضرورت دارد تا این برنامه‌ها با انجام مطالعات میدانی، وابسته به کاربری و اقلیم مورد مطالعه، تدقیق شوند.

1-1- پیشینه پژوهش

تاکنون پژوهش‌های متعددی در راستای درک جزییات رفتار و نیازهای کاربران و نحوه اثرگذاری آن‌ها بر مصرف انرژی ساختمان‌های در حال بهره‌برداری انجام شده‌است که هدف آن‌ها افزایش دقت استانداردها و کدهای ساختمانی رایج و بهبود کیفیت مدل‌سازی‌های انرژی و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف در ساختمان بوده‌است. اهم کلیدواژه‌های به‌کار رفته در محدوده این موضوع در پایگاه وب آو ساینس[1] تا 27 مارس 2023 در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- پرکاربردترین کلیدواژگان مقالات پایگاه وب آو ساینس در خصوص الگوی رفتار مصرف انرژی کاربران در ساختمان‌ها[1]

Fig. 1- The summary and clustering of the most used keywords in literature review

به‌علاوه، ژانگ و همکاران، پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه را به چهار گروه اصلی تقسیم می‌کنند (Zhang et al., 2018):

الف) دانسته‌های کنونی از رفتار کاربران که توجه آن‌ها به رفتار کاربران در بازو بسته کردن پنجره‌ها، کنترل سیستم روشنایی و سیستم‌های گرمایش و سرمایش معطوف است: از این میان می‌توان به پژوهش شکیب اکبتن و دیگران، با هدف ارزیابی میزان تطابق رفتار

کاربران با کانسپت و اهداف در نظر گرفته‌شده در طراحی ساختمان‌های اداری اشاره کرد. در این مطالعه، با بررسی دمای داخل و خارج و مدت‌زمان باز و بسته کردن پنجره‌ها توسط کاربران – به‌عنوان نمونه‌ای از تعامل مابین کاربر و ساختمان- میزان مطابقت رفتار کاربران با الگوی پیش‌بینی‌شده در طراحی در کل سال حدود 80 درصد ارزیابی شده است. در واقع، زمان باز بودن پنجره‌ها در زمستان، به طور میانگین در 17 درصد روزها طولانی‌تر از زمان استاندارد پیش‌بینی‌شده بوده‌است و در تابستان به‌طور متوسط در 25 درصد اوقاتی که دمای خارج بیشتر از دمای داخل بوده‌است، پنجره‌ها توسط کاربران بازشده‌اند (Schakib-Ekbatan et al., 2015). همچنین نگی و همکاران، با بررسی الگوی رفتار بر خط کاربران و اعمال آن در سیستم کنترل روشنایی مصنوعی، ظرفیت بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان از این روش را ارزیابی کرده‌اند (Jia et al., 2017). در این روش، با استفاده از حسگرهای حرکتی و ضبط رفتار حرکتی کاربران و میزان روشنایی فضا، هر زمان که کاربران اقدام به تنظیم دستی سیستم نورپردازی کرده‌اند، ثبت شده است تا آستانه روشنایی مورد نیاز کاربران به دست آید؛ سپس با استفاده از داده‌های حاصل از این بررسی و تنظیم ست‌پوینت‌های روشنایی، بر اساس رفتار و نیاز واقعی کاربران، بدون خدشه به آسایش بصری و دید کامل افراد، 38 درصد کاهش در مصرف انرژی سیستم روشنایی مصنوعی نسبت به شرایط تعریف‌شده بر اساس تنظیمات ثابت و متداول در استانداردها مشاهده شده است (Nagy et al., 2015). مسن و همکاران با تمرکز بر رفتار و نیاز کاربران در قبال سیستم‌های گرمایش و سرمایش در ساختمان‌های مسکونی هلند، تفاوت مقادیر تئوری و واقعی مصرف گاز در ساختمان‌ها را ارزیابی نمودند و به این نتیجه رسیدند که الگوی اشغال فضا توسط افراد در روزهای هفته و آخر هفته، دمای آسایش، طبقه‌ی اقتصادی و توانایی پرداخت هزینه حامل‌های انرژی، مساحت واحد مسکونی، عمر ساختمان و نحوه قرارگیری بنا در ساختار طراحی شهری از عوامل مؤثر بر تعیین دمای تنظیم گرمایش و سرمایش و میزان مصرف نهایی واقعی این سیستم‌هاست. از بین این عوامل، رفتار و نیاز کاربران به‌تنهایی، می‌تواند میزان مصرف نهایی سیستم گرمایش را تا بیش از پنجاه‌درصد متفاوت از مقادیر پیش‌بینی‌شده در تئوری، تغییر دهد (Majcen et al., 2015).

ب) روش‌های گردآوری داده‌های مرتبط با رفتار کاربران و تأثیر آن بر عملکرد ساختمان از منظر مصرف انرژی:

در نمونه‌ای از این پژوهش‌ها لام و دانگ در مدل‌سازی الگوی رفتاری کاربران، تنها تعداد افراد حاضر در فضا و مدت‌زمان حضور مردم را با نصب 100 سنسور در فضای داخلی ارزیابی کرده و مبنای مدل بهره‌برداری تدقیق‌شده خود قرار دادند. با مقایسه نتایج شبیه‌سازی براساس این مدل و شبیه‌سازی با برنامه‌های زمان‌بندی متداول با مصرف واقعی یک ساختمان خورشیدی برای دو ماه متوالی در اوقات سرد سال و یک هفته در اوقات گرم سال نشان داده شد که بار گرمایی محاسبه شده در این مدل 30.1% و بار سرمایی محاسبه شده معادل 17.8% نسبت به محاسبات بر مبنای برنامه‌های زمان‌بندی به مصرف واقعی ساختمان نزدیک‌تر است (Dong and Lam, 2014). در پژوهش دیگری، لو و همکاران با استفاده از اطلاعات ارائه شده افراد در شبکه‌های اجتماعی و رهگیری موقعیت آن‌ها با استفاده از داده‌ها سامانه موقعیت‌یاب جهانی، الگوی حضور افراد در فضا (به‌عنوان پایه اصلی الگوی رفتار کاربران) و نحوه حرکت و جابه‌جایی آن‌ها درون هر ساختمان و بین ساختمان‌ها را به‌دست آورده‌اند و بدین ترتیب قادر به ارائه مدل دقیق‌تری از رفتار کاربران به برنامه‌های شبیه‌ساز انرژی بوده‌اند (Lu et al., 2021). میترا و همکاران، با استفاده از داده‌های حاصل از 12 سال گردآوری اطلاعات تخصیص زمان به فعالیت‌های مختلف توسط آمریکایی‌ها برای تعریف برنامه‌های زمان‌بندی رفتار کاربران در واحدهای مسکونی بسته به نوع خانوار و گروه‌بندی سنی کاربران پرداخته‌اند. نتایج نشان داده است علی‌رغم اینکه در بسیاری از موارد این برنامه‌های زمان‌بندی تدقیق‌شده براساس ویژگی‌های کاربران با برنامه‌های زمان‌بندی عمومی مورد استفاده در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز تطابق دارند، اما در برخی از مقاطع زمانی تا 41 درصد اختلاف بین دو برنامه وجود دارد (Mitra et al., 2019).

پ) نحوه تبدیل داده‌های به‌دست‌آمده به مدل‌های کمی و عددی قابل استفاده در شبیه‌سازی انرژی ساختمان: گایتانی و همکاران به شناسایی و ارزیابی معیارهای انتخاب روش مناسب ساخت مدل عددی از رفتار کاربران پرداخته‌اند. در بیشتر موارد، مدلی مناسب بوده است که ضمن حفظ اعتبار و دقت و داده‌ها، از پیچیدگی مدل‌های مبتنی بر داده‌های حجیم بکاهد؛ ازجمله معیارهای انتخاب مدل مناسب، می‌توان به پیچیدگی مدل نهایی، احتمال وجود خطا در پیش‌بینی عملکرد ساختمان و عدم اطمینان در صحت نتایج حاصل از تخمین داده‌های ورودی اشاره کرد (Gaetani et al., 2016). جیا و همکاران نیز، در پژوهشی جامع به بررسی تحلیلی روش‌ها و فناوری‌های مورداستفاده در گردآوری اطلاعات و ساخت مدل رفتار کاربران، جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری پرداخته‌اند. بر اساس این پژوهش، برای کاهش عدم قطعیت ناشی از عملکرد کاربران در فضا و کاهش اختلاف بیش از 30 درصدی مصرف انرژی پیش‌بینی‌شده با مصرف واقعی ساختمان‌ها، لازم است آنچه به‌عنوان «برنامه زمان‌بندی اشغال فضا توسط کاربران»، به‌عنوان یک الگوی زمان‌بندی ثابت و مبتنی براستانداردهایی نظیر آشرِی (ASHRAE Standard 90.1, 2004) که در فرآیندهای متداول شبیه‌سازی انرژی مورداستفاده قرار می‌گیرد، به «الگوی رفتار کاربران» ارتقا یابد و تأثیر مستقیم الگوی رفتاری جدید، بر عملکرد و نحوه کنترل سیستم‌های موجود در ساختمان، لحاظ شود؛ به بیانی دیگر، این الگو به ارائه رابطه متقابل و فعال ساختمان و کاربران می‌پردازد و با بررسی در لحظه این عوامل، قابلیت پیش‌بینی دقیق مصرف انرژی و اعمال الگوریتم بهینه‌سازی در شبیه‌سازی انرژی ساختمان را ایجاد می‌نماید (Jia et al., 2017).

ت) بررسی قابلیت‌ها و فرصت‌های کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها در نتیجه شناخت و اعمال الگوی واقعی رفتار کاربران در طراحی و شبیه‌سازی: در اکثر فضاها، حضور افراد، به‌منزله محرک مصرف انرژی توسط سیستم‌ها است و داشتن الگویی دقیق از کیفیت حضور آن‌ها در فضا تا حد زیادی قابلیت پیش‌بینی عملکرد واقعی سیستم‌ها را میسر می‌سازد. در این راستا، یانگ و گربر، یک پروفایل مدل[3] شخصی‌سازی‌شده احتمالی برای کاربران در روزهای عادی و آخر هفته و در مدت‌زمان حضور افراد در فضا را پیشنهاد داده‌اند که منتهی به الگوی حضور طولانی مدت[4] کاربران می‌شود. آن‌ها با ثبت اطلاعات دقیقی از تأثیر وضعیت اشغال فضا توسط کاربران بر دما، رطوبت و کیفیت هوا در قالب چهار روش ساخت مدل، این الگوها را با شرایط واقعی مصرف انرژی و مدل‌های متداول ساخته‌شده بر اساس برنامه‌های زمان‌بندی رایج، مورد مقایسه قرار داده‌اند و نتایج حاکی از آن بوده است که تا 35 درصد امکان کاهش مصرف کلی انرژی در ساختمان با تنظیم سیستم‌ها براساس این مدل وجود دارد (Yang and Becerik-Gerber, 2014).

در پژوهش دیگری در این حوزه، تغییر رفتار کاربران در جهت کاهش مصرف انرژی می‌تواند در ساختمان‌های مسکونی بین 6 تا 25 درصد و در ساختمان‌های تجاری بین 5 تا 30 درصد مؤثر باشد (Hong et al., 2016). به‌علاوه، میرآخورلی و دانگ به این نتیجه رسیده‌اند که کاربست این مدل در سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع بر کاهش احساس عدم آسایش حرارتی در زمانی که فضا در اختیار کاربران است، بهینه‌سازی سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع و صرفه‌جویی در مصرف انرژی وقتی فضا خالی از کاربران است موثر است (Mirakhorli and Dong, 2016).

در مجموع، تمرکز پژوهش‌های اشاره شده عمدتا بر تعیین الگوی کاربری در واحدهای مسکونی و نتایج حاصل از تدقیق این اطلاعات بوده است. با توجه به اینکه ساکنان واحدهای مسکونی در بیشتر مواقع، خانوارهایی با بعد و ترکیب و الگوی حضور مشخص هستند، پیچیدگی استخراج الگوهای کاربری در این ساختمان‌ها نسبت به ساختمان‌های عمومی کمتر است؛ نامعلوم بودن هویت بخشی از کاربران (مراجعه‌کنندگان موقت) و تبع آن الگوی رفتاری و کیفیت حضور آن‌ها در فضا، غیرقطعی بودن الگوهای حضور جمعیت در فضا و تنوع فعالیت‌ها در فضاهای مختلف و در نتیجه بار سرمایی و گرمایی متفاوت آن‌ها از جمله این پیچیدگی‌ها در فرآیند طراحی، شبیه‌سازی و تحلیل است.

در ایران نیز، پژوهش‌هایی در حوزه شناسایی نیازها و رفتار تابع آن و تعیین محدوده آسایش حرارتی افراد و تعیین الگوی اشغال و سطح فعالیت فیزیولوژیک در کاربری‌های پراستفاده انجام شده‌است. از این میان می‌توان به پژوهش حیدری در تعیین محدوده آسایش حرارتی در ده شهر ایران با شرایط اقلیمی متنوع در طول دو دوره سرد و گرم سال اشاره کرد. متغیرهای محیطی و اختصاصی مورد بررسی در این پژوهش، شامل دمای هوا، دمای کروی، رطوبت، جریان هوا، مقدار لباس بر اساس ایزو-7730، نرخ فعالیت و دمای محیط خارج بوده‌است (Heidari, 2016). همچنین حیدری در پژوهش دیگری به بررسی دمای آسایش حرارتی مردم تهران در دو کاربری مسکونی و اداری پرداخته است. در این پژوهش نیز میزان همبستگی متغیرها در هردو کاربری در فصل گرم و سرد مورد تحلیل قرارگرفته و بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه‌های مربوط به احساس آسایش حرارتی، به محاسبه دمای آسایش در دو فصل گرم و سرد و تعیین محدوده آسایش پرداخته شده‌است (Heidari, 2009). در آخرین ویرایش مبحث 19 مقررات ملی ساختمان نیز، بنا به ضرورت استفاده از برنامه زمان‌بندی در مدل‌سازی‌های انرژی مربوط به روش‌های بهینه‌سازی بر پایه نیاز انرژی و کارآیی انرژی برای چهار کاربری مسکونی-اقامتی، اداری، آموزشی و تجاری، برنامه بهره‌برداری ساکنین و دمای تنظیم سیستم‌های گرمایی و سرمایی معرفی شده است (appendix 5th of Chapter 19th of national building codes, 2020).

2- روش تحقیق

با توجه به تنوع خدمات و محدودیت‌های موجود در فضاهای درمانی، از بین تخصص‌های مطرح برای کلینیک‌ها، برای استخراج برنامه زمانی و الگوی اشغال و عملکرد کاربران درمانگاه‌های تخصصی در تهران، چند نمونه قابل تعمیم از کلینیک‌های چشم‌پزشکی جهت انجام مطالعات میدانی انتخاب شده است. نمونه‌های متفاوتی از کلینیک‌های تخصصی و جراحی محدود چشم‌پزشکی و کلینیک‌های روزانه در تهران، برای بررسی رفتار بهره‌برداران و الزامات ویژه ابنیه‌ای از این دست مورد مطالعه قرار گیرد. در انتخاب نمونه‌ها، موقعیت و جهت‌گیری‌های متنوع برای ساختمان‌ها در نظر گرفته شده و ارزیابی‌ها در اوج گرمای تابستان و اوج سرمای زمستان (Wang et al., 2021) انجام شده تا تنوع کیفیت و ساختار فیزیکی پوسته و اشکال مختلف استفاده از آن، در نتایج نهایی لحاظ شود. سپس، بر اساس ساختار داده‌های ورودی موتور شبیه‌سازی انرژی پلاس، برای ده عامل متأثر از حضور افراد و کیفیت فعالیت و متابولیسم آن‌ها در فضا، شامل برنامه زمان‌بندی روشنایی مصنوعی[5]، تجهیزات الکتریکی[6]، حضور و نوع فعالیت افراد[7]، آب گرم[8]، دماهای تنظیم گرمایش و سرمایش[9]، سطح زیربنای سرانه[10]، دریافت گرمای محسوس و نهان از افراد[11]، بار تجهیزات الکتریکی[12] و نرخ تهویه[13] (Clevenger and Haymaker, 2006)، پرسشنامه‌ای برای کاربران دائمی (پرسنل کلینیک)، جهت بررسی کمی حضور افراد در فضا طراحی شده است؛ همچنین، برای رسیدن به راهبردی جهت ارتقای سطح آسایش حرارتی، صوتی و بصری افراد در طراحی فضا و ارزیابی کیفی فضای نمونه-های موردبررسی، سوألاتی کیفی مرتبط با آسایش حرارتی در قالب پرسشنامه گنجانده شده است. با توجه به این‌که آسایش حرارتی، به‌طورکلی برای هر شخص، بیانگر شرایطی ذهنی است که میزان رضایتمندی او از محیط دمایی را بیان می‌کند، خروجی داده‌های مربوط به آسایش، پراکندگی زیادی دارد و برای تعریف یک استاندارد در آن، راهکاری جز مد نظر گرفتن شرایطی که حداکثر آسایش برای افراد در یک فضای واحد تأمین شود وجود ندارد (Heidari, 2009). لازم است برای دقت نتایج و اعتبار پاسخ پرسنل، توسط مانیتورینگ فضاها و نصب سنسورهایی، مورد ارزیابی قرار گیرد تا از کاهش دقت نتایج بر اساس خطاهای حسی عامل انسانی در پاسخ گویی به سوألات پرهیز شود (Dong and Lam, 2014)؛ اما به‌سبب پروتوکل‌های محدودکننده مراکز مورد مطالعه، این امکان برای پژوهش جاری فراهم نشده است و به داده‌های حاصل از پاسخ پرسنل به سوألات مرتبط به نحوه اشغال فضا اکتفا شده است. درنهایت، داده‌های کمی به‌دست‌آمده، در قالب برنامه زمانی تراکم

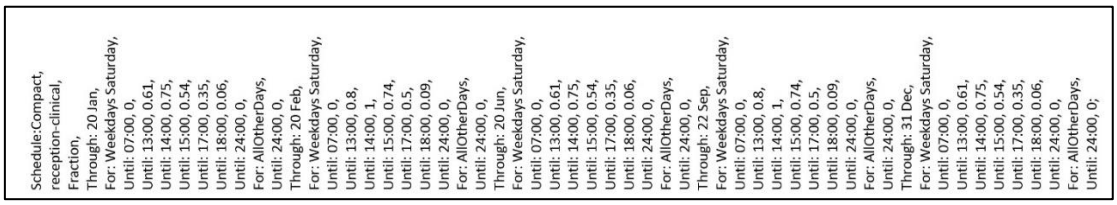
حضور افراد و نحوه فعالیت آن‌ها، ساعات و کیفیت استفاده از تجهیزات الکتریکی، روشنایی مصنوعی، تهویه مکانیکی و طبیعی و سرمایش و گرمایش تعریف (مشابه شکل 2) و داده‌های کیفی به‌عنوان یک مجموعه از شاخص‌های طراحی ارائه شده است. ساختار ورود داده‌ها در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، امکان تنظیم گام‌های زمانی کوتاه‌تری برای تدقیق برنامه زمان‌بندی را فراهم می‌کند؛ با این حال، جهت تسهیل پاسخ‌دهی، از گام‌های زمانی 30 دقیقه‌ای برای گزارش حضور و فعالیت افراد در فضا استفاده شده است و این ساختار در برنامه‌های ارائه شده در نرم‌افزار نیز بازتاب یافته است.

2-1- موردپژوهی

از بین هشت گزینه مورد نظر برای بررسی، سه کلینیک بصیر، رازی و نوین دیدگان با سه الگوی جانمایی مختلف در سطح شهر تهران به عنوان نمونه موردی انتخاب شدند و امکان ارائه پرسشنامه و بررسی شرایط میدانی این پژوهش در آن‌ها فراهم شد. بر اساس فرمول کوکران برای تعیین حجم نمونه، مجموعا 384 پرسشنامه توزیع شد. معیار انتخاب ابنیه مورد بررسی، جهت‌گیری متفاوت ساختمان‌ها، کیفیت و ساختار معابر مجاور، شکل هم‌جواری و همسایگی بنا و تنوع خدمات ارائه شده در آن‌ها بوده است. به‌علاوه، باتوجه تعداد کم پژوهش‌های مشابه، داده‌های محدودی از روش‌های صحیح گردآوری اطلاعات الگوی رفتار کاربران در محیط‌های درمانی موجود بود؛ بنابراین، برای تسهیل بررسی و پیمایش تمام قسمت‌ها، تخصص چشم‌پزشکی به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شد؛ زیرا ضمن پوشش کلیه خدمات عمومی در یک مرکز درمانی، اعم از مراجعات تشخیصی و پاراکلینیکی، جراحی‌های سرپایی یا بستری کوتاه‌مدت و معاینات متداول، نیاز کمتری به اختصاص فضاهای گسترده به بخش بستری، مراقبت‌های ویژه پس از جراحی و اورژانس و رعایت الزامات و ملاحظات پیچیده آن‌ها- در مقایسه با سایر تخصص‌ها- دارد و به موازات آن، با درنظرگرفتن متراژی وسیع برای خدمات تشخیصی و پاراکلینیکی نمونه قابل‌قبولی از یک کاربری خدماتی با عملکرد منقطع و مراجعه‌کنندگان موردی است.

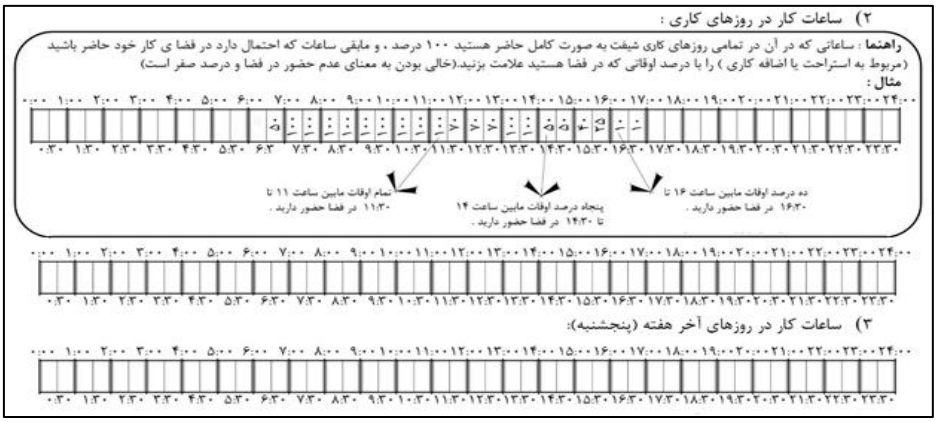
2-1-1- طراحی پرسشنامه

با توجه به آنکه بخش اصلی این پرسشنامه مربوط به داده‌های کمی و برنامه زمانی تراکم حضور و فعالیت افراد در فضاهاست و با درنظرگرفتن این نکته که موتور انرژی-پلاس برای محاسبه اثر حضور افراد در فضا، به تعداد افراد و نوع فعالیت آن‌ها به‌عنوان داده ورودی نیازمند است، بخش کمی، در قالب محورهای زمانی مشابه با ساختار ورودی داده‌های اشغال فضا در موتور انرژی‌پلاس (در قالب برنامه‌ها فشرده، ماهانه، هفتگی و روزانه) طراحی شده‌است تا پرسنل امکان پرکردن آن‌ها با توجه به درصد متوسط زمان حضور در فضا، در بازه‌های زمانی 30 دقیقه‌ای (به‌تناسب ساعات متداول کاری و شیفت‌های روزانه این مراکز) را داشته باشند. برای گزارش تعداد کل افراد حاضر در فضا، مشابه ساختار کسری[14] ورود داده اشغال فضا در محاسبات نرم‌افزار، با توجه به میانگین درصد حضور اعلام‌شده توسط پرسنل، کسری از حداکثر تعداد افراد موردانتظار (حالت اوج تراکم) در هر فضا خواهد بود. به‌علاوه، درصد حضور پرسنل در فضای کار خود با درصد پاسخ‌گویی آن‌ها به ارباب‌رجوع رابطه مستقیم دارد؛ لذا با دراختیارداشتن متوسط زمان پاسخ‌گویی پرسنل به هر مراجعه‌کننده، می‌توان حداکثر تعداد مراجعه‌کنندگان در هر بخش در مقاطع زمانی ثابت را نیز محاسبه نمود و بر اساس تخمین متوسط درصد حضور ارباب‌رجوع در فضا توسط پرسنل در بازه‌های زمانی مشخص‌شده در پرسشنامه، به میانگین تعداد افراد حاضر در فضا در هر گام زمانی دست‌یافت. جامعه آماری برای ارائه پرسشنامه، متشکل از دست‌کم دو نفر از پرسنل حاضر در هر بخش (که دارای زون حرارتی و برنامه زمانبندی منحصر به خود است) از فضای هر سه کلینیک بوده است؛ با این وجود، پرسنل خدماتی شناور در محیط که فضای کار مشخصی ندارند، در نمونه آماری حضور ندارند. همچنین، مراجعه‌کنندگان به این مراکز به علت عدم شناخت کافی از محیط (به‌علت مراجعات مقطعی)، شرایط خاص روانی ناشی از حضور در یک مرکز درمانی و امکان حضور در چندین فضای متفاوت در طول مدت مراجعه، از جامعه مورد پرسش بیرون گذاشته شده‌اند.



شکل 2- نمونه برنامه زمان‌بندی تعریف شده برای بخش پذیرش در دیزاین بیلدر

Fig. 2- Sample of defined schedules in Design Builder



شکل 3- نمونه سوألات کمی پرسشنامه برای تعیین برنامه‌ی حضور پاسخ‌دهندگان در قالب محورهای زمانی

Fig. 3- Samples of Quantitative questions regarding the pattern of presence

میانگین تعداد افراد حاضر در فضا در هر گام زمانی30

$$\times \text{حداکثر تعداد پرسنل در فضا}) = \text{دقیقه‌ای}$$
$$+ 1) \times (\text{درصد حضور پرسنل در فضا}$$
$$\div 30 \times \text{درصد حضور مراجعین})$$
$$((\text{متوسط زمان پاسخ‌گویی به هر مراجعه‌کننده}$$

به‌علاوه، آنچه در این روش در نظر گرفته نشده است، پویایی افراد در فضا در مقاطع زمانی مشخص‌شده است. به عبارت دیگر در این روش محاسبه، کلیه مراجعه‌کنندگان به بخش‌های مختلف، در پیمانه‌های زمانی مشخص‌شده، به‌طور مداوم در فضا حاضر هستند؛ حال‌آن‌که در واقعیت، ترک محل، قبل و بعد از دریافت خدمت یا انتظار در آن هر دو محتمل است که این موضوع خود از مشکلات مدل‌ها و برنامه‌های زمانی غیراحتمالی و ثابت نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی به شمار می‌رود (Gaetani et al., 2016).

بخش کیفی سوألات، عمدتا مرتبط با شناخت پرسنل از تجهیزات سرمایی، گرمایی، تهویه و روشنایی مصنوعی و نحوه کنترل آن‌ها توسط کاربران است. تعداد، جهت‌گیری و شکل پنجره‌ها در هر فضا، طریقه استفاده از آن‌ها برای تأمین روشنایی و هوای تازه و بررسی امکان استفاده از آن‌ها در دوره گذار از موارد مطرح شده در این بخش است.

در سوألات مرتبط به آسایش حرارتی با استناد به استاندارد ایزو-7730 و نتایج به‌کاررفته در پژوهش‌های مشابه مبتنی بر سنجش آسایش حرارتی ساکنان از طریق پرسشنامه (Zhao et al., 2017; Zhang et al., 2007; Newsham et al., 1997) و با استفاده از طیف لیکرت 7 تایی، میزان رضایت حرارتی افراد در جبهه‌های مختلف ساختمان اعم از مجاورت با دیوارهای خارجی و پنجره‌ها سنجیده می‌شود و اقدامات انجام‌شده توسط پرسنل برای تعدیل شرایط حرارتی و تطابق آن با آسایش حرارتی اکثریت افراد مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت، پرسشنامه با بررسی میزان آسایش صوتی و بصری افراد در فضا، با توجه به وضعیت فضای کار آن‌ها نسبت به معابر و موقعیت پنجره‌ها و شرایط خیرگی و میزان آزاردهنده بودن نوفه ناشی از ازدحام و عملکرد سیستم‌های تأسیساتی خاتمه می‌یابد.

توجه به این نکته ضروری است که این روش، گرچه اطلاعات قابل‌قبولی از حضور افراد در فضا و تشخیص نیازهای آن‌ها فراهم می‌کند، اما به‌واسطه پویا بودن پاسخ‌دهندگان، تخمین آن‌ها از پارامترهایی نظیر حضور سایر پرسنل در فضا، حضور ارباب‌رجوع، دوره‌های نیاز به سرمایش و گرمایش، همگی وابسته به درصد حضور شخص پاسخ‌دهنده در فضا است.

3- نتایج و بحث

3-1- تحلیل نتایج کمی پرسشنامه‌ها

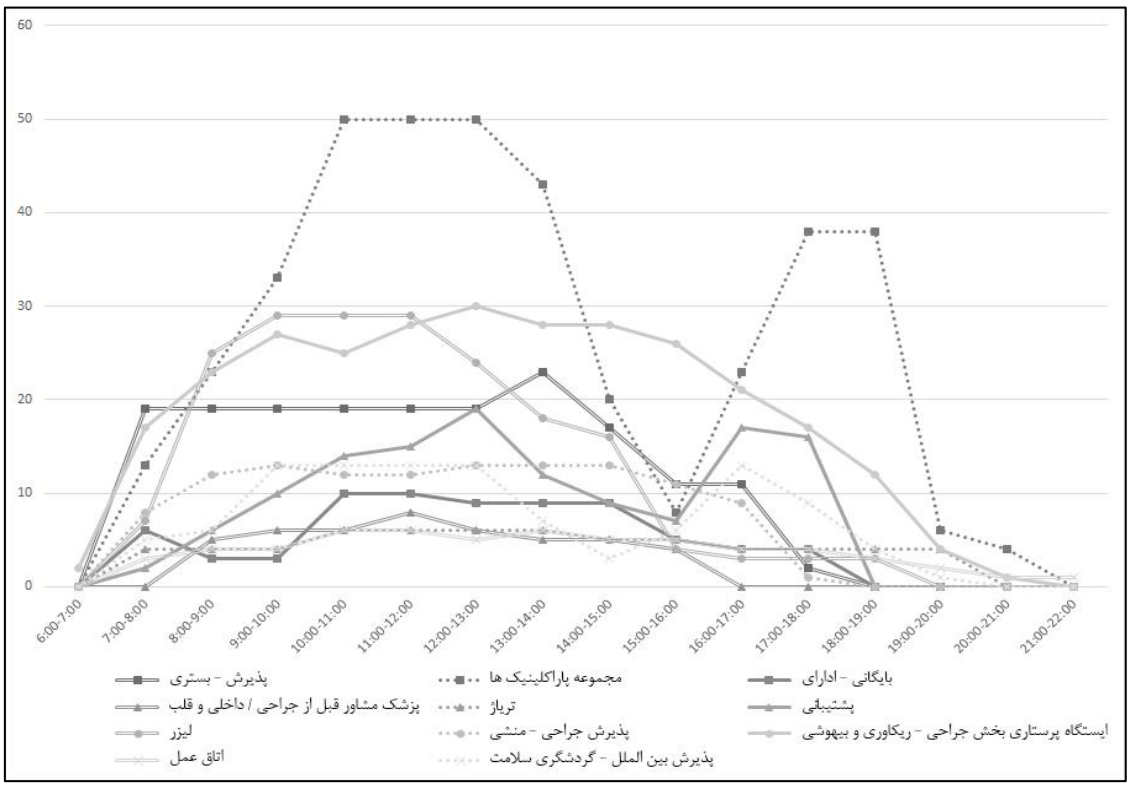
برای تعیین نتایج سوألات کمی، داده‌های خام، بر اساس تعداد پرسنل پاسخ‌گو به پرسشنامه‌ها در هر بخش میان‌یابی شد و پس از بررسی و تطبیق نتایج بخش مربوطه با نتایج همان بخش در دو نمونه دیگر، درنهایت، برای هر فضا یک الگوی زمانی-رفتاری واحد تعریف شد. نتایج میان‌یابی سوألات کمی در جدول 1 ارائه شده است. این داده‌ها، مبنای تعریف برنامه ساعتی، روزانه، هفتگی و سالانه تعداد افراد حاضر در هر فضا و میزان فعالیت عمده آن‌ها قرار گرفته است. با توجه به اینکه برای تعریف تعداد افراد حاضر در فضا، در هر پیمانه زمانی، در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی باید کسری از حداکثر تعداد افراد ارائه شود، لازم است، عدد حداکثر ارائه شده در برنامه زمان‌بندی تراکم حضور افراد، معادل مجموع محاسبه شده در حالت عادی برای فضا (شامل پرسنل و ارباب‌رجوع) به‌علاوه مازاد جمعیت در ماه‌های اوج مراجعات باشد. در مورد فضاهایی مثل بخش جراحی، مجموعه پاراکلینیک‌ها و پذیرش، اعداد ارائه شده در جدول، مربوط به تعداد مراجعه‌کنندگان کل بخش است؛ بنابراین، با تفکیک این بخش‌ها به چند منطقه گرمایی جدا از هم (به عنوان‌مثال تفکیک مجموعه پاراکلینیک‌ها به چهار پاراکلینیک مجزا با عملکرد متفاوت)، لازم است مقدار حداکثر تعداد افراد در هر فضا نیز به همین نسبت تقسیم شود و سپس به زون‌ها اطلاق شود. در مورد محاسبات مربوط به نرخ فعالیت افراد در فضا نیز لازم است مطابق جدول 1، میانگین وزن‌دار فعالیت عمده پرسنل و ارباب‌رجوع را بر اساس تعداد نفرات هر گروه، به‌عنوان نرخ فعالیت اصلی در فضا، در محاسبات نرم‌افزاری دخیل نمود. در نهایت، بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از میانگین هر سه نمونه موجود و بر اساس جدول 1، نمودار ساعات اوج مراجعات و تراکم روزانه نفرات در شرایط عادی (روزهای هفته و ماه‌هایی با میزان مراجعه عادی)، به تفکیک هر بخش، مطابق شکل 4 به دست می‌آید. بر این اساس، مجموعه پاراکلینیک‌ها، پرمراجعه‌ترین فضاهای تخصصی مجموعه هستند و تعداد مراجعه‌کنندگان به آن‌ها با سایر بخش‌ها تفاوت قابل‌توجهی دارد. لذا برای تأمین فضایی پاسخگو به این حجم از مراجعه‌کنندگان، باید در طراحی، سطح وسیعی به این بخش‌ها تعلق گیرد.

درمجموع فضای کلینیک، روند تغییرات تراکم حضور افراد در روزهای عادی در شکل 4 نمایش داده شده‌است. اوج تراکم در کل فضای مرکز درمانی، مربوط به بازه زمانی ساعات 11 تا 13 است؛ بنابراین، بیشترین بار سیستم‌های تهویه مطبوع و سرمایش مربوط به این مقطع است. کاهش جمعیت در ساعات 14 تا 16 را می‌توان مربوط به ترک فضا توسط کارکنان شیفت‌های بلندمدت برای استراحت به‌صورت موقت دانست، که عملا بر اساس روش محاسبه در این جستار، تأثیر خود را روی تعداد در نظرگرفته شده برای مراجعه‌کنندگان هر بخش نیز می‌گذارد. مسأله دیگر در محاسبه، مربوط به فضاهایی با ظرفیت‌های مشخص، مثل اتاق‌های عمل است. به عبارت دیگر، اگر در حالت عادی، اتاق‌های عمل دائما اشغال باشند (با تعداد محدود و ثابتی از پرسنل و بیماران)، در ماه‌های اوج مراجعات، برای پاسخ‌گویی به جمعیت مازاد مراجعه‌کنندگان، بخش جراحی، نیازمند طولانی‌تر کردن شیفت پرسنل خود برای انجام تعداد بیشتری جراحی در یک روز است؛ درحالی‌که در محاسبات، بازه زمانی فعالیت روزانه در حالت اوج و شرایط عادی یکسان فرض شده است.

جدول 1- میانگین تراکم حضور افراد و نرخ فعالیت در هر بخش در هر سه نمونه

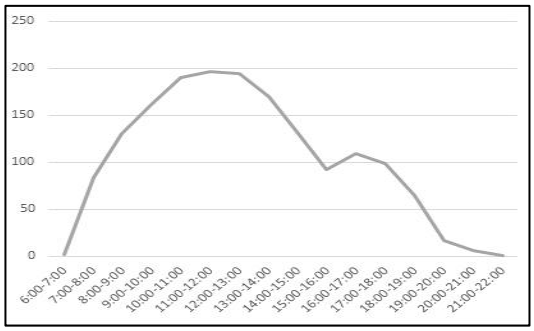
Tab. 1- The average schedule of people's presence density in different departments

				محاسبات تخمین تراکم جمعیت							میانگین تعداد مجموع پرسنل و مراجعه کنندگان در فضا																		حداکثر مراجعه کننده	
زون‌های روزانه یا long day بر اساس پرسنل‌نامه‌ها	روزهای کار	ساعات کار	حداکثر تعداد پرسنل (نفر)	نوع فعالیت عمده پرسنل	نفر - ساعت پرسنل در فضا در زمان حضور ارباب رجوع در روز	بازه زمانی پذیرش ارباب رجوع در هر روز در فضا (ساعت)	متوسط زمان مورد نیاز برای پاسخگویی به هر مراجعه کننده (دقیقه)	حداکثر تعداد پاسخگویی هر یک از پرسنل در یک ساعت (نفر)	تعداد پرسنل در هر ساعت در زمان حضور ارباب رجوع (نفر)	متوسط حداکثر تعداد ارباب رجوع در شرایط عادی در هر ساعت(نفر)	نوع فعالیت عمده مراجعین	21:00 - 22:00	20:00 - 21:00	19:00 - 20:00	18:00 - 19:00	17:00 - 18:00	16:00 - 17:00	15:00 - 16:00	14:00 - 15:00	13:00 - 14:00	12:00 - 13:00	11:00 - 12:00	10:00 - 11:00	9:00-10:00	8:00-9:00	7:00-8:00	6:00-7:00	ماه‌هایی با بیشترین مراجعه کننده	درصد مازاد مراجعین نسبت به شرایط عادی
پذیرش- بستری	شنبه تا پنجشنبه	7:00-18:00	5	نشسته	45	10	15	4	4.5	18	نشسته در فضای انتظار	0	0	0	0	2	11	11	17	23	19	19	19	19	19	19	19	0	تیر- مرداد- شهریور- بهمن	35%
مجموعه پاراکلینیک‌ها	شنبه تا پنجشنبه	7:00-20:00	16	ایستاده	149.5	12	15	4	12.5	50	نشسته در فضای انتظار	0	4	6	38	38	23	8	20	43	50	50	50	33	23	13	0	تیر - مرداد - شهریور	35%
بایگانی - اداری	شنبه تا پنجشنبه	7:00-18:00	2	نشسته	22	11	15	4	2	8	ایستاده/ بدون فضای انتظار	0	0	0	.	4	4	5	9	9	9	10	10	3	3	6	0	اردیبهشت - تیر - مرداد-شهریور- اسفند	50%
پزشک مشاور قبل از جراحی /داخلی و قلب	شنبه تا چهارشنبه	8:00-16:00	2	نشسته	12	8	15	4	1.5	6	نشسته	0	0	0	0	0	0	4	5	5	6	8	6	6	5	0	0	اردیبهشت - تیر - مرداد-شهریور- بهمن	45%
ترياژ	شنبه تا چهارشنبه	7:00-20:00	2	نشسته	14.8	13	15	4	1.2	5	نشسته	0	0	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	4	4	4	0	بهمن - اسفند	40%
پشتیبانی	شنبه تا جمعه	7:00-18:00	4	نشسته	32	10	15	4	3.2	13	ایستاده/ بدون فضای انتظار	0	0	0	0	16	17	7	9	12	17	15	14	10	6	2	0	مهر - آبان - بهمن	40%
لیزر	شنبه تا پنجشنبه	7:00-17:00	10	ایستاده	76.5	8	30	2	9.5	19	نشسته	0	0	0	3	3	3	4	16	18	24	29	29	29	25	7	0	اسفند	70%
پذیرش جراحی- منشی	شنبه تا پنجشنبه	7:00-18:00	6	نشسته	52.5	10	45	1.33	5.25	7	نشسته در فضای انتظار	0	0	0	0	1	9	11	13	13	13	12	12	13	12	8	0	اسفند	40%
ایستگاه پرستاری - بیهوشی- ریکاوری	شنبه تا پنجشنبه	6:30-21:00	16	راه رفتن	166.5	12	60	1	13.8	14	خوابیده	0	1	4	12	17	21	26	28	28	30	28	25	27	23	17	2	اسفند	40%
اتاق عمل	شنبه تا پنجشنبه	7:00-21:00	5	ایستاده	39.1	12	3	0.33	3.25	1	خوابیده	1	1	2	3	4	4	5	5	6	5	6	6	4	4	3	0	اسفند	40%
پذیرش بین الملل- گردشگری سلامت	شنبه تا پنجشنبه	7:00-20:00	3	نشسته	28	12	15	4	2.3	10	نشسته در فضای انتظار	0	0	1	4	9	13	6	3	7	13	13	13	13	6	5	0	_	_



شکل 4- نمودار میانگین تغییرات تراکم حضور روزانه افراد در فضا برحسب زمان به تفکیک بخش در شرایط عادی

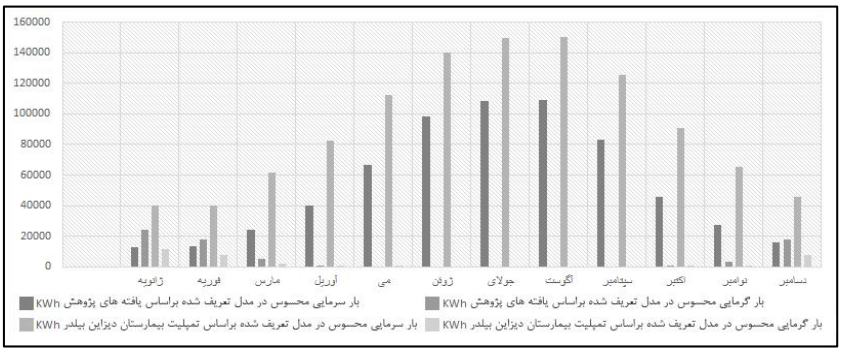
Fig. 4- The temporal changes of people's presence density in different departments during normal days



شکل 5- نمودار تغییرات تراکم حضور افراد در کل مجموعه برحسب زمان در طول یک روز کاری در شرایط عادی

Fig. 5- The average of temporal changes of people's presence in all 3 centers during normal days

برای سنجش تفاوت حاصل از تغییر برنامه زمان‌بندی فضاها در نتایج شبیه‌سازی انرژی، یک طرح معماری ثابت برای کلینیک تخصصی چشم‌پزشکی در تهران، یک بار با برنامه‌های زمان‌بندی اشغال فضا و نوع فعالیت افراد در فضاهای مختلف مطابق جدول 1 و یک بار بر اساس الگوی موجود برای بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر[15]، مورد شبیه‌سازی قرار گرفته است. اساس محاسبات الگوی مذکور در نرم‌افزار بر اساس ابزار محاسبات ملی بریتانیا[16] تعریف شده‌است. به جز ساعات حضور افراد در هر فضا، تعداد افراد حاضر، نرخ فعالیت آن‌ها و ساعات بهره‌برداری از سیستم‌های روشنایی مصنوعی، سرمایش، گرمایش و تهویه در فضاهایی که از نظر الزامات فضای درمانی نیازمند کنترل محیطی دائمی نیستند، سایر عوامل مرتبط ازجمله ست‌پوینت سیستم‌ها، نرخ تهویه مکانیکی و تأمین هوای تازه، نشت هوا و توان سیستم روشنایی در هر دو مدل یکسان و بر اساس استاندارد نرم‌افزار تعریف شده است. روشن است، تنوع فضایی مورد نیاز برای یک کلینیک روزانه چشم‌پزشکی و فضاهای ویژه پاراکلینیکی، لیزر و جراحی آن، در الگوی ثابت نرم‌افزار تعریف نشده است و در مدل مبتنی بر این الگو، کلیه این فضاها زیرمجموعه فضای تشخیصی و درمانی 12 ساعته و جراحی عمومی قرار گرفته‌اند. به‌عنوان‌مثال، نتایج مقایسه بار سرمایی و گرمایی ماهانه در این دو حالت در شکل 6 ارائه شده‌است. به طورکلی، در مجموع مصرف سیستم‌های سرمایش،گرمایش، تهویه، آب گرم، روشنایی و تجهیزات الکتریکی، مصرف انرژی سالانه در هر مترمربع از فضای کنترل‌شده مدل ارائه شده بر اساس برنامه‌های زمان-بندی حاصل از این پژوهش، معادل 185 کیلووات‌ساعت بر مترمربع است، درحالی‌که مصرف انرژی در مدل تعریف شده بر اساس الگوی کاربری و برنامه زمان‌بندی کلی بیمارستان‌ها و فضاهای درمانی در نرم‌افزار، برابر249 کیلووات‌ساعت بر مترمربع است. بدین معنا، اختلافی 34.7 درصدی بین دو مدل وجود دارد. این در حالی است که براساس ممیزی مصرف انرژی (دو حامل برق و گاز) در مراکز درمانی کشور و شهر تهران، میانگین مصرف انرژی سالانه کل حدود 150 کیلووات‌ساعت بر مترمربع به ازای کل زیربنا و به ازای فضاهای کنترل‌شده، 195 کیلووات‌ساعت بر مترمربع گزارش شده است (Jabbarvand et al., 2011; Ostadi and Navidi, 2016).



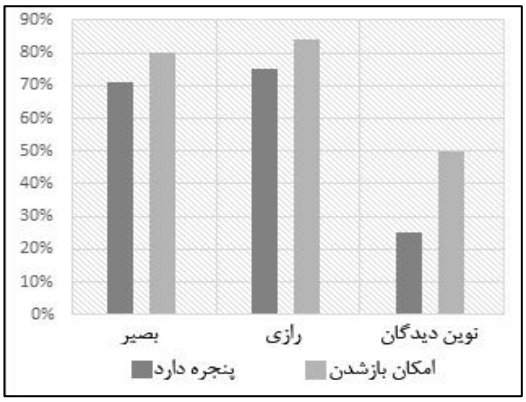
شکل 6- مقایسه تغییرات ماهانه‌ی بار سرمایی و گرمایی محسوس در مدل مبتنی بر یافته‌های پژوهش و مدل مبتنی بر الگوهای کاربری موجود

Fig. 6- The comparison between identified heating and cooling loads and loads calculated based on DesignBuilder default schedules

3-2- تحلیل نتایج کیفی پرسشنامه‌ها

با توجه به جهت‌گیری و همسایگی متفاوت نمونه‌ها و برای ارزیابی اثر شیوه مجاورت با پوسته در فضاهای تخصصی، جهت بررسی نتایج کیفی کلینیک‌ها، به‌جای میان‌یابی هر سه کلینیک به تفکیک بخش، نتایج هر کلینیک پس از معرفی شرایط هر ساختمان به‌صورت جداگانه ارائه شده است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از سوألات کیفی پرسشنامه‌ها، در کلینیک بصیر 71 درصد و در کلینیک رازی 75 درصد پاسخ‌ها وجود پنجره در داخل فضا را تأیید کردند؛ اما در نمونه دیگر، با وجود اختصاص سطح قابل توجهی از جبهه جنوبی پوسته به دیوارهای شفاف، تنها 25 درصد پاسخ‌دهندگان، وجود حداقل یک پنجره در اتاق کارشان را تأیید کردند و 75 درصد فضاهای تخصصی، بدون پنجره بودند. این نتیجه نشان می‌دهد در کلینیک نوین دیدگان، روشنایی طبیعی حاصل از مجاورت با جبهه نورگیر ساختمان و پنجره‌ها، بیشتر به فضاهای عمومی و انتظار اختصاص یافته و علاوه بر این، کلینیک بصیر از سه جهت شمال، جنوب و شرق با هوای خارج در تماس است و فرصت‌های بیشتری برای طراحی بازشو در پوسته آن فراهم است؛ همچنین، بخشی از این اختلاف می‌تواند مربوط به نحوه تفکیک و تقسیم فضای مورد نیاز فعالیت‌ها در هر نمونه باشد. به بیان دیگر، سطح اختصاص یافته به فضاهایی چون جراحی و لیزر که نیازمند نور طبیعی نیستند، به نسبت بخش‌های پاراکلینیکی در کلینیک نوین دیدگان، بیش از مرکز بصیر و رازی است. در مورد امکان بازشدن پنجره‌ها در بین نمونه‌ها بر اساس شکل 8، در کلینیک رازی و بصیر، به‌علت نوع طراحی نما و موقعیت ساختمان، تقریبا در80% فضاهای دارای پنجره، قابلیت بازوبسته‌کردن پنجره‌ها توسط پرسنل فراهم شده و بر این اساس، فضاهای تخصصی ارائه دهنده خدمات در این دو کلینیک، بیشترین میزان تعامل با محیط خارج را داراست که به نوبه خود سبب تسهیل همزمان دسترسی به نور طبیعی و هوای آزاد می‌شود. با این حال، توجه به این نکته ضروری است که با وجود امکان بازکردن پنجره‌ها، در بسیاری از فضاها، الزامات بهداشتی و سروصدای معابر مجاور ساختمان از مهم‌ترین موانع باز کردن پنجره‌ها و بهره‌برداری از هوای تازه و دمای محیط در شرایط گذار است. به بیان دیگر، گرچه بهره‌برداری از دوره گذار در ساختمان‌های مسکونی و اداری، به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند؛ اما در مورد مراکز درمانی، ضرورت توجه به این دوره در مرحله طراحی انرژی کمتر است.



شکل 8- مقایسه درصد میانگین وجود یا عدم وجود پنجره و امکان باز شدن پنجره‌ها در هر سه نمونه

Fig. 8- Comparing the average possibility of window opening in all 3 cases

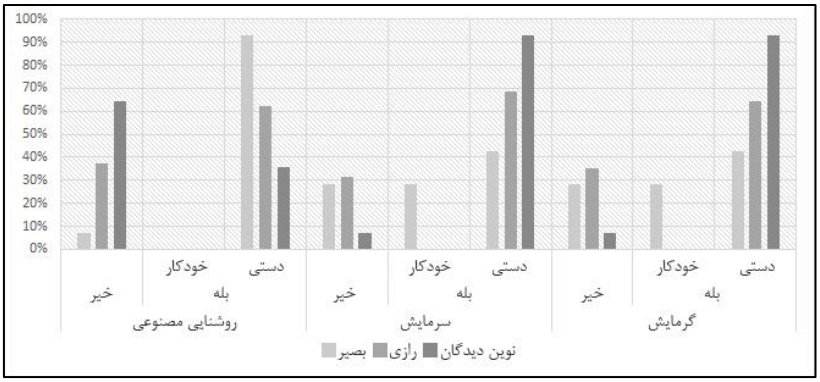
شکل 7- نمای اصلی، جبهه‌های نورگیر، ساختار ارتفاعی و شرایط هم‌جواری ساختمان‌ها: الف) ساختمان کلینیک بصیر- ب) ساختمان کلینیک رازی- پ) ساختمان کلینیک نوین دیدگان

Fig. 7- The façade and location of studied buildings

اشکال 9 و 10 نشان‌دهنده نحوه کنترل سیستم‌های روشنایی مصنوعی، سرمایش و گرمایش هستند. مطابق شکل 9، بر اساس پاسخ‌های پرسنل، تمام یا بخشی از کنترل این سیستم‌ها در اختیار کاربران است؛ به‌عبارت‌دیگر، عملکرد آن‌ها تا حد زیادی متکی بر رفتار کاربر، حضور او در فضا و نیازهای او است. بنابراین، زمان‌بندی این سیستم‌ها، تحت تأثیر مستقیم برنامه زمان‌بندی حضور افراد است. نتایج این نمودار از بررسی پاسخ سوألات مربوط به خاموش کردن یا خاموش شدن سیستم‌ها در صورت ترک محل کار استخراج شده است. بر اساس پاسخ‌های ارائه شده در شکل 10، ترموستات‌های داخل فضا و برنامه‌دهی ساعتی، رایج‌ترین روش‌ها برای کنترل سیستم‌های سرمایی و گرمایی هستند و وجود کنترل خودکار مرکزی/ موضعی بر عملکرد سیستم‌ها را تأیید می‌کنند. کنترل مرکزی در قالب برنامه‌دهی ساعتی به‌طور مستقیم، تحت تأثیر بازه زمانی حضور افراد، کیفیت فعالیت آن‌ها و دمای تنظیم سیستم‌هاست، اما درک بهتر روش‌های کنترل موضعی و شرایط ویژه آن‌ها، بنا بر تجربیات پژوهش‌های پیشین، نیازمند نصب حسگرهایی برای تحلیل دقیق‌تر رفتار و نیازهای کاربران است و از طریق آموزش، قابل ارتقاست (Popoola, 2018).

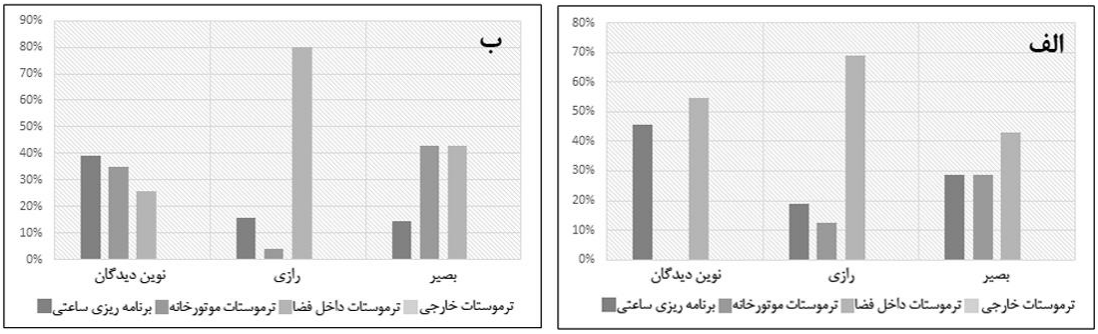
3-3- تحلیل نتایج آسایش حرارتی و صوتی

در این قسمت از پرسشنامه، تلاش شده میزان رضایتمندی افراد از شرایط موجود در محل کار آن‌ها، ارزیابی و عوامل مؤثر بر آن استخراج و اقداماتی که در صورت عدم احساس آسایش، انجام می‌شود، شناسایی شود. شکل 11، نشان‌دهنده میزان تأمین آسایش حرارتی افراد در مجاورت اجزای پوسته در گرم‌ترین روزهای تابستان و سردترین روزهای زمستان است. با توجه به این‌که تنها 25% فضاهای تخصصی در کلینیک نوین دیدگان در مجاورت پنجره‌ها هستند و بیشتر این فضاها در بخش شمالی نما واقع شده‌اند، تفاوت قابل توجهی در پاسخ‌های پرسنل این نمونه با دو نمونه‌ی دیگر در مورد احساس آسایش و برهم‌کنش کاربر و پوسته ساختمان وجود دارد و موجب بهبود نسبی عملکرد تابستانه پنجره‌ها در این مرکز به نسبت عملکرد زمستانه آن شده است. همچنین، با توجه به استفاده زیاد از تجهیزات متنوع الکتریکی، ازدحام قابل‌توجه ارباب‌رجوع در مراکزی ازاین‌دست و امکان دریافت تابش جنوب در هر سه ساختمان، عملکرد کلی زمستانه بنا در تأمین آسایش حرارتی افراد، قابل قبول‌تر و نیازمند مداخلات کمتری از طرف کاربران یا اشکال مختلف مدیریت تأسیسات است.
شکل 12، نشان‌دهنده تمایل و رفتار کاربران فضا، در صورت احساس عدم آسایش حرارتی است؛ از جمله اقدامات معرفی‌شده جهت بهبود شرایط حرارتی در صورت احساس گرما و سرما در نمونه‌های مورد بررسی، رجوع به مدیریت تأسیسات ساختمان، تغییر نرخ لباس، تنظیم مجدد سیستم گرمایش و سرمایش و استفاده از سیستم‌های مستقل بیشترین فراوانی را داشته‌اند.



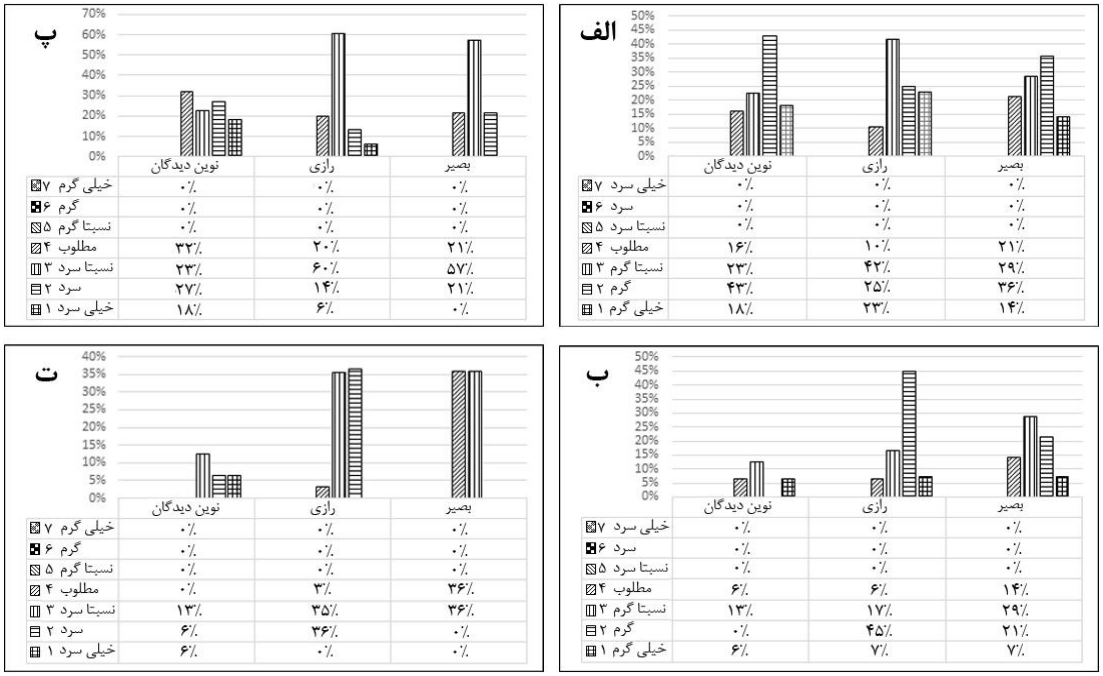
شکل 9- درصد میانگین وضعیت کنترل سیستم‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی مصنوعی در صورت عدم اشغال فضا توسط کاربر در هر سه نمونه

Fig. 9- The quality of lighting, heating and cooling automatic control



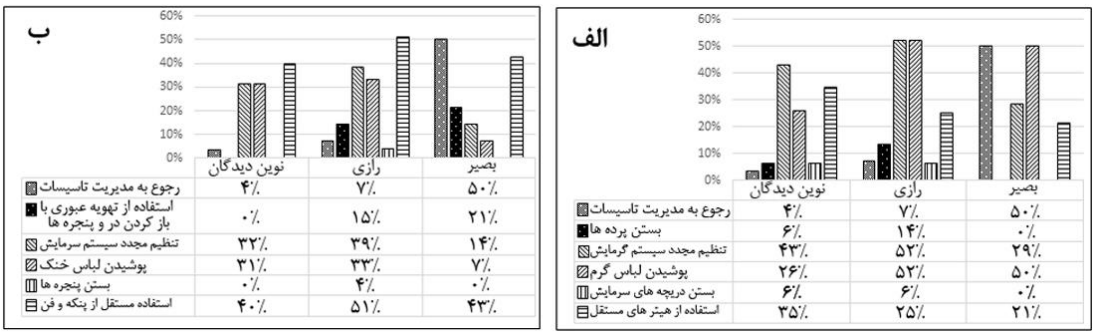
شکل 10- الف) مقایسه درصد میانگین نحوه کنترل سیستم سرمایش ب) مقایسه درصد میانگین نحوه کنترل سیستم گرمایش

Fig. 10-The means of controlling heating and cooling



شکل 11- مقایسه درصد میانگین وضعیت آسایش حرارتی در: الف) مجاورت دیوارهای خارجی در گرم‌ترین روزهای تابستان ب) مجاورت پنجره‌ها در تابستان پ) مجاورت دیوارهای خارجی در سردترین روزهای زمستان ت)مجاورت پنجره‌ها در زمستان

Fig. 11- The quality of thermal comfort in the warmest days of summer and coldest days of winter



شکل 12- مقایسه درصد میانگین اقدامات انجام‌شده در صورت: الف) احساس سرما در زمستان ب) احساس گرما در تابستان

Fig. 12- The measures taken by occupants in case of feeling thermal discomfort

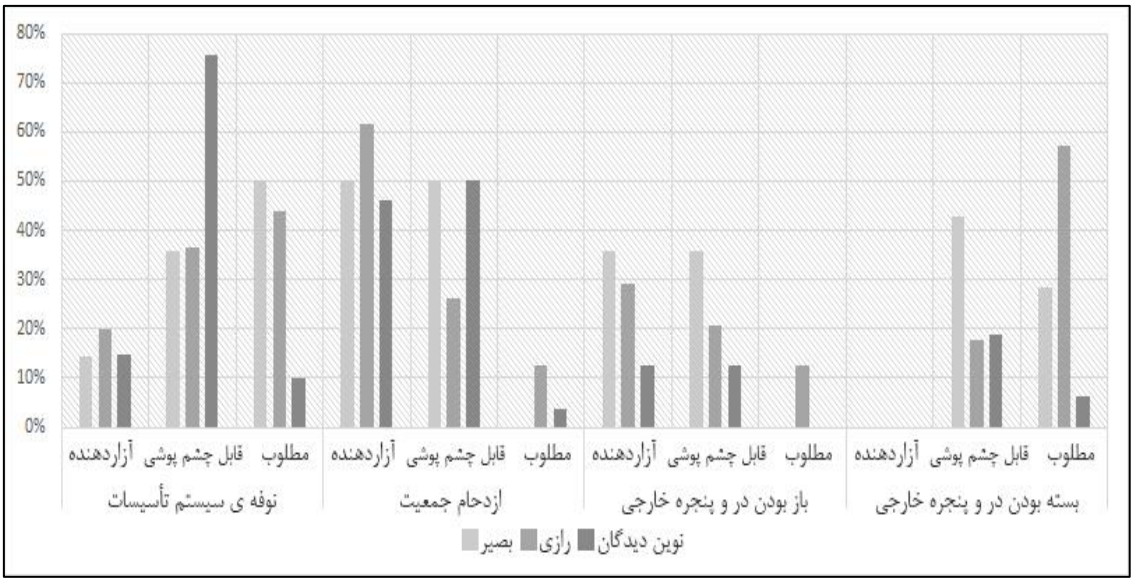
از بین این موارد، اقدامات فعال کاربران، مثل استفاده از سیستم‌های مستقل، به‌ویژه در قسمت‌هایی که کنترل سرمایش و گرمایش در آن‌ها به صورت مرکزی و بر اساس نتایج دماسنجی و دماهای تنظیم است، رفتارهایی غیر قابل تعریف، محاسبه و پیش‌بینی در شبیه‌سازی‌های انرژی است. به همین سبب، لازم است با استفاده از ره‌گیری کاربران از طریق شبکه حسگرها و شناخت الگوی نیاز آن‌ها یا فراهم کردن امکان تنظیمات محدود برای افراد حاضر در فضا، از وقوع چنین رفتاری پیش‌گیری شود.

گروه بعدی سوألات، مربوط به میزان رضایت‌مندی و آسایش صوتی افراد در فضاست. نتایج به‌دست‌آمده از این بخش، در شکل 13، نشان داده شده است. توزیع میزان رضایت صوتی افراد در این بخش با شاخص‌سازی مفهوم آسایش براساس طیف لیکرت سه‌تایی برای حالت حداکثر آسایش با ضریب 3 و حداقل آسایش با ضریب 1 (Park et al., 2022)، در چهار حالت باز و بسته بودن درها و پنجره‌ها، ازدحام جمعیت و نوفه سیستم تأسیسات سنجیده شده است. همان‌طور که در این نمودار آمده، ازدحام جمعیت، با فاصله قابل‌توجه از سروصدای معابر شهری در هنگام باز بودن بازشوهای نما، مهم‌ترین عامل عدم احساس آسایش صوتی در هر سه مرکز درمانی است. همچنین نتایج این بخش نشان‌دهنده ضرورت عملکرد قابل قبول درها و پنجره‌ها در صدابندی است.

$$\text{برآورد کلی آسایش صوتی در شرایط مختلف} = \frac{(1* \text{آزار دهنده})+(2* \text{قابل چشم پوشی})+(3* \text{مطلوب})}{\text{تعداد پاسخ ها}*3}$$

4- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست‌آمده از هر سه گروه سوألات کمی، کیفی و مرتبط با آسایش، الگوی اولیه‌ای از رفتار کاربران و تأثیر آن‌ها بر عملکرد کلی ساختمان به دست می‌آید که قابلیت استفاده در شبیه‌سازی‌های انرژی را دارد. در مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی انرژی یک کلینیک چشم‌پزشکی در تهران بر اساس برنامه‌های زمان‌بندی تعریف‌شده منتج از داده‌های کمی این پژوهش و برنامه‌های زمان‌بندی عمومی موجود برای بیمارستان‌ها و مراکز درمانی بر اساس استانداردهای مختلف در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، بیش از 34 درصد اختلاف بین نتایج حاصل شد.



شکل 13- مقایسه میزان اثر عوامل مختلف بر آسایش صوتی کاربران در هر سه نمونه

Fig. 13- Comparing the impacts of external factors on the quality of acoustic comfort

این درحالی است که این پژوهش، تنها به بررسی گروه محدودی از ساختمان‌های درمانی در مقیاس متوسط در تهران، از طریق ارائه پرسشنامه به پرسنل پرداخته‌است؛ با این وجود، در نتایج داده‌های آن، عوامل بسیاری برای ایجاد فاصله بین مقادیر حاصل از محاسبات رایانه‌ای بر پایه برنامه‌های زمان‌بندی رایج و مصرف واقعی انرژی درنتیجه رفتار کاربران در محیط شناسایی شده‌است. از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به کیفیت تجهیزات الکتریکی مورد استفاده در فضا، موقعیت و جهت‌گیری هر فضا نسبت به پوسته ساختمان و معابر مجاور آن، نحوه کنترل سیستم‌های روشنایی، سرمایش، گرمایش و تهویه و پارامترهای متنوع وابسته به آسایش حرارتی، صوتی و بصری افراد اشاره کرد. همه این عوامل، مؤید نیاز ساختمان‌ها به تحلیل برخط شرایط محیط و کاربران، برای فراهم‌کردن تعاملی قابل پیش‌بینی و کنترل مابین ساختمان و کاربر است؛ با این حال، نتایج نشان‌دهنده یک برنامه زمانی تدقیق شده 16ساعته در شیفت طولانی روزانه از ساعت 6 تا ساعت 22، در کل فضای کلینیک - به‌جز بخش‌های اورژانس چشم – است. هر بخش، بسته به نوع خدمات، در بازه زمانی مشخصی در این محدوده فعال است. پاراکلینیک‌ها و بخش‌های مرتبط با خدمات جراحی، از حیث تعداد مراجعه‌کنندگان و مدت‌زمان فعالیت روزانه، پراستفاده‌ترین بخش‌های کلینیک هستند.

بر پایه نتایج کیفی، میزان شناخت و قابلیت کنترل سیستم روشنایی مصنوعی و سرمایش برای کاربران بیشتر از سیستم گرمایش و است و اثر کنش و نیاز کاربران در آن‌ها قابل توجه است. در مورد نحوه کنترل بازشوهای پوسته ساختمان توسط افراد، عوامل بسیاری ازجمله الزامات بهداشتی، الزامات تجهیزات خاص اپتیکی و نمایشگرها، سروصدا و کیفیت هوای خارج، طراحی پلان و نحوه تفکیک فضاها دخالت دارند که موجب پیچیدگی تحلیل این رفتار و اثر آن بر برنامه زمانی تعویض هوا و روشنایی مصنوعی می‌شود. رفتار کاربران در کنترل موضعی سیستم‌ها در صورت ترک محیط، عامل مهم دیگری است که میزان وابستگی عملکرد سیستم‌ها به رفتار کاربران را تعیین می‌کند؛ بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، تعهد افراد به خاموش‌کردن سیستم‌های گرمایش و سرمایش در هنگام ترک فضای کار و خالی شدن این محیط‌ها از حضور افراد، بیش‌تر از خاموش کردن روشنایی مصنوعی است.

بر اساس نتایج آسایش حرارتی در یک کلینیک روزانه چشم‌پزشکی، تأمین این مهم در اوقات گرم سال، در تهران، دشوارتر از اوقات سرد سال است و ناکارآمدی پوسته ساختمان و پیچیده بودن شرایط در مجاورت آن از عوامل این چالش است. به علاوه، رفتار خارج از برنامه کاربران در تابستان، جهت تأمین آسایش حرارتی و استفاده از سیستم‌های مستقل، پیچیدگی‌های بیشتری به برنامه‌ریزی تحمیل می‌کند. بر این اساس، عملکرد پوسته ساختمان عامل اصلی در میزان احساس آسایش حرارتی است و بنابراین تعبیه ضخامت بهینه‌ای از عایق حرارتی با استفاده از شبیه‌سازی شرایط پوسته و مبتنی بر برنامه‌های زمان‌بندی تدقیق‌شده ضروری خواهد بود؛ در کنار آن، فراهم کردن فرصت‌هایی برای کاربران جهت تنظیم سیستم‌های گرمایش، سرمایش، تهویه و روشنایی و امکان بازوبسته کردن پنجره‌های در صورت عدم تداخل با الزامات فضا، حائز اهمیت است. همچنین، برای دستیابی به الگوها و شاخص‌های دقیق‌تر آسایشی و تحلیل آن‌ها در قالب مدل‌های تعیین میزان آسایش حرارتی و دمای خنثی، نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر پارامترهای محیطی است. در مورد شاخص‌های مرتبط به آسایش صوتی نیز، ازدحام جمعیت، مهم‌ترین عامل عدم احساس آسایش به شمار می‌رود. به علاوه، توجه به این نکته ضروری است که نتایج به دست‌آمده مربوط به شرایطی است که امکان باز کردن پنجره‌ها در اکثر فضاها وجود ندارد و درنتیجه، درصورت تأمین این امکان با توجه به شرایط طرح، باید تدابیری در خصوص به حداقل رساندن نوفه خارجی اندیشیده شود. اهم یافته‌های کیفی این پژوهش که قابلیت کاربست در طراحی و بهره‌برداری این گونه ساختمانی در راستای تأمین آسایش فیزیکی و کاهش مصرف انرژی ساختمان به این قرار است:

- ملاحظات اوپتیکی و بهداشتی فضاهای درمانگاه چشم‌پزشکی، ضرورت افزایش کنترل کاربران (پرسنل مجموعه) در تنظیم نور و کیفیت تهویه

فضاها به‌ویژه در بخش‌های پاراکلینیکی را ایجاب می‌کند، استفاده از اقسام نماهای دوپوسته کنترل‌شده و توزیع بهینه فضاها نسبت به نمای ساختمان می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد؛ و

- در شرایط فعلی، با توجه به نبود سیستم جامع و هوشمند مدیریت ساختمان‌های درمانی، امکان دسترسی برخط به تغییرات الگوهای رفتاری و اثرات ناشی از آن بر مصرف انرژی و شرایط آسایش کاربران و کنترل آن وجود ندارد؛ با این حال، تجربه بروز همه‌گیری اخیر نشان داده است، این مراکز یکی از حساس‌ترین ساختمان‌ها از منظر مدیریت رفتار کاربران به‌شمار می‌رود و نیاز به کنترل هوشمند، همه‌جانبه و پاسخگو دارد.

در نهایت، مدل بومی به‌دست‌آمده از یافته‌های این پژوهش، با فراهم‌کردن داده‌های ورودی مورد نیاز نرم‌افزار انرژی‌پلاس که وابسته به حضور، نوع فعالیت و الگوی غالب رفتار کاربران ریزفضاهای یک گونه خاص از مراکز درمانی در تهران است، فرصتی را فراهم می‌کند، تا با تعریف دقیق‌تر برنامه‌های زمان‌بندی، بر پایه شرایط واقعی این مراکز و هماهنگ با داده‌های اقلیمی مختص شهر تهران، فاصله قابل توجه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با مصرف واقعی انرژی در ساختمان‌های مشابه، که وابسته به تفاوت الگوهای کاربری در ایران در مقایسه با الگوهای ثابت و استاندارد در دیگر کشورهاست، چه در فاز طراحی و چه در فاز بهره‌برداری تا حد امکان کاهش یابد. در بلند مدت، این امکان وجود دارد تا با دستیابی به روش مناسب و مشخصی برای گردآوری داده‌ها براساس این پژوهش در تمام کاربری‌های خرد و مناطق مختلف شهری و روستایی ایران، پایگاه داده قابل قبولی به‌عنوان پشتیبان بومی مدل‌سازی بر اساس روش نیاز انرژی و کارایی انرژی مطابق مبحث 19 مقررات ملی ساختمان فراهم شود.

نمونه‌ای از برنامه تعریف شده برای زون‌های حرارتی بسته به کاربری آن‌ها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر در شکل 2 نشان داده شده است. توجه به این نکته ضروری است که شکل 2، تنها مرتبط به منطقه حرارتی پذیرش است و برای سایر مناطق مورداشاره در جدول 1 نیز برنامه زمان‌بندی مخصوصی آماده شده است که از طریق مکاتبه با نگارندگان در اختیار علاقه‌مندان قرار خواهد گرفت.

پی‌نوشت

[1] Web of Science
[2] Search path: building* AND (occupant* OR occupanc*) AND (behavi* OR pattern*) AND energy AND performance
[3] Personalized Occupancy Profile Model
[4] Long-Term Presence Patterns
[5] Lighting-Schedule
[6] Equipment-schedule
[7] People-Schedule
[8] Hot Water-Schedule
[9] Heating and Cooling Setpoints
[10] Occupant Density
[11] People-Latent and Sensible Heat Gain
[12] Equipment Load
[13] Ventilation Rate
[14] fraction
[15] DesignBuilder
[16] UK National Calculation Tool (NCT)

مراجع

2000 ASHRAE Handbook (2000). HVAC systems and equipments, American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Atlanta, GA.

ASHRAE Standard 62.1 (2003). Ventilation Requirements and Infiltration, American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Atlanta, GA.

ASHRAE Standard 90.1 (2004). energy standard for buildings except low rise residential buildings. American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Atlanta, GA.

Balaras, C.; Dascalaki, E. & Droutsa P. (2017). Energy Use Intensities for Non-Residential Buildings, In International HVAC&R Congress and Exhibition, Belgrade, Serbia.

Clevenger, C.M. & Haymaker, J. (2006). The impact of the building occupant on energy modeling simulations, In Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montreal, Canada, pp. 1-10.

IEA, Total energy supply outlook by fuel and scenario, 2000-2040, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-energy-supply-outlook-by-fuel-and-scenario-2000-2040, IEA. Licence: CC BY 4.0

ISO 45001 (2018), Occupational Health and Safety, International Organization for Standardization, Geneva.

ISO 50001 (2014), Energy Management System (EnMS) - Implementation guide, TÜV UK LTD & BSI Standards, London.

ISO 7730 (2005) Ergonomics of the Thermal Environment—Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD indices and Local Thermal Comfort Criteria: International Organization for Standardization.

Jabbarvand, M., Mokhtare, H., Sharifi, R., Shafiei, M., & Negahban, Z. (2011). Comparative Study On Energy Usage Status And Its Management In Farabi Eye Hospital. In Ebnesina, 14(3 (41)), 41-48. [In Persian]

Jia, M.; Srinivasan, R.; Raheemb, A. & Rinker, M. (2017). From Occupancy to Occupant Behavior: An Analytical Survey of Data Acquisition Technologies, Modeling Methodologies and Simulation Coupling Mechanisms for Building Energy Efficiency. In Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 68 (1), pp. 525-540.

Kameli, M.E., Behtaj, F., & Parvan, M., Lotfi G., F., Vahedi B., A. (2018). In Hospital studies system statistical report. Department of statistics and information, Ministry of Health and Medical Education. [In Persian]

Larsen, Flores & Filippín, C (2008). An experience on integrating monitoring and simulation tools in the design of energy-saving buildings, In Building and Environment, Vol. 40, pp. 31-42.

Lu, X., Feng, F., Pang, Z., Yang, T., & O'Neill, Z. (2021). Extracting typical occupancy schedules from social media (TOSSM) and its

D'Oca, S.; Fabi, V.; Corgnati, S.P. & Andersen, R.K. (2014). Effect of thermostat and window opening occupant behavior models on energy use in homes. In Building Simulation, Vol.7, pp. 683-694, Tsinghua University Press.

Department of National Building Codes Compilation. (2017). Chapter 14th of national building codes: Mechanical equipments. Road, Housing and Urban Development Research Center.Tehran. [In Persian]

Department of National Building Codes Compilation. (2020). Chapter 19th of national building codes: Energy conservation. Road, Housing and Urban Development Research Center.Tehran. [In Persian]

Dong, B. & Lam, K.P. (2014). A real-time model predictive control for building heating and cooling systems based on the occupancy behaviour pattern detection and local weather forecasting, In Building Simulation, Vol.7, pp. 89-106, Berlin.

Energy consumption guides (1991). guide 72 – energy consumption in hospitals, CIBSE, London.

Gaetani, I., Hoes, P. J., & Hensen, J. L. M. (2016). Occupant behavior in building energy simulation: Towards a fit-for-purpose modeling strategy. In Energy and Buildings, 121, 188–204.

Heidari, S. (2009). Comfort Temperature of Iranian People in City of Tehran. In Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning, 1(38), 5-14. [In Persian]

Heidari, S. (2014). Thermal adaptation in architecture. University of Tehran Press. Tehran. [In Persian]

Hensen, J. & Clarke, J.A. (2015). Integrated Building Performance Simulation: Progress, Prospects and Requirements, In Building and Environment, Vol.91, pp. 1-25.

IEA (2022), Buildings, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/buildings, License: CC BY 4.0

Consumption Management in Hospital and Prioritizing Them Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). In Jhosp, 15 (2), 23-40. [In Persian]

Park, J., Loftness, V., & Wang, T. H. (2022). Examining In Situ Acoustic Conditions for Enhanced Occupant Satisfaction in Contemporary Offices, In Buildings, 12(9), 1305.

Popoola, O. M. (2018). Computational Intelligence Modelling Based on Variables Interlinked with Behavioral Tendencies for Energy Usage Profile – A Necessity. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82 (May 2017): 60–72.

Schakib-Ekbatan, K; Schweiker, M & Wagner, A (2015). Does the occupant behaviour match the energy concept of the building? –Analysis of a German naturally ventilated office building, In Energy and Building, Vol. 84, pp. 142-150.

Van Dronkelaar, Chris; Dowson, M; Spataru, C; Burman, E (2019). Quantifying the Underlying Causes of a Discrepancy Between Predicted and Measured Energy Use, In Frontiers in Mechanical Engineering, Vol. 5, Article 20.

Wang, Z., Cao, B., & Zhu, Y. (2021). Questionnaire survey and field investigation on sleep thermal comfort and behavioral adjustments in bedrooms of Chinese residents. In Energy and Buildings, 253, 111462.

Wang, Z., Hong, T., & Jia, R. (2019). Buildings.Occupants: a Modelica package for modelling occupant behaviour in buildings. In Journal of Building Performance Simulation, 12(4), 433–444.

Yang, Z & Becerik-Gerber, B. (2014). Modeling personalized occupancy profiles for representing long term patterns by using ambient context, In Building and Environment, Vol.78, pp. 23-35.

Zhang, G., Zheng, C., Yang, W., Zhang, Q., & Moschandreas, D. J. (2007). Thermal comfort investigation of naturally ventilated classrooms integration with building energy modeling. In Building Simulation, 14(1), 25–41.

Majcen, Daša; Itard, Laure; Visscher, Henk (2015). Statistical model of the heating prediction gap in Dutch dwellings: Relative importance of building, household and behavioural characteristics, In Energy and Buildings, Vol 105, pp. 43-59.

Mardomi, K., Hashemnejad, H., Hassanpour Rahimabad, K., & Bagheri, M. (2011). The Architecture of Way-Finding Wayfinding Process Design in Healthcare Architecture. In Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning, 3(4), 356-45. [In Persian]

Micha, Meletia (2017), Energy use intensities for Non-Residential buildings, SMITS, Athens.

Mirakhorli, A., & Dong, B. (2017). Occupant-behavior driven appliance scheduling for residential buildings. In Building Simulation, 10(6), 917–931.

Mitra, D., Steinmetz, N., Chu, Y., & Cetin, K. S. (2020). Typical occupancy profiles and behaviors in residential buildings in the United States, In Energy and Buildings, 210, 109713.

Morgenstern, P; Li, M & Raslan, R (2016). Benchmarking acute hospitals: Composite electricity targets based on departmental consumption intensities, In Energy and Buildings, Vol. 118, pp. 277-290.

Nagy, Z; Yong, F.Y, Frei, M & Schlueter A (2015). Occupant centred lighting control for comfort and energy efficient building operation, In Energy and Building, Vol. 94, pp, 100-108.

Newsham, G. R., Dale, K., & Tiller, D. P. (1997). A Field Study of Office Thermal Comfort Using Questionnaire Software.

Office of Planning and Economics for macroElectricity and Energy. (2021). Iran's energy balance sheet 2019. Ministry of Energy. [In Persian]

Ostadi B, Navidi A. (2016). Identifying Improvement Projects Based on Energy

Environmental Science and Development, 8(6), 430–434.

URL1: https://www.iea.org/reports/buildings (visited on December 2022)

URL2: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-energy-supply-outlook-by-fuel-and-scenario-2000-2040 (visited on December 2022)

URL3: https://data.worldbank.org/indicator/SH.MED.BEDS.ZS (visited on December 2022)

in a subtropical region. In Indoor and Built Environment, 16(2), 148–158.

Zhang, Yan; Bai, Xuemei; Mills, Franklin P.; Pezzey, John C.V. (2018), Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review, In Energy and Buildings, Vol 172, pp. 279-294.

Zhao, X., Yu, W., & Tan, D. (2017). Thermal Comfort Study Based on Questionnaire Survey among Occupants in Different Climate Zones in China. In International Journal of