بررسی محدوده آسایش حرارتی خانه خشتی روستای لاسجرد استان سمنان

سارا دشتی‌زاده *، سید امیرحسین گرکانی **

تاریخ دریافت مقاله: 1396/05/17
تاریخ پذیرش مقاله: 1396/07/30

چکیده
طراحی اقلیمی و تأمین آسایش حرارتی یکی از مهمترین موارد در طراحی خانه‌های روستایی است. آسایش حرارتی و کیفیت هوای درون از عوامل تأثیرگذار بر سلامت و رضایتمندی روستاییان می‌باشد. استفاده از مصالح بومی و ظاهر همساز با اقلیم، همواره ازعوامل پایدار ساختمان‌های روستایی عنوان شده است و محققان همواره در پی رفع نواقص استفاده از مصالح بومی و تأمین آسایش حرارتی ساکنین با بکارگیری راهکارهای بومی می‌باشند. این تحقیق در پی بررسی آسایش حرارتی در تجربه ساخت خانه خشتی روستای لاسجرد استان سمنان در طرح پژوهش سال1391 با هدف ساخت خانه خشتی مقاوم با استفاده از مصالح FRP است. این تحقیق با استفاده از برداشت‌های میدانی دستگاه دیتالاگر(دما و رطوبت) و تطبیق آن با شبیه‌سازی نرم‌افزار دیزاین بیلدر انجام شده و در بررسی، صحت اعتبار نتایج حاصل، نشان می‌دهد که دمای هوای داخل ساختمان در شبیه‌سازی نرم‌افزاری و دمای هوای برداشت شده توسط دستگاه‌ها بسیار نزدیک به یکدیگر می‌باشد. با توجه به مشخص شدن اعتبار مدل در شبیه‌سازی، عملکرد حرارتی و برودتی سایر ماه‌های سال توسط نرم‌افزار مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. همچنین وضعیت آسایش حرارتی ساکنان ساختمان براساس مدل آسایش فنگر و نیز رابطه میان ویژگی‌های معماری و نتایج عملکرد حرارتی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد در سردترین روز سال انتقال حرارت از سقف و در گرم‌ترین روز سال انتقال حرارت ناشی از تابش خورشید از پنجره بیشترین نقش در اتلاف انرژی را داشته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که باوجود استفاده از مصالح خشتی در ساخت بناهای مورد مطالعه به‌علت عدم توجه به مسائل اقلیمی در طراحی معماری و عدم توجه به پل‌های حرارتی و نفوذپذیری بازشوها کمتر از 10 درصد ایام سال بنای ساخته شده بدون تهویه طبیعی مناسب در محدوده آسایش قرار دارد.

کلمات کلیدی: آسایش حرارتی، اتلاف انرژی، محدوده آسایش، خانه خشتی، روستای لاسجرد.

* دانشجوی مقطع کارشناسی‌ارشد گروه معماری، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران.
** دکترای معماری، عضو هیئت علمی تمام وقت گروه معماری واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران.
meshkat_86@yahoo.com

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی‌ارشد سارا دشتی‌زاده به راهنمایی آقای دکتر سید امیرحسین گرکانی با عنوان "طراحی خانه خشتی پایدار" در روستای بیابانک شهر سمنان در دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس می‌باشد.

مقدمه

توسعه پایدار توسعه‌ای است کیفی و متوجه کیفیات زندگی است و هدف از آن بالا بردن سطح کیفیت زندگی برای آیندگان می‌باشد. توسعه پایدار در سه حیطه دارای مضامین عمیقی است: پایداری محیطی، پایداری اقتصادی و پایداری اجتماعی در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار. «پایداری محیطی» در ارتباط با معماری اهمیت زیادی دارد و مسائل زیست محیطی که آینده بشر را به خطر انداخته معماران را به چاره اندیشی واداشته است. از آنچه درباره توسعه پایدار تاکنون بیان شد، می‌توان اهداف توسعه پایدار را در رابطه با محیط زیست در سه حوزه(که البته معنایی نزدیک به یکدیگر یعنی حفظ طبیعت به‌منظور برطرف نمودن نیازهای نسل آینده دارند) مطرح نمود: الف- رابطه انسان و طبیعت ب-طراحی نقشه مسیری که بر روی مجموعه‌ای از روش‌ها و اصول اخلاقی، متمرکز است ج-تغییر در استخراج معادن (گرجی مهلبانی، 1389). اصل طراحی پایدار بر این نکته استوار است که ساختمان جزئی کوچک از طبیعت پیرامونی است و باید به‌عنوان بخشی از اکوسیستم عمل کند و در چرخه حیات قرار گیرد(Irancivilcenter.com). براساس گفته ریچارد راجرز، ساختمان‌ها مانند پرندگان هستند که در زمستان پرهای خود را پوش داده و خود را با شرایط جدید محیط وفق می‌دهند و براساس آن سوخت و سازشان را تنظیم می‌کنند. یکی از سه حوزه مهمی که توسعه پایدار روی آن تأکید دارد، مسائل محیطی است. وظیفه معماران در این حوزه، بسیار خطیر و حساس است چرا که معماران به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم مسئول 75 ٪ تغییرات آب و هوا هستند (Rogers, 2005) . بدون شک پیشرفت تکنولوژی ضرورتی است که از آن نمی‌توان چشم پوشید ولی این عامل نباید ارزش‌های ما را خصوصاً در زمینه پایداری محیط زیست به چالش بکشاند در همین راستا می‌بایست راهکارهای فراموش شده در طراحی محیط مسکونی پایدار شناسایی شده و با به روز نمودن آن‌ها با توجه به تکنولوژی‌های موجود، از آن‌ها در طراحی ساختمان‌های سنتی استفاده نمود. همچنین مقایسه وضعیت معماری بومی همساز با اقلیم این مناطق که در بخش‌های سنتی شهر تجلی یافته‌اند با بافت‌های جدید که در قالب توسعه‌های بی‌رویه و کم تراکم در پیرامون شهرها شکل یافته‌اند این نکته را نشان می‌دهد که معماری شهرهای کویری به شکل فزاینده‌ای از وضعیت طبیعی و مطلوب خود فاصله گرفته و می‌گیرد. این مسئله، ضرورت جستجوی راهکارهایی جهت مقابله با روند نامطلوب موجود و اصلاح پیامدهای ناخواسته مداخله کالبدی در این شهرها، به گونه‌ای که توسعه پایدار شهر را تحقق بخشند، ایجاب می‌نماید(گلکار، 44، 1379). در بیشتر کشورهای گرم و خشک یا معتدل، خاک همواره رایج‌ترین مصالح ساختمانی بوده است(Minke, 2006). محدودیت منابع طبیعی باعث گردیده رفع نیازهای مربوط به بخش مسکن در کشورهای مختلف با مصالح ساختمانی صنعتی همچون آجر، بتن یا فولاد ناممکن شود. در مکزیک همچون بیشتر کشورهای آمریکای لاتین، آجرخشتی پرکاربردترین مصالح ساختمانی در نواحی روستایی محسوب می‌گردد(Meli, 1980). در پرو 60 درصد خانه‌ها از جنس خشت یا گِل بوده و در هند، 73 درصد از تمامی ساختمان‌ها از جنس گِل است که نماینده 67 میلیون خانه است که در آن 375 میلیون نفر ساکن هستند(Blondet, 2003). بنابراین بررسی محدوده آسایشی در خانه‌های خشتی از اهمیت ویژه‌ای

برخوردار است. آسایش حرارتی یکی از مهمترین و ملموس‌ترین عوامل کیفیت محیطی داخلی محسوب می‌شود. ساکنان برای ارتقای قابلیت‌های خود، نیازمند داشتن آسایش حرارتی در محیط‌های داخلی هستند. (Al horr, et al, 2016) توجه به مسائل آسایش حرارتی در ساختمان به پس از انقلاب صنعتی باز می‌گردد. پیش از انقلاب صنعتی، به‌علت عدم وجود تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، احساس سرما و گرما از طریق جابجایی مکان زندگی، تغییر پوشش و لباس و خوردن غذاهای مناسب، مرتفع می‌شد(حیدری1393، 7).

بررسی توالی زمانی در مطالعات آسایش حرارتی نشان می‌دهد که این مسئله در دو مبحث متفاوت دنبال شده است: آزمون محفظه آب و هوایی[1] (مطالعات آزمایشگاهی) و مطالعات میدانی (Taleghani, et al, 2013, 201). در سال 1920، مطالعات پایه‌ای در امریکا صورت گرفت(Olgy, 1963). این مطالعات به‌منظور یافتن محدوده آسایش حرارتی تحت تأثیر دمای هوا و رطوبت بود. در سال 1930 مهندسان دریافتند که برای ساخت تجهیزات دقیق‌تر و طراحی حساب شده‌تر، باید دمای دقیق راحتی را پیدا کنند. در سال 1937، گاج در امریکا مطالعه اساسی و تحلیلی انجام داد. (Nicol, 1993) مطالعات وی در ارتقای مبانی نظری آسایش حرارتی تأثیر بسزایی داشت. پس از آن، نخستین کار تدوین شده در سال 1963توسط ویکتور الگی انجام پذیرفت (Benzinger, 1979).

در سال 1972 پرفسور اولی فنگر به تعریف محدوده آسایش در کتاب کلاسیک خود پرداخت. از دید او محدوده آسایش، محدوده‌ای وسیع‌تر و تابع ویژگی اختصاصی است. که در آن، از 100 درصد ساکنان فضا کمتر از ده درصد احساس عدم آسایش داشته باشند (حیدری، 1393). طبق تعریف اشری -ASHERA (1966) آسایش حرارتی ویژگی ذهنی است که بیان کننده میزان رضایت افراد از حرارت محیط است. دمای متوسط استاندارد در سال 1973 و دمای معادل فیزیولوژیکی در سال 1999 مطرح شدند. این شاخص‌های حرارتی اگرچه کانون‌های توجه متفاوتی دارند، ترکیب مناسبی از دو پارامتر بسیار مهم آب و هوا و ویژگی‌های روان‌شناسی را در اختیار می‌گذارند. (Matzarakis, 2001) در پژوهش‌های پیشین که به بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی پرداخته‌اند، نمونه‌های موردی دو خانه قجری در شیراز بوده، با این هدف که اگر نشانی از توجه به آسایش حرارتی در این مکان‌ها وجود داشته است، عوامل آن چیست و چگونه می‌توان این عوامل را در طراحی خانه‌های امروزی احیا کرد و با صرف کمترین انرژی به حدود آسایش در فصول گرم و سرد رسید. نتایج مطالعات نشان می‌دهند که اتاق‌های این خانه‌ها به‌لحاظ تأمین آسایش حرارتی عملکرد مناسبی داشته و به یقین در زمان گذشته، این عملکرد بهتر بوده است. برای مثال اتاق شاه نشین در حدود هشت ماه از سال در محدوده آسایش قرار داشته است (زارع مهذبیه، 1395). این تحقیق در پی بررسی آسایش حرارتی در تجربه ساخت خانه خشتی روستای لاسجرد استان سمنان در طرح پژوهش سال 1391 با هدف ساخت خانه خشتی مقاوم با استفاده از مصالح FRP است. لذا محدوده آسایش در خانه خشتی مقاوم در برابر زلزله و نیز عدم توجه به الگوهای معماری بومی در آن، می‌توانند راهکارهای ارزنده‌ای را در اختیار طراحان قرار دهد که همزمان بتوانند خانه خشتی مقاوم با بهترین عملکرد حرارتی در فصول مختلف سال را داشته باشند. لذا بررسی محدوده آسایش به طراحان در طراحی پایدار کمک به‌سزایی میکند. بررسی عملکرد حرارتی در

فصول مختلف و اینکه چه اندازه پاسخگوی نیاز ساکنان بوده‌اند، در این مقاله مورد توجه قرار خواهد گرفت.

محدوده آسایشی خانه خشتی روستای لاسجرد در طول سال به چه صورت می‌باشد؟

چه رابطه‌ای میان عملکرد حرارتی فضاهای داخلی و الگوهای معماری آن وجود دارد؟

چگونه می‌توان کمترین اتلاف انرژی را در مصالح خشتی داشت؟

معرفی خانه خشتی لاسجرد سمنان

بنیاد مسکن انقلاب اسلامی به‌منظور حفظ و ترویج معماری بومی مناطق روستایی ایران اقدام به مطالعه و طراحی واحد نمونه مسکن مقاوم روستایی با مصالح خشتی و استفاده از نوارهای FRP^2 جهت مقاوم سازی خشت در مقابل زلزله نمود و یک خانه خشتی در روستای لاسجرد استان سمنان احداث کرد(تصاویر شماره 1 و 2). سایت موجود در مجاورت کاروانسرا و امامزاده روستا و در مکان مناسب توسعه روستا قرار گرفته است. این خانه در روستای لاسجرد استان سمنان، بین مدارهای 35 درجه و 13.24 دقیقه تا 35.4036 درجه عرض شمالی و 53 درجه و 4.56 دقیقه تا 5.0822 درجه و 4.56 دقیقه طول شرقی قرار دارد و یکی از 10 بخش این استان می‌باشد که بی‌شک از بزرگترین بخش‌های سمنان است. نزدیکترین شهر به لاسجرد شهر سرخه می‌باشد. در مورد آب و هوای شهر سرخه نیز سعی شده است که اطلاعات مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سمنان (نزدیک ترین ایستگاه‌های هواشناسی) استفاده شود. این روستا از شمال به دامنه جنوبی رشته کوه البرز و از جنوب نیز به دشت کویر نزدیک می‌شود. براساس آمار ده ساله این حوزه، حداکثر مطلق درجه حرارت در ماه ژوئیه (تیر) 44/5 و سردترین ماه سال دسامبر (آذر) حداکثر مطلق درجه حرارت 18/5 درجه سانتی‌گراد بوده است. حداقل مطلق درجه حرارت در ماه ژوئیه (تیر) 14 و در دسامبر (آذر) 9/5- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین حداکثر مطلق درجه حرارت در گرم‌ترین ماه 38/2 درجه سانتی‌گراد است.

باد قبله: این باد از سمت غرب و جنوب غربی می‌وزد. زمان وزش آن از اواسط بهمن و اسفند تا اواخر مرداد و از اواسط مهر تا اواسط آبان می‌باشد و در بهار به‌خصوص شن و گرد و خاک به‌همراه می‌آورد.

باد شمال (تورانه): این باد از شمال به جنوب می‌وزد. سرعت آن کم است و خاک به‌همراه ندارد. در فصل گرم سال این باد در تعدیل دما نقش مؤثّری دارد.

باد جنوب (راجی): بادی است گرم چرا که از میان کویر به سمت نواحی بالا دستِ خود می‌وزد و موجب افزایش تبخیر و دما و سبب بالا رفتن خشکی هوا در تابستان می‌گردد (www.sorkhe.net). ساختمان مورد بررسی در این پژوهش، ساختمانی مسکونی در اقلیم شهر سمنان (روستای لاسجرد) و دارای یک طبقه با زیربنای کلی 60 متر مربع و 5 فضا می‌باشد. عرض این ساختمان 7/9 و طول آن 12/8 متر می‌باشد. همچنین ارتفاع این ساختمان 3 متر در نظر گرفته شده است. این ساختمان در جهت شمالی-جنوبی گسترش یافته و از اطراف با هوای آزاد در ارتباط است. کاربری ساختمان مسکونی بوده و خالی از سکنه، فاقد سیستم سرمایش و گرمایش، سیستم روشنایی و تهویه طبیعی مناسب می‌باشد. به‌دلیل وزش گرد باد، در وجوه شرقی و غربی ساختمان پنجره‌هایی از جنس چوب راش و شیشه‌های دو جداره ساخته شده است به‌طوری‌که نسبت سطح پنجره‌ها به دیوارهای شرقی و غربی ساختمان 0/215 می‌باشد و در جهت شمال و جنوب پنجره‌ای تعبیه نشده است.

ت 1. تصاویری از مراحل ساخت خانه خشتی مقاوم لاسجرد سمنان (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی).

ت 2. نمایی از خانه خشتی مقاوم روستای لاسجرد سمنان (نگارنده).

روش تحقیق

به‌منظور بررسی عملکرد حرارتی فضاهای داخلی، یکی از اتاق‌های خانه خشتی لاسجرد تعیین شد و متغیرهای محیطی شامل دمای هوا، رطوبت در یک روز سرد زمستانی در تاریخ 95/12/01 از ساعت 11 صبح تا 19 بعدازظهر، به فاصله زمانی هر 15 دقیقه یک بار، توسط دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت اندازه‌گیری شده‌اند. پس از آن، حجم کلی اتاق مورد نظر به انضمام فضاهای همجوار آن و جزئیات فضای انتخابی توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر[3] با موتور انرژی پلاس[4] شبیه‌سازی شد ابعاد دقیق اتاق‌ها، نورگیرها و بازشوهای سطوح خارجی، بازشوهای داخل فضاها، فضاهای همجوار، موقعیت اتاق‌ها در خانه و نسبت به حیاط، جهت جغرافیایی و همچنین مصالح جداره‌ها برداشت شدند. این مشخصات در شبیه‌سازی کامپیوتری و تحلیل‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

حجم کلی خانه و جزئیات فضای انتخابی توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر با موتور انرژی پلاس شبیه‌سازی شد. با توجه به اینکه نرم‌افزار دیزاین بیلدر مصالح سنتی استفاده شده در معماری ایران(مانند خشت واندود کاهگل) را در پیش فرض خود ندارد، این مصالح با وارد کردن مشخصات مصالح (ضخامت، چگالی، گرمای مؤثر و ضریب هدایت) برای نرم‌افزار تعریف شده است. نرم‌افزار مدلسازی دیزاین بیلدر با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف ایران، محاسبات دریافت و اتلاف و مصرف انرژی را دقیقاً براساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. فایل های آب و هوایی که با فرمت‌هایی چون EPW جهت استفاده در مدل‌سازی انرژی ساختمان می‌باشد، فایل‌های اقلیمی پنج شهر کشور(تهران، تبریز، اصفهان، شیراز، بندر عباس و یزد) را عرضه کرده، نرم‌افزار هایی

چون meteonormبا استفاده از ایستگاه هواشناسی شهر و نیز نرم‌افزار elements با توجه به نمودار سایکرومتریک کمک شایانی به ساخت فایل‌های اقلیمی شهر مورد نظر نموده‌اند. جهت بررسی، شرایط پوسته خارجی ساختمان در مبحث 19 مقررات ملی ساختمان، استانداردها و ضرایب انتقال حرارت جداره‌های ساختمان متناسب با نوع کاربری، شهر محل استقرار ساختمان و دیگر پارامترهای مؤثر تعیین شده است. در این پژوهش ضرایب انتقال حرارت استاندارد برای ساختمانی با کاربری مسکونی و در اقلیم شهر سمنان (روستای لاسجرد) محاسبه و انتخاب شده است. درصد اختلاف بین شبیه‌سازی نرم‌افزار با شرایط واقعی باید در محدوده مجاز استانداردها (15 ±) درصد باشد (زمردیان، 1394).

متغیرهای محیطی در روز یاد شده توسط نرم‌افزار، محاسبه و نتایج حاصل با داده‌های میدانی مقایسه شد که تا حدود زیادی مشابه بودند و به این ترتیب صحت خروجی نرم‌افزار تأیید شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر عملکرد حرارتی در طول سال پیش‌بینی شد و نتایج بدست آمده با استفاده از همین نرم‌افزار، رفتار حرارتی فضای مورد نظر در طول سال به روش فنگر محاسبه شد و با استاندارد اشری[5] مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و بعد از آن نتایج حاصل از عملکرد حرارتی سالانه فضای انتخابی با ویژگی‌های معماری آن مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته است. یکی از دقیق‌ترین روش‌های تخمین محدوده آسایش شاخصه متوسط نظریات (PMV)[6] است که در 1970 توسط فنگر پیشنهاد شده است. در این معیار اعدادی که کمی بالاتر از 1+ یا کمی پایین تر از 1- باشد، موجب بروز نارضایتی می‌شوند و اعداد بین 1+ و 1- در محدوده آسایش قرار می‌گیرند (قیابکلو 1380، 73). با استفاده از شبیه‌سازی فضاها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر، شاخص PMV در طول سال برای فضای انتخابی محاسبه شده است. مدل PMV در میان مدل‌های آسایش شناخته شده، برتر می‌باشد. این مدل با استفاده از اصول تعادل گرمایی و داده‌های تجربی گرفته شده از اتاق تحت شرایط آب و هوای ثابت، ساخته شده است. از طرف دیگر مدلی تطبیقی براساس صدها مطالعات میدانی ایجاد شد. اساس این مطالعات بر این مبنا بود که ساکنان به‌صورت پویایی با محیط شان در تعامل هستند. ساکنان، محیط را بوسیله لباس، پنجره‌های قابل استفاده، پنکه‌ها، بخاری‌های شخصی و پرده‌ها کنترل می‌کنند. مدل تطبیقی به‌طور کلی فقط برای ساختمان‌هایی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که سیستم مکانیکی ندارند. اتفاق نظری بر سر این موضوع وجود ندارد که کدام مدل آسایشی باید برای ساختمان‌هایی که تا قسمتی دارای تهویه موقتی و یا مکانی هستند، به‌کار رود (wikipedia.org).

همان‌طور که عنوان شد مشخصه‌های آب و هوایی (دما و رطوبت)هر یک از این فضاها در اولین روز اسفند سال 1395، اندازه‌گیری شد. متغیرهای بررسی شده به‌صورت میدانی شامل دمای هوا و رطوبت داخل اتاق و خارج بنا هستند. به‌منظور افزایش دقت در برداشت داده‌ها، از دستگاه‌های دیجیتالی دیتا لاگر[7] استفاده شد. دستگاه مذکور شامل دو سنسور است که یکی در مرکز اتاق و دیگری خارج بنا تعبیه شدند. در این دستگاه دیتالاگر از یک پی ال سی مدل Fararo 6400 به‌عنوان پردازنده دستگاه استفاده شده که وظیفه برقراری ارتباط با سنسورها و پردازش و ثبت اطلاعات را بر عهده دارد. همچنین در این پروژه از دو سنسور یکپارچه دما و رطوبت Tika1250 استفاده شده است که سنسور اول درون اتاق و سنسور دوم در محیط بیرون نصب شد و مقادیر دما و رطوبت هر دو محیط به‌طور دقیق اندازه‌گیری و ثبت گردید. مانیتورینگ و ثبت اطلاعات دریافتی از محیط با

اتصال دستگاه توسط کابل Lan به کامپیوتر و بوسیله نرم‌افزار Src2.20.2 صورت می‌گیرد. این دستگاه از محصولات شرکت پیشران صنعت ویرا می‌باشد. از این مدل دستگاه دیتالاگر در مکان‌های حساسی مثل پتروشیمی‌ها، فرودگاه‌ها، بانک‌ها و حتی سازمان‌های اتمی نیز استفاده می‌شود لذا دارای گواهینامه استاندارد بوده و تمامی برداشت‌ها با دقت تمام و با همراهی کارشناس مجرب انجام پذیرفته است. برای جلوگیری از خطاهای برداشت، اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود: سنسور دما و رطوبت را در محلی که تغییرات دمایی زیاد و با سرعت (جلوی در و پنجره، روبه روی کولر و ..) نصب نکنید. قسمت استوانه‌ای که به سنسور متصل می‌باشد را روی سطح زمین یا روی دیوارهای محل مورد اندازه‌گیری قرار ندهید. سنسور را در کنار وسایل سرمایشی و گرمایشی قرار ندهید. سنسور را در مرکز فضا بگذارید.

اتاق مورد نظر برای برداشت خالی از سکنه، فاقد سیستم سرمایش و گرمایش و سیستم روشنایی بوده و هیچ‌گونه وسیله‌ای اعم از فرش و ... در آن موجود نمی‌باشد. سنسور مورد نظر در مرکز اتاق و بر روی کف قرار گرفته و درهای اتاق کاملاً بسته و سعی شده از نفوذ هوا به داخل اتاق جلوگیری شود. این سنسور با کابل به دستگاه متصل شده و سنسور دیگر بیرون خانه قرار داده شده است تا هم دما و رطوبت داخل و خارج به‌طور دقیق اندازه‌گیری شود. از طرف دیگر دستگاه با کابلی جداگانه به لب تاپ متصل و اطلاعات توسط نرم‌افزار مورد نظر ثبت می‌گردد. برای سهولت کار دستگاه را در اتاق مجاور محل برداشت قرار داده و کابل را از زیر در عبور و به سنسور متصل نموده و درب را بسته، در طی ساعات برداشت هیچ گونه رفت و آمدی به اتاق نشده و درب‌ها بسته مانده است(تصویر شماره 3).

ابعاد دقیق اتاق‌ها، نورگیرها و بازشوهای سطوح خارجی، بازشوهای داخل فضاها، فضاهای همجوار، موقعیت اتاق‌ها در خانه و نسبت به حیاط، جهت جغرافیایی و همچنین مصالح جداره‌ها برداشت شدند. این مشخصات در شبیه‌سازی کامپیوتری و تحلیل‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

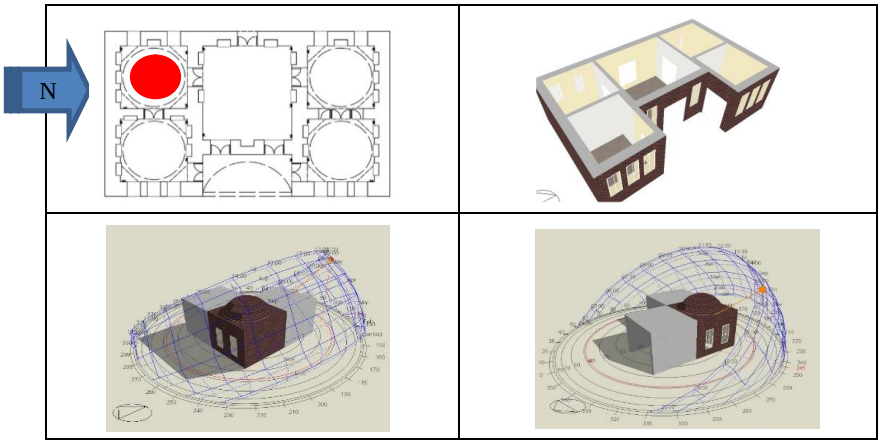
شبیه‌سازی بنا با نرم‌افزار دیزاین بیلدر[8]

نمایی از ساختمان مدلسازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و پلان معماری این ساختمان با مشخص کردن اتاق مورد نظر برای بررسی در تصویر شماره 4 آمده است این اتاق در ضلع غربی ساختمان قرار گرفته است. در بخش روش تحقیق توضیحات کامل آورده شده است.

ت 3. تصاویری از دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت و محل قرارگیری سنسور در داخل اتاق (نگارنده).

برداشت‌های میدانی توسط دستگاه دیتالاگر

متغیرهای محیطی شامل دمای هوا و رطوبت در یک روز سرد زمستانی در تاریخ 95/12/01 از ساعت 11 صبح تا 19 بعد از ظهر، به فاصله زمانی هر 15 دقیقه یک بار، توسط دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت اندازه‌گیری شده‌اند. در بخش روش تحقیق توضیحات کامل آورده شده است.



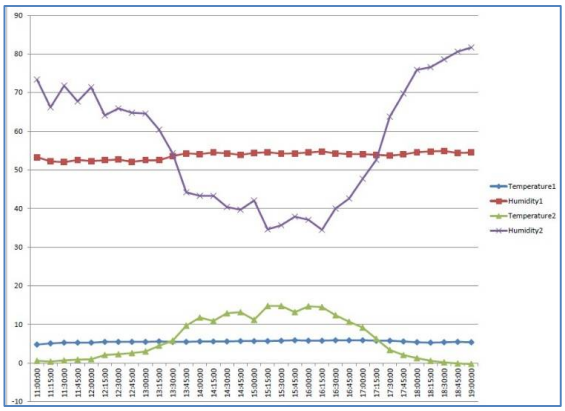
ت 4. نمای ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و پلان معماری ساختمان(نگارنده).

یافته‌های تحقیق

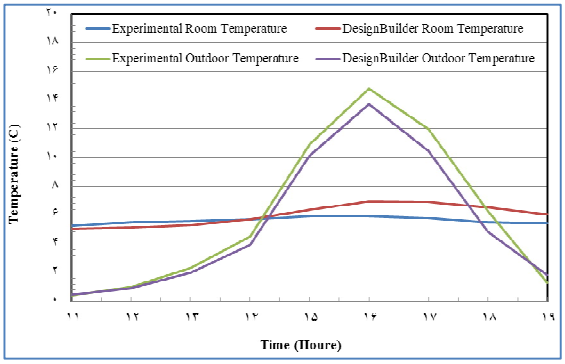
نمودار شماره 1، اطلاعات برداشت شده توسط دستگاه دیتالاگر را نشان می‌دهد که پس از انتقال به نرم‌افزار اکسل، نمودارهای مربوط به هرکدام از عوامل محیطی در روز انتخابی ترسیم شد.

در نمودار شماره 1، دمای داخل Temperature1 و دمای خارج Temperature2 و همچنین رطوبت داخل Humidity1 و رطوبت خارج Humidity2 میباشند. با توجه به اینکه اطلاعات برداشت شده از یک ساختمان نمونه واقعی تنها در بخشی از ایام سال صورت گرفته است، لذا برای آنکه بتوان به نتایج حاصل شده از شبیه‌سازی در طول سال استناد کرد، باید ابتدا اعتبار نتایج بدست آمده در بازه اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گیرد. نمودار شماره 2 اطلاعات برداشت شده توسط دستگاه‌های اندازه گیری از ساعت 11 تا 19 مورخ 95/12/01 و نتایج حاصل از شبیه‌سازی در همین بازه را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که پروفیل دمای هوای خارج که اصلی‌ترین پارامتر در طراحی می‌باشد با دقت بسیار مناسبی با پروفیل دمای خارجی که در نرم‌افزار از آن استفاده شده است مطابقت دارد. همچنین با توجه به اینکه بار حرارتی و برودتی ساختمان متأثر از اختلاف دمای هوای داخل ساختمان و دمای هوای خارج می‌باشد، نتایج نشان می‌دهد که دمای هوای داخل ساختمان در شبیه‌سازی و دمای هوای برداشت شده توسط دستگاه‌ها بسیار نزدیک به یکدیگر می‌باشد و دارای درصد ناچیزی اختلاف است. بر این اساس مشخص می‌شود که ساختمان مدل‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر از نظر وضعیت حرارتی بسیار شبیه ساختمان واقعی می‌باشد. حال با توجه به مشخص شدن اعتبار مدل سایر نتایج به‌دست آمده در طول سال در ادامه ارائه شده است.

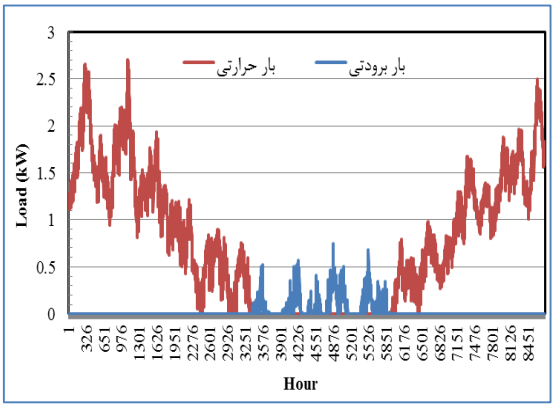
نمودار شماره 3 بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول 8760 ساعت سال را نشان می‌دهد. براساس این نمودار مشخص است که اولاً در این ساختمان و اقلیم روستای لاسجرد نیاز حرارتی ساختمان بیش از نیاز برودتی آن می‌باشد. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که حداکثر بار برودتی مورد نیاز ساختمان 0/7 کیلووات و حداکثر بار حرارتی مورد نیاز حدود 2/7 کیلووات می‌باشد. این بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول سال متغیر بوده ولی سیستم تهویه مطبوع ساختمان باید براساس مقادیر حداکثر انتخاب شود.



ن 1. نمودار برداشت‌های میدانی دما و رطوبت هوای داخل و خارج اتاق (نگارنده).

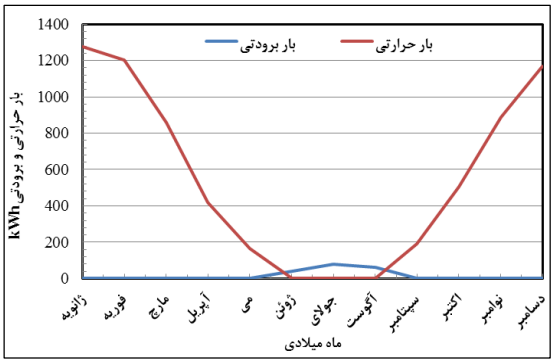


ن 2. مقایسه داده‌های نرم‌افزار با برداشت میدانی.



ن 3. نمودار برداشت‌های میدانی دما و رطوبت هوای داخل و خارج اتاق (نگارنده).

همچنین نمودار شماره 4 میزان بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول 12 ماه سال را نشان می‌دهد. براساس این نمودار مشخص است که در ماه‌های ژانویه و دسامبر که سردترین ماه‌های سال هستند، مصرف انرژی بیشینه بوده و بار حرارتی ساختمان حدود 1300 کیلووات ساعت می‌باشد. این در حالی است که بار برودتی ساختمان با توجه به شرایط اقلیمی روستای لاسجرد و همچنین نوع معماری ساختمان و استفاده از دیوارهای خشتی بسیار کم و بیشینه آن در ماه جولای و حداکثر 80 کیلو وات ساعت می‌باشد.

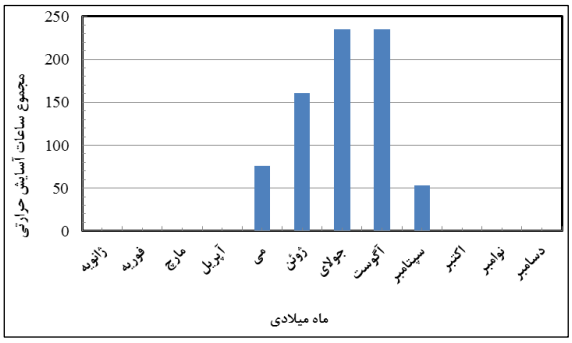


ن 4. نمودار بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول 12 ماه سال.

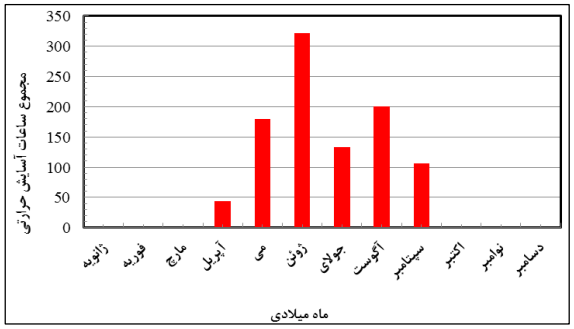
تعیین میزان آسایش حرارتی

نمودارهای شماره 5 و 6 وضعیت شرایط آسایش حرارتی ساکنان ساختمان را براساس مدل آسایشی فنگر و بازه دمای آسایش نشان می‌دهد. بر این اساس با توجه به مدل آسایشی فنگر که در آن همزمان پارامترهای دما، رطوبت، نوع پوشش و ... در نظر گرفته می‌شود، ساعات آسایش حرارتی معادل 760 ساعت در طول سال می‌باشد، در حالی که اگر تنها بازه دمای آسایشی را در نظر بگیریم، ساعات آسایشی معادل 985 ساعت

خواهد شد. همچنین با توجه به این نمودارها مشخص است که بیشترین ساعات آسایشی در طول دوره گرما رخ داده است. برای درک بهتر میزان ساعات آسایشی در ماه‌های مختلف ارائه شده است. براساس این نمودارهای 5 و 6 مشخص است که از دیدگاه مدل آسایشی فنگر که پارامترهای مختلفی را در نظر می‌گیرد، بیشترین ساعات آسایشی در ماه‌های جولای و آگوست به میزان 235 ساعت در ماه اتفاق افتاده است. این نمودارها نشان می‌دهند که بیشترین ساعات آسایشی بدون استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع در ماه‌های معتدل رخ داده است. در نمودار دوم نیز که ساعات آسایشی را تنها براساس بازه دمای آسایشی مطابق استاندارد مبحث 19 نشان می‌دهد، مشخص است که در ماه ژوئن بیشترین ساعات آسایشی به میزان 322 ساعت رخ داده است. نکته حائز اهمیت در این دو نمودار این است که در جایی که دمای هوا در بیشترین ساعات در بازه آسایشی قرار دارد (ماه ژوئن)، به‌دلیل وجود رطوبت نامناسب و تأثیرگذاری مستقیم رطوبت بر آسایش حرارتی، مدل فنگر میزان ساعات آسایش حرارتی را حدود 160 ساعت گزارش می‌کند. این در حالی است که در صورتی که دمای هوا در خارج از محدوده آسایش حرارتی باشد، می‌توان با تنظیم میزان رطوبت محیط شرایط آسایشی را فراهم کرد. به‌همین دلیل در نمودار آسایشی فنگر ماه‌های جولای و آگوست بهترین ماه‌ها از نظر آسایشی هستند. در صورتی‌که این دو روش محاسبه زمان آسایش حرارتی را به‌صورت سالانه مورد بررسی قرار دهیم مشخص می‌شود که در مدل فنگر 760 ساعت و در مدل آسایش حرارتی دمایی 985 ساعت آسایش حرارتی بدون استفاده از تجهیزات تهویه مطبوع خواهیم داشت. این نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های ارائه شده جهت بررسی شرایط آسایشی که پارامترهای مختلف را همزمان در نظر می‌گیرند از دقت بالاتر و توجیه‌پذیری مناسبتری نسبت به مدل دمای آسایشی برخوردار هستند.



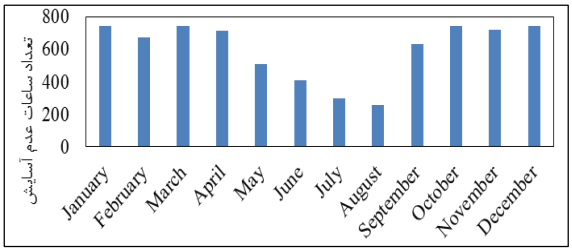
ن 5. میزان ساعات آسایشی در ماه‌های مختلف از دیدگاه مدل آسایشی فنگر.



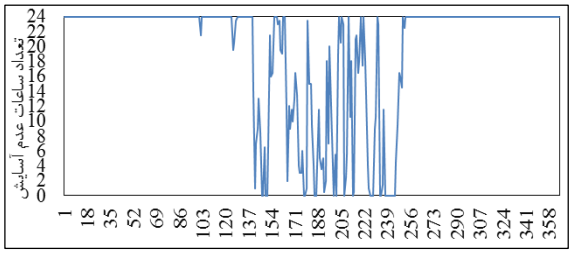
ن 6. میزان ساعات آسایشی تنها براساس بازه دمای آسایش.

بررسی محدوده آسایشی طبق استاندارد اشری

به‌منظور بررسی دقیق‌تر و تأثیر همزمان تمامی پارامترها (دما، رطوبت، باد و تابش) در محدوده آسایشی، بنا بر استاندارد اشری 5، دو نمودار شماره 7 و 8 ارائه شده است. بر این اساس 4 ماه اول و آخر سال دارای عدم آسایش بوده و ماه‌های May, June, July, Agust دارای ساعات آسایشی مناسبتری نسبت به بقیه ماه‌های سال می‌باشند.



ن 7. میزان ساعات آسایشی تنها براساس بازه دمای آسایش.

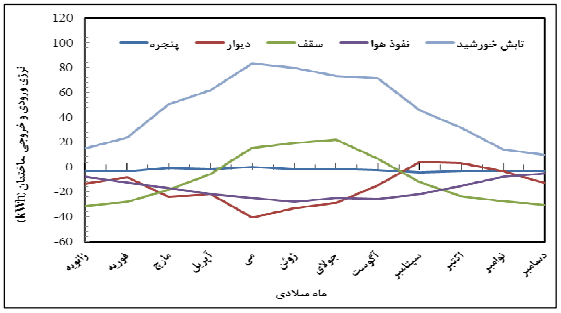


ن 8. نتایج تعداد ساعات عدم آسایش طبق استاندارد اشری برای هر روز.

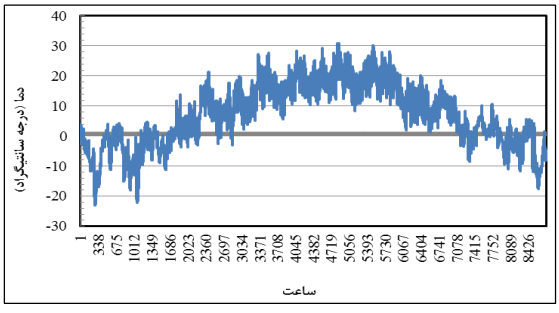
تحلیل عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی

نمودار شماره 9 عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی یا به بیان بهتر موازنه حرارتی ساختمان را نشان می‌دهد. براساس این نمودار مشخص است که از میان پارامترهای تأثیرگذار بر دمای داخل ساختمان، نفوذ هوا همواره به‌عنوان عاملی منفی باعث اتلاف انرژی یا انحراف از شرایط آسایش حرارتی بوده است. در کنار این پارامتر انتقال حرارت از دیواره‌ها نیز همواره به سمت بیرون بوده و باعث کاهش دمای داخل ساختمان شده است. علت این دو پارامتر را می‌توان در نمودار شماره 10 که تغییرات دمای هوای ساعتی روستای لاسجرد را نشان می‌دهد مشخص کرد. این نمودار نشان می‌دهد که در بیشتر ایام سال دمای هوای روستای لاسجرد پایین‌تر از دمای آسایشی بوده است. به‌عبارت بهتر دمای هوای روستای لاسجرد از دمای آسایشی که حدود 22 درجه سانتیگراد می‌باشد انحراف بسیاری داشته به شکلی که در فصول سرد سال این دما تا حدود 20- درجه سانتیگراد کاهش داشته است. همین عامل باعث شده است که در بیشتر ایام سال دمای هوای داخل ساختمان کاهش داشته و با توجه به عدم وجود سیستم تهویه مطبوع، خارج از محدوده آسایشی قرار بگیرد. البته لازم به ذکر است که در کنار این پارامترهای منفی، تابش نور خورشید از پنجره‌های ساختمان همواره باعث افزایش دمای هوای داخل ساختمان و نزدیک شدن به شرایط آسایش حرارتی شده است.

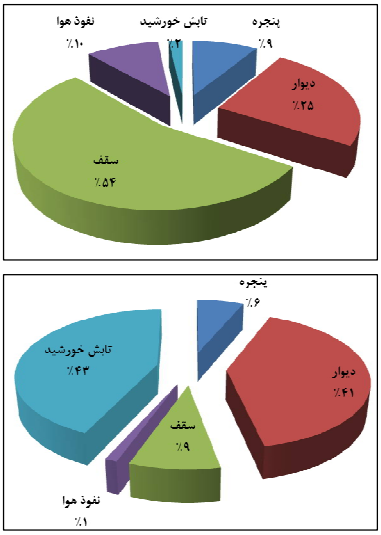
تصویر شماره 5 موازنه حرارتی ساختمان در سردترین و گرمترین ساعات سال را نشان می‌دهند. بر این اساس در سردترین روز سال انتقال حرارت از سقف و دیوار با 54 و 25 درصد بیشترین سهم در اتلاف انرژی ساختمان را بر عهده دارند و در گرم‌ترین روز سال انتقال حرارت از دیوار و تابش خورشید از پنجره با 41و43 درصد بیشترین نقش در اتلاف انرژی را داشته‌اند. با بررسی روزانه این موازنه انرژی در ماه‌های سردوگرم می‌توان پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی را شناسایی کرد.



ن 9. عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی.



ن 10. تغییرات دمای هوای ساعتی شهر لاسجرد.



ت 5. موازنه حرارتی ساختمان در سردترین و گرم‌ترین ساعات سال.

نتیجه

یکی از موارد مهم در طراحی ساختمان تأمین آسایش حرارتی می‌باشد. آسایش حرارتی و کیفیت هوای درون سبب سلامت و رضایت افراد می‌گردد. محققان به‌دنبال راه‌هایی برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها با هزینه و آسیب کمتر برای محیط زیست می‌باشند، لذا در فرایند محیط زیست ارزیابی آسایش حرارتی به‌صورت بومی الزامی است و می‌توان با راهکارهایی به رفع نواقص آن پرداخت و بهترین عملکرد را ارائه داد. با توجه به گستردگی مسئله پایداری و جوانب پیچیده و به هم پیوسته‌ای که این موضوع شامل آن‌ها می‌شود، توجه به یک نکته نیز ضروری می‌نماید و آن در نظر گرفتن پایداری به‌عنوان محصول فرایند معماری است.

در این پژوهش که با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر بر روی یک ساختمان با مصالح خشتی در شهر لاسجرد سمنان صورت گرفت، با توجه به اینکه ابتدا با استفاده از نتایج و اندازه‌گیری‌های تجربی اعتبار مدل، مورد بررسی قرار گرفته بود، نتایج مهمی حاصل شد. بر این اساس مشخص شد که با توجه به تغییرات دمای هوای شهر لاسجرد که از دمای آسایش فاصله زیادی دارد، بدون استفاده از سیستم تهویه مطبوع تنها حدود 760 ساعت یعنی کمتر از 10٪ ایام سال می‌توان شرایط آسایشی را تجربه کرد. به‌همین دلیل با شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش دمای ساختمان و خروج از بازه آسایشی مشخص شد که نفوذ هوا به داخل ساختمان از درز پنجره‌ها، درب‌ها و دیوارها و همچنین انتقال حرارت از دیوارها بیشترین سهم در کاهش دمای داخل ساختمان و انحراف از شرایط آسایشی را دارند. بر این اساس بهتر است که دو راهکار استفاده از درزبندها و کاهش نفوذ هوا به ساختمان و همچنین عایقکاری دیوارها و سقف به‌عنوان راهکارهای عملیاتی جهت استاندارد سازی ساختمان و حرکت به سمت ساعات آسایشی بیشتر، صورت پذیرد. همچنین پنجره‌ها به‌عنوان جدار نورگذر بهترین عملکرد در افزایش دمای ساختمان را داشته‌اند و با توجه به اینکه انتقال حرارت از طریق پنجره‌ها به‌دلیل دوجداره بودن ناچیز می‌باشد، پیشنهاد می‌شود که در این ساختمان از جداره‌های نورگذر بیشتری استفاده شود. یکی از راه‌های افزایش جدار نورگذر در این ساختمان می‌تواند تغییر بخشی از سقف گنبدی ساختمان از مصالح خشتی به شیشه‌های دوجداره باشد.

پی‌نوشت

1. محفظه(یا اتاق‌های) اقلیمی، فضاهای بسته‌ای هستند که برای آزمودن تأثیر شرایط آب و هوایی کنترل شده بر وضعیت بیولوژیکی، محصولات صنعتی، مواد و دستگاه‌های الکترونیکی به‌کار گرفته می‌شوند. هدف این نوع آزمون‌ها در مبحث آسایش حرارتی، تعیین

مدل‌های حالت پایدار است. در این روش، افراد را ابتدا در شرایط خاص و کنترل شده قرار داده و سپس مورد سؤال قرار می‌دهند. اما در مطالعات میدانی که دومین روش است، افراد در دنیای واقعی و بدون تغییر شرایط محیطی، مورد سؤال واقع می‌شوند.

2. نسبت بالای مقاومت و سختی به وزن مواد FRP، آن‌ها را برای مصارف سازه‌ای ایده‌آل ساخته است. مزیت این مواد برای مقاوم‌سازی لرزه‌ای به این علت است که به ازای اضافه شدن مقدار ناچیزی جرم، مقاومت و سختی سازه به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. لذا پوشش کامل دیوارهای بناهای خشتی و گلی توسط FRP ، قرار دادن نوارهای FRP در طول محیط بازشوهای پنجره‌ها و همچنین متناوباً به شکل عمودی در طول دیوارها، روشی است که می‌تواند سودمند باشد. هدف از این نوع مقاوم‌سازی این است که نوارها از تمرکز تنش در گوشه‌های پنجره که باعث تولید ترک می‌باشد جلوگیری کند و همچنین رفتار دیوار را از یک المان میان دو تکیه‌گاه جانبی به چند المان میان تکیه‌گاهی قائم تغییر می‌دهد. [2004 ،M.Elgavadi]

3. Design Builder
4. Energy Plus
5. ASHERA
6. PMV: Predicted Mean Vote
7 . Data Logger

8. نرم‌افزار دیزاین بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی همه جنبه‌های ساختمان را دارد. به غیر از مدل‌سازی بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، لوازم خانگی، آب گرم مصرفی و ... را به‌صورت دینامیک مدل‌سازی می‌نماید و همچنین قابلیت مدلسازی تهویه طبیعی و مکانیکی، محاسبه آسایش حرارتی در فضاهای داخلی ساختمان، میزان اتلاف و دریافت انرژی از عناصر مختلف ساختمانی را نیز دارد. موتور محاسباتی مدل‌سازی این نرم‌افزار، انرژی پلاس است که توسط دپارتمان انرژی آمریکا ساخته شده و از دقیق‌ترین نرم‌افزارهای موجود می‌باشد.

فهرست منابع

- آیوازیان، سیمون. (1390)، بهره‌گیری از روش‌های معماری سنتی در صرفه‌جویی انرژی، نشریه هنرهای زیبا، ص4.
- حیدری، شاهین. (1393)، سازگاری حرارتی در معماری. نخستین گام در صرفه‌جویی مصرف انرژی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- دلجوان فرشی، نگار و نصراللهی، نازنین و خداکرمی، جمال و سرکرده، فاطمه. (1392)، بررسی تأثیر میزان حرکت هوا در تهویه طبیعی بر آسایش حرارتی در اقلیم‌های مختلف. اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی. ص2.
- دی کی، مارک و براون، جی زد. (1386)، طراحی اقلیمی، استراتژی‌های طراحی اقلیمی در معماری، ترجمه سعید آقائی، ص 9.
- زارع مهذبیه، آیدا؛ شاهچراغی، آزاده؛ حیدری، شاهین. (1395)، بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی نمونه‌های موردی دو خانهٔ قجری در شیراز. فصلنامه معماری ایرانی شماره (9): ص 85.
- زمردیان ، زهراسادات و تحصیلدوست، محمد. (1394)، اعتبارسنجی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه‌ای. نشریه انرژی ایران ، دوره 18، شماره 4، ص 126.
- قیابکلو، زهرا. (1380)، روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی. نشریه علمی پژوهشی هنرهای زیبا (10): 73.
- کسمایی، مرتضی. (1363)، اقلیم و معماری، تهران، چاپ شرکت خانه‌سازان ایران.
- گرجی مهلبانی، یوسف. (1389)، معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست. نشریه علمی- پژوهشی انجمن علمی معمار ی و شهرسازی ایران. شماره (1): ص93.
- گلکار، کوروش. (1379)، طراحی شهری پایدار در شهرهای حاشیه کویر. نشریه هنرهای زیبا. شماره (8): 44.
- معماریان، غلامحسین. (1385)، آشنایی با معماری مسکونی ایرانی؛ گونه‌شناسی درونگرا، تهران، سروش دانش.
- واتسون، دونالدو کنت لیز. (1390)، طراحی اقلیمی، ترجمه دکتر وحید قبادیان، ص44.
-Al horr,Y, Arif, M Katafygiotou, M Mazroei, A Kaushik and A Elsarrage. 2016. Impact of Indoor Environmental Quality on Occupant Well-being and Comfort: A review of the literature.

International Journal of Sustainable Built Environment. 5 (1):1-11
-ASHRAE Standard 55-66. 1966. Thermal Comfort Conditions. New York: America Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Benzinger, T.H. 1979. The physiological basis for thermal comfort. Indoor Climate. Copenhagen: Danish Building Research Institute.
- Blondet, M., Villa G., G., Brzev, S. (2003). Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial . EERI/IAEE World.
- Matzarakis, A. 2001. Die thermische Komponente des Stadtklimas. Wiss. Ber. Meteorologisches Institut der Universität Freiburg No. 6.
- M.Elgavadi,P.Lestuzzi,M.Badoux,a review of conventional seismic retrofitting techniques for URM, 13 International Brick and Block Masonry Conference Amsterdam, July 4-7, (2004).
- Meli, R., Hernández, O. y Padilla, M. (1980). Resfuerzo de Vivienda de Adobe en Zonas Sismicas. Ciencia interamericana, vol.21, n°1-4, p13-18.
- Minke, G. (2006). Building with Earth Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser - Publishers for Architecture, Berlin. 198 p.
- Nicol, J.F. 1993. Thermal Comfort-A Handbook for Field Studies toward an Adaptive Model. London: University of east London.
- Olgay, V. 1963. Design with Climate. New Jersey: Princeton University Press.
- Rogers, Richard (2005), Action for Sustainability, JA (Japanese Architecture), No. 60, p.129.
- Taleghani, M, M Tenpierik. S Kurvers and A Dobbelsteen. 2013. A review into thermal comfort in
https://fa.wikipedia.org
https://googleearth.com
https://IranCivilCenter.com
- https://doi.org/10.22034/37.163.47