

## بررسی محدوده آسایش حرارتی خانه خشتی روستای لاسجرد استان سمنان

سارا دشتی زاده \*، سید امیرحسین گرکانی \*\*

1396/05/17

تاریخ دریافت مقاله:

1396/07/30

تاریخ پذیرش مقاله:

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 از عوامل 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 سال 1391 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 بروذتی 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 کارشناسی ارشد 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 کارشناسی ارشد 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 به منظور 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 (گرگی 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 پره‌های 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 ملموس ترین عوامل کیفیت محیطی داخلی محسوب می شود. ساکنان برای ارتقای قابلیت های خود، نیازمند داشتن آسایش حرارتی در محیط های داخلی هستند. (Al, horr, et al, 2016) توجه به مسائل آسایش حرارتی در ساختمان به پس از انقلاب صنعتی باز می گردد. پیش از انقلاب صنعتی، به علت عدم وجود تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، احساس سرما و گرما از طریق جابجایی مکان زندگی، تغییر پوشش و لباس و خوردن غذاهای مناسب، مرتفع می شد (حیدری 1393، 7).

بررسی توالی زمانی در مطالعات آسایش حرارتی نشان می دهد که این مسئله در دو مبحث متفاوت دنبال شده است: آزمون محفظه آب و هوایی<sup>1</sup> (مطالعات آزمایشگاهی) و مطالعات میدانی (Taleghani, et al, 2013, 201). در سال 1920، مطالعات پایه ای در امریکا صورت گرفت (Olgy, 1963). این مطالعات به منظور یافتن محدوده آسایش حرارتی تحت تأثیر دمای هوا و رطوبت بود. در سال 1930 مهندسان دریافتند که برای ساخت تجهیزات دقیق تر و طراحی حساب شده تر، 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 1963 توسط ویکتور الگی انجام پذیرفت. (Benzinger, 1979)

در سال 1972 پرفسور اولی فنر به تعریف محدوده آسایش در کتاب کلاسیک خود پرداخت. از دید او محدوده آسایش، محدوده ای وسیع تر 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 شاخص های حرارتی اگرچه کانون های توجه متفاوتی دارند، ترکیب مناسبی از دو پارامتر بسیار مهم آب و هوا و ویژگی های روان شناسی را در اختیار می گذارند. (Matzarakis, 2001) در پژوهش های پیشین که به بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه های سنتی پرداخته اند، نمونه های موردی دو خانه قجری در شیراز بوده، با این هدف که اگر نشانی از توجه به آسایش حرارتی در این مکان ها وجود داشته است، عوامل آن چیست و چگونه می توان این عوامل را در طراحی خانه های امروزی احیا کرد و با صرف کمترین انرژی به حدود آسایش در فصول گرم و سرد رسید. نتایج مطالعات نشان می دهند که اتاق های این خانه ها به لحاظ 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 مهدیه، 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، می تواند راهکارهای ارزنده ای 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 به سزایی میکند. بررسی عملکرد حرارتی در

فصول مختلف و اینکه چه اندازه پاسخگویی 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 به منظور 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<sup>2</sup> 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 مؤثری دارد.

**باد جنوب (راجی):** بادی است گرم چرا که از میان کویر به سمت نواحی بالا دست 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. به دلیل وزش گرد باد، در وجوه شرقی و غربی ساختمان پنجره‌هایی از جنس چوب راش و شیشه‌های دو جداره ساخته شده است به طوری که نسبت سطح پنجره‌ها به دیوارهای شرقی و غربی ساختمان 0/215 می‌باشد و در جهت شمال و جنوب پنجره‌ای تعبیه نشده است.

## روش تحقیق

به منظور 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<sup>3</sup> با موتور انرژی پلاس<sup>4</sup> 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 و آندود 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، نرم‌افزارهایی



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).

چون *meteonorm* با استفاده از ایستگاه هواشناسی شهر و نیز نرم افزار *elements* با توجه به نمودار سایکرومتریک کمک شایانی به ساخت فایل های اقلیمی شهر مورد نظر نموده اند. جهت بررسی، شرایط پوسته خارجی ساختمان در مبحث 19 مقررات ملی ساختمان، استانداردها و ضرایب انتقال حرارت جداره های 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 شبیه سازی نرم افزار با شرایط واقعی باید در محدوده مجاز استانداردها ( $\pm 15$ ) درصد باشد (زمردیان، 1394).

متغیرهای محیطی در روز یاد شده توسط نرم افزار، محاسبه و نتایج حاصل با داده های میدانی مقایسه شد که تا حدود زیادی مشابه بودند و به این ترتیب صحت خروجی نرم افزار تأیید شد. سپس با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر عملکرد حرارتی در طول سال پیش بینی شد و نتایج بدست آمده با استفاده از همین نرم افزار، رفتار حرارتی فضای مورد نظر در طول سال به روش فنگر محاسبه شد و با استاندارد اشری<sup>5</sup> مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و بعد از آن نتایج حاصل از عملکرد حرارتی سالانه فضای انتخابی با ویژگی های معماری آن مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته است. یکی از دقیق ترین روش های تخمین محدوده آسایش شاخصه متوسط نظریات (PMV)<sup>6</sup> 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 می شوند و اعداد بین 1+ و 1- در محدوده آسایش قرار می گیرند (قیابکلو 1380، 73). با استفاده از شبیه سازی فضاها در نرم افزار دیزاین بیلدر، شاخص

PMV در طول سال برای فضای انتخابی محاسبه شده است. مدل PMV در میان مدل های آسایش شناخته شده، برتر می باشد. این مدل با استفاده از اصول تعادل گرمایی و داده های 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 به صورت پویایی با محیط شان در تعامل هستند. ساکنان، محیط را بوسیله لباس، پنجره های قابل استفاده، پنکه ها، بخاری های شخصی و پرده ها کنترل می کنند. مدل تطبیقی به طور کلی فقط برای ساختمان هایی می تواند مورد استفاده قرار گیرد که سیستم مکانیکی ندارند. اتفاق نظری بر سر این موضوع وجود ندارد که کدام مدل آسایشی باید برای ساختمان هایی که تا قسمتی دارای تهویه موقتی و یا مکانی هستند، به کار رود ([wikipedia.org](http://wikipedia.org)).

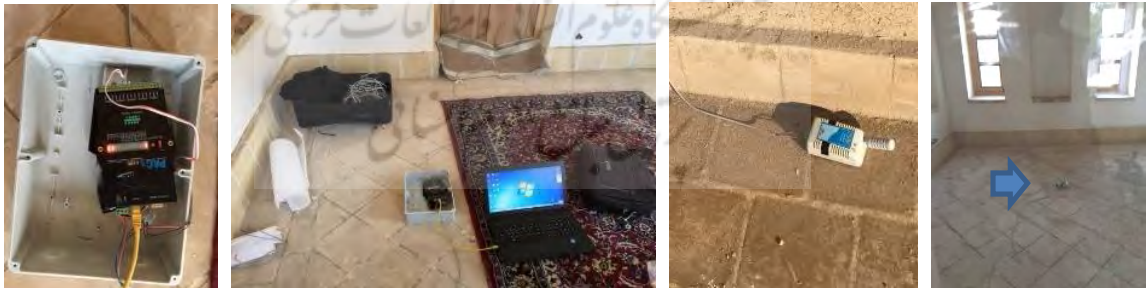
همان طور که عنوان شد مشخصه های آب و هوایی (دما و رطوبت) هر یک از این فضاها در اولین روز اسفند سال 1395، اندازه گیری شد. متغیرهای بررسی شده به صورت میدانی شامل دمای هوا و رطوبت داخل اتاق و خارج بنا هستند. به منظور افزایش دقت در برداشت داده ها، از دستگاه های دیجیتالی دیتا لاگر<sup>7</sup> استفاده شد. دستگاه 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 به عنوان 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 به طور دقیق اندازه گیری و ثبت گردید. مانیتورینگ و ثبت اطلاعات دریافتی از محیط با

دستگاه متصل شده و سنسور دیگر بیرون خانه قرار داده شده است تا هم دما و رطوبت داخل و خارج به طور دقیق اندازه گیری شود. از طرف دیگر دستگاه با کابلی جداگانه به لب تاپ متصل و اطلاعات توسط نرم افزار مورد نظر ثبت می گردد. 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، فضاها، همجوار، موقعیت اتاقها در خانه و نسبت به حیاط، جهت جغرافیایی و همچنین مصالح جدارهها برداشت شدند. این مشخصات در شبیه سازی کامپیوتری و تحلیل های نهایی مورد استفاده قرار گرفته اند.

### شبیه سازی بنا با نرم افزار دیزاین بیلدر<sup>8</sup>

نمایی از ساختمان مدلسازی شده در نرم افزار 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).

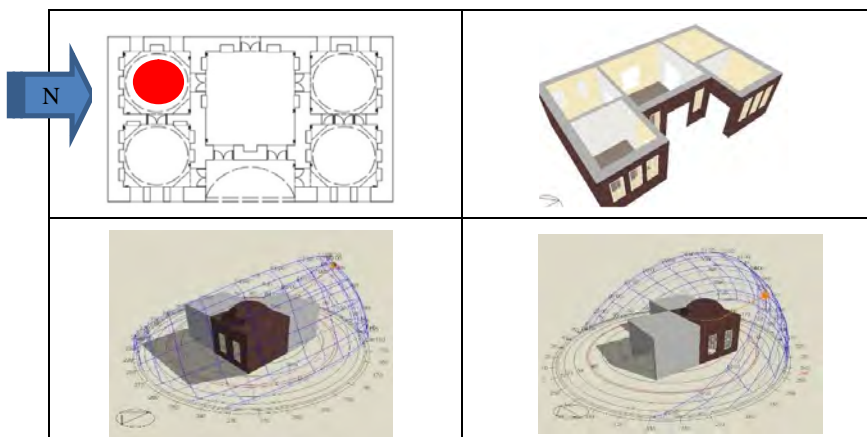
اتصال دستگاه توسط کابل Lan به کامپیوتر و بوسیله نرم افزار Src2.20.2 صورت می گیرد. این دستگاه از محصولات شرکت پیشران صنعت ویرا می باشد. از این مدل دستگاه دیتالاگر در مکان های حساسی مثل پتروشیمی ها، فرودگاه ها، بانک ها و حتی سازمان های اتمی نیز استفاده می شود لذا دارای گواهینامه استاندارد بوده و تمامی برداشتها با دقت تمام و با همراهی کارشناس مجرب انجام پذیرفته است. برای جلوگیری از خطاهای برداشت، اقدامات زیر پیشنهاد می شود: 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 استوانه ای که به سنسور متصل می باشد را روی سطح زمین یا روی دیوارهای محل مورد اندازه گیری 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 هیچ گونه وسیله ای اعم از فرش و ... در آن موجود نمی باشد. 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

### برداشت های میدانی توسط دستگاه دیتالاگر

19 بعد از ظهر، به فاصله زمانی هر 15 دقیقه یک بار، توسط دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت اندازه گیری شده اند. در بخش روش تحقیق توضیحات کامل آورده شده است.

متغیرهای محیطی شامل دمای هوا و رطوبت در یک روز سرد زمستانی در تاریخ 95/12/01 از ساعت 11 صبح تا



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

#### یافته‌های تحقیق

54

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.

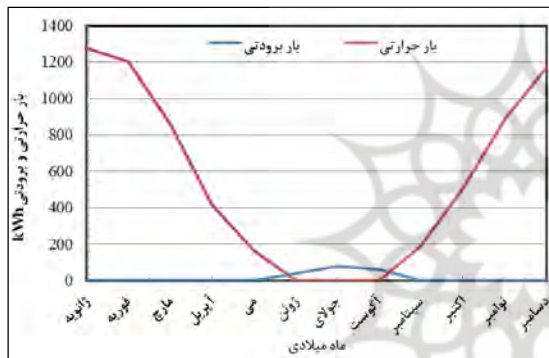
نمودار شماره 3 بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول 8760 ساعت سال را نشان می‌دهد. براساس این نمودار مشخص است که اولاً در این ساختمان و اقلیم روستای لاسجرد نیاز حرارتی ساختمان بیش از نیاز برودتی آن می‌باشد. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که حداکثر بار برودتی مورد نیاز ساختمان 0/7 کیلووات و حداکثر بار حرارتی 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.

نمودار شماره 1، اطلاعات برداشت شده توسط دستگاه دیتالاگر را نشان می‌دهد که پس از انتقال به نرم‌افزار اکسل، نمودارهای مربوط به هر کدام 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 اندازه‌گیری 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



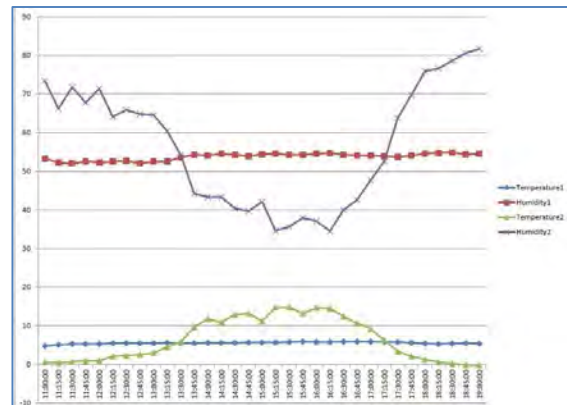
همچنین نمودار شماره 4 میزان بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول 12 ماه سال را نشان می‌دهد. براساس این نمودار مشخص است که در ماه‌های ژانویه و دسامبر که سردترین ماه‌های سال هستند، مصرف انرژی بیشینه بوده و بار حرارتی ساختمان حدود 1300 کیلووات ساعت می‌باشد. این در حالی است که بار برودتی ساختمان با توجه به 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 کیلووات ساعت می‌باشد.



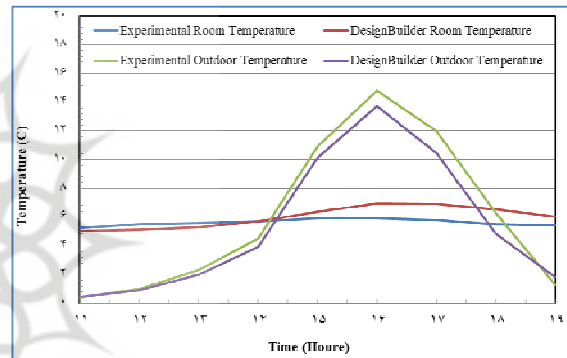
ن 4. نمودار بار حرارتی و برودتی ساختمان در طول 12 ماه سال.

### تعیین میزان آسایش حرارتی

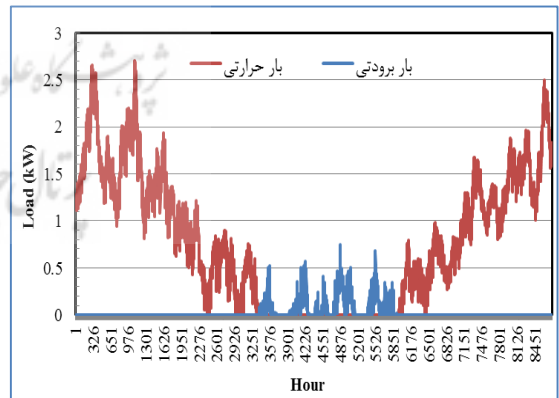
نمودارهای شماره 5 و 6 وضعیت شرایط آسایش حرارتی ساکنان ساختمان را براساس مدل آسایشی فنگر و بازه دمای آسایش نشان می‌دهد. بر این اساس با توجه به مدل آسایشی فنگر که در آن همزمان پارامترهای دما، رطوبت، نوع پوشش و ... در نظر گرفته می‌شود، ساعات آسایش حرارتی معادل 760 ساعت در طول سال می‌باشد، در حالی که اگر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



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

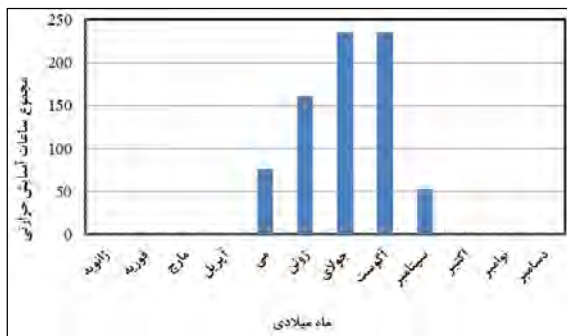


ن 2. مقایسه داده‌های نرم‌افزار با برداشت میدانی.

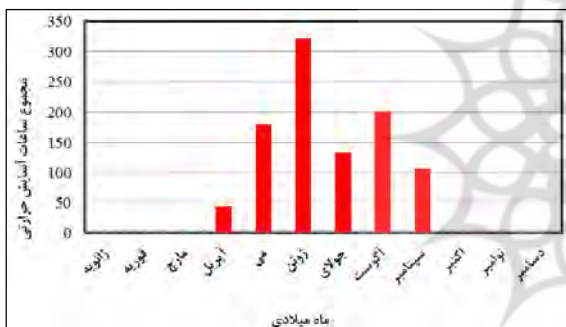


ن 3. نمودار برداشت‌های میدانی دما و رطوبت هوای داخل و خارج اتاق (نگارنده).

مدل‌های ارائه شده جهت بررسی شرایط آسایشی که پارامترهای مختلف را همزمان در نظر می‌گیرند از دقت بالاتر و توجه‌پذیری مناسبتری نسبت به مدل دمای آسایشی برخوردار هستند.



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



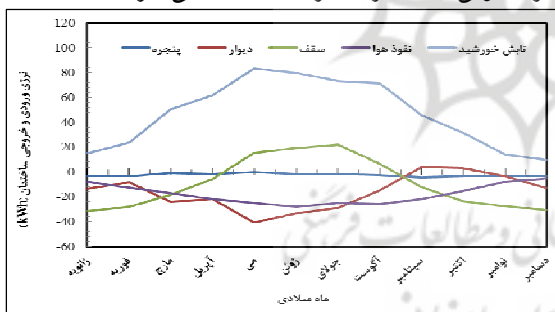
ن 6. میزان ساعات آسایشی تنها براساس بازه دمای آسایش.

بررسی محدوده آسایشی طبق استاندارد اشری به منظور 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, August دارای ساعات آسایشی مناسبتری نسبت به بقیه ماه‌های سال می‌باشند.

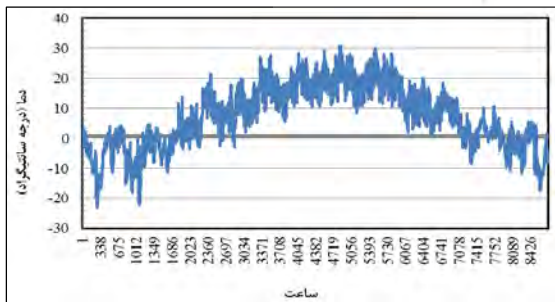
خواهد شد. همچنین با توجه به این نمودارها مشخص است که بیشترین ساعات آسایشی در طول دوره گرما رخ داده است. برای درک بهتر میزان ساعات آسایشی در ماه‌های مختلف ارائه شده است. براساس این نمودارهای 5 و 6 مشخص است که از دیدگاه مدل آسایشی فنگر که پارامترهای مختلفی را در نظر می‌گیرد، بیشترین ساعات آسایشی در ماه‌های جولای و اگوست 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 میحث 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)، به دلیل 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. به همین دلیل در نمودار آسایشی فنگر ماه‌های جولای و اگوست بهترین ماه‌ها از نظر آسایشی هستند. در صورتی که این دو روش محاسبه زمان آسایش حرارتی را به صورت 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

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.

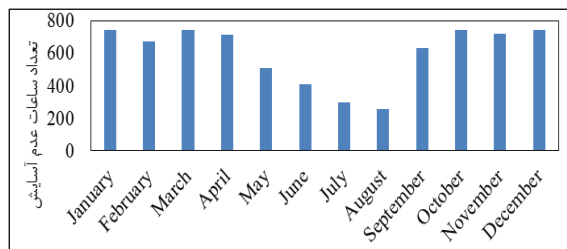
تصویر شماره 5 موازنه حرارتی ساختمان در سردترین و گرمترین ساعات سال را نشان می‌دهند. بر این اساس در سردترین روز سال انتقال حرارت از سقف و دیوار با 54 و 25 درصد بیشترین سهم در اتلاف انرژی ساختمان را بر عهده دارند و در گرم‌ترین روز سال انتقال حرارت از دیوار و تابش خورشید از پنجره با 43 و 41 درصد بیشترین نقش در اتلاف انرژی را داشته‌اند. با بررسی روزانه این موازنه انرژی در ماه‌های سردگرم می‌توان پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی را شناسایی کرد.



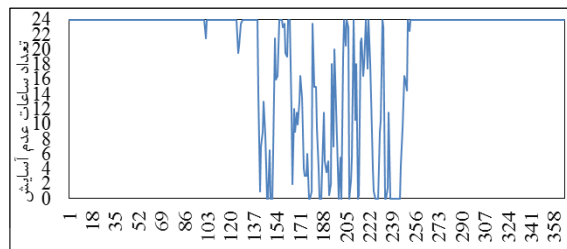
ن 9. عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی.



ن 10. تغییرات دمای هوای ساعتی شهر لاسجرد.



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



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

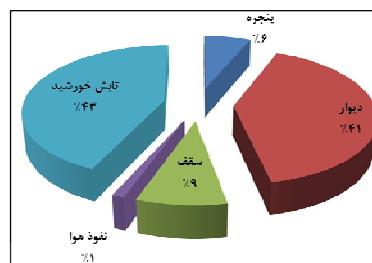
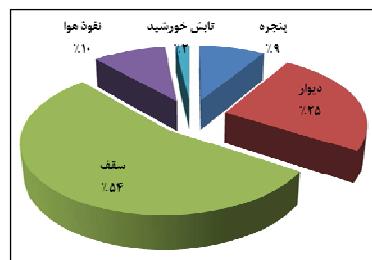
### تحلیل عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی

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

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. به همین 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 به دلیل 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



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 به دنبال راه‌هایی برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها با هزینه و آسیب کمتر برای محیط زیست می‌باشند، لذا در فرایند محیط زیست ارزیابی آسایش حرارتی به صورت 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

- حیدری، شاهین. (1393). سازگاری حرارتی در معماری. نخستین گام در صرفه‌جویی مصرف انرژی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

- دلجوان فرشی، نگار و نصراللهی، نازنین و خداکریمی، 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. ص 2. - 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 خانه قجر 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 معماری و شهرسازی ایران. شماره (1): ص 93.

- گلکار، کوروش. (1379)، طراحی شهری پایدار در شهرهای حاشیه کویر. نشریه هنرهای زیبا. شماره (8): 44.

- معاریان، غلامحسین. (1385)، آشنایی با معماری مسکونی ایرانی؛ گونه‌شناسی درونگرا، تهران، سروش دانش.

- واتسون، دونالدو کنت لیز. (1390)، طراحی اقلیمی، ترجمه دکتر وحید قبادیان، ص 44.

-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.

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 به صورت 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

- آیوزیان، سیمون. (1390)، بهره‌گیری از روش‌های معماری سنتی در صرفه‌جویی انرژی، نشریه هنرهای زیبا، ص 4.

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.El gavadi, 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). Refuerzo de Vivienda de Adobe en Zonas Sísmicas. 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>