نشریه معماری اقلیم گرم و خشک
سال هفتم، شماره دهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸

بررسی اثر خوون‌چینی بر انتقال حرارت از نمای جنوبی در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان

علی دهار[۱]، منصوره طاهباز[۲]*، محسن تابان[۳]

۱- گروه معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران/ گروه معماری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- گروه معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران/ گروه معماری، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲، تاریخ پذیرش نهائی: ۱۳۹۸/۱۱/۲۹)

چکیده

خوون‌چینی، نوعی آجرکاری تزئینی برجسته است که با استفاده از قطعات آجر با ضخامت یکسان و اندازه‌های مختلف بر سطح نمای ساختمان اجرا می‌شود. این نوع تزئین‌های آجری در معماری ابنیه تاریخی استان خوزستان و به‌ویژه در بافت قدیم دزفول، در سردر ورودی‌ها و بخش‌هایی از بدنه‌های حیاط داخلی خانه‌های تاریخی به کار رفته‌اند. سایه ایجاد شده متاثر از برجستگی و فرورفتگی آجرها، به ویژه در تابستان، سطح قابل ملاحظه‌ای از نما را می‌پوشاند. در کنار کارکرد زیباشناختی این نقوش، سایه ایجاد شده بر پوسته خارجی بنا می‌تواند در انتقال حرارت از این سطح به سطح داخلی تاثیرگذار باشد. هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان تاثیر سایه خوون‌چینی بر انتقال حرارت در جداره خارجی است. جهت انجام این تحقیق از روش تجربی و مدل‌سازی در محیط واقعی استفاده شده است. از میان تعداد بسیار نقوش خوون‌چینی در بافت تاریخی دزفول، یک نقش با سایه اندازی زیاد انتخاب شد. دو اتاقک با ابعاد و جزییات یکسان که وجه جنوبی آنها دیوار آجری، یکی دارای نقش خوون‌چینی و دیگری دارای همان نقش بدون برجستگی است در شهر آبادان با اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک ساخته شدند. با توجه به فراهم بودن شرایط ساخت و انجام آزمایش در آبادان و شباهت اقلیمی با دزفول، این محدوده جهت مدل‌سازی انتخاب شد. متغیرهای دما و رطوبت نسبی محیط، دما و رطوبت نسبی درون اتاقک‌ها و دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (جبهه رو به جنوب) اتاقک‌ها، در شش دوره اندازه‌گیری، در طول تابستان ۱۳۹۸ ثبت شدند. نتایج نشان دادند که درگرم‌ترین ساعت‌های شبانه روز، دمای متوسط سطح داخلی دیوار جنوبی و دمای داخلی اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک بدون تزیینات، به طور میانگین و به ترتیب ۱ و ۰/۸ درجه سلسیوس کاهش یافتند. این تفاوت دما نمایانگر اثر خوون‌چینی بر کاهش انتقال حرارت از نمای جنوبی در تابستان، در اقلیم مورد مطالعه است.

کلیدواژه‌ها: خوون‌چینی، انتقال حرارت، نمای جنوبی، اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک، خوزستان

*- نویسنده مسئول: Email: m58tahbaz@yahoo.com

پرسش‌های پژوهش

پرسش‌های پژوهش عبارتند از:

۱-آیا در کاربرد خوون‌چینی در ابنیه سنتی، علاوه برجنبه تزیینی، کارکرد اقلیمی آن نیز مورد توجه بوده است؟

۲-تاثیر خوون‌چینی بر انتقال حرارت از پوسته ساختمان چه میزان است؟

۱- مقدمه

معماری سنتی شهرهای ایران، با پشتوانه چندین قرن تجربه دربرگیرنده نکته‌های ارزشمندی است. راه‌کارهای معمارانه استفاده شده در آن، حاصل تلاش در جهت پاسخ‌گویی به مجموعه‌ی شرایط و نیازهایی بودند که در هر مکان نسبت به مکان دیگر تفاوت‌هایی داشتند. این روش‌ها به مرور زمان در بستری خلاقانه رشد نمودند و معماری بومی خاص هر منطقه را ساختند. «معماری بومی که در گذر زمان تکامل یافته است، منعکس کننده زمینه‌های محیطی، فرهنگی، فن‌آوری و تاریخیِ محلی است که در آن ساخته شده» (Nguyen et al., 2019). شکلی از معماری که در تلاشی مداوم، برای ایجاد آسایش بصری، محیطی و عملکردی برای استفاده‌کنندگان است. از جمله عوامل موثر بر معماری، اقلیم است. مطالعه معماری بومی از آن جهت که روش‌های تجربی پیشینیان را در برخورد با شرایط اقلیمی می‌نمایاند، دارای اهمیت است. «ریخت‌شناسی بسیاری از اجزای معماری ایران تابعی از عملکرد آنها در دست‌یابی به شرایط آسایش است» (برزگر زهرا، حیدری شاهین، ۱۳۹۶). «تنوع و سختی وضعیت اقلیمی در مناطق مختلف ایران، لزوم شناخت و استفاده از راه‌کارهای معماری بومی را که با کمترین مصرف انرژی پاسخ‌گوی نیاز به آسایش حرارتی هستند، روشن می‌سازد. بر این اساس، مطالعه شگردهای به کار رفته در معماری بومی می‌تواند راه‌گشای طراحی معاصر باشد» (مسعودی‌نژاد مصطفی، طاهباز منصوره و مفیدی شمیرانی سیدمجید، ۱۳۹۷). یکی از روش‌های کنترل شرایط حرارتی در ساختمان‌های سنتی تامین سایه و کنترل تابش به شیوه‌های گوناگون است. پژوهش‌های اخیر نشان داده که کنترل تابش و سایه اندازی در بنا می تواند بین ۵ تا ۱۵ درصد مصرف انرژی سرمایشی در بنا را کاهش دهد (Minangi & Alibaba, 2019). تفکر اقلیمی در اجزای مختلف معماری بومی و از آن جمله تزئین‌ها قابل مشاهده است. پنجره‌های مشبک چوبی همراه با شیشه‌های رنگی در معماری بومی مناطق گرم و خشک ایران علاوه بر زیبایی میزان تابش وارد شده به ساختمان را کنترل می‌کردند. مطالعه ارسی‌های سنتی بیان‌گر تاثیر استفاده از شیشه‌های رنگی در کنترل انرژی تابشی ورودی به فضای داخل ساختمان است (حق‌شناس محمد، بمانیان محمدرضا و قیابکلو زهرا، ۱۳۹۵). مشبک‌ها از دو منظر قابل بررسی هستند، یکی از جهت فیزیولوژیکی که با ایجاد سایه، مانع تابش شده و شرایط حرارتی مناسبی ایجاد می‌کنند و دیگری از جهت روانشناختی که با جلوگیری از ایجاد خیرگی امکان دید به درون حیاط و فضای طبیعی داخل ساختمان را ایجاد کرده و سبب بی‌انتها نمایاندن فضا

می‌گردد (Ruggiero et al., 2009). نمونه دیگری از تزئین که در معماری بومی شهرهای خوزستان و به‌ویژه در بافت قدیم دزفول، به فراوانی وجود داشت «خوون‌چینی» است. این شیوه نوعی گره‌چینی برجسته آجری است که طرح‌های متنوعی دارد و بر سطح نمای ساختمان سایه تولید می‌کند. نقش‌های هندسی برجسته به همراه سایه تولید شده زیبایی بی‌بدیلی به ساختمان می‌بخشند. در پژوهشی انواع نقش‌های خوون‌چینی به کار رفته در بناهای بافت تاریخی دزفول، با توجه به ابعاد و تناسبات اجزای آجری به‌کار رفته در آنها، معرفی شد (زرگرزاده دزفولی و همکاران، ۱۳۹۵). برخی پژوهش‌ها نشان دادند که، سایه تولید شده توسط خوون‌چینی به ویژه در فصل تابستان سطح قابل ملاحظه‌ای از نما را می‌پوشاند (تابان و همکاران، ۱۳۹۱). در پژوهش‌های صورت گرفته بر نقش‌های خوون‌چینی و میزان سایه ایجاد شده توسط آنها تاکید شده ولی سنجش تاثیر آنها بر انتقال حرارت از نما و شرایط حرارت داخل ساختمان مورد مطالعه قرار نگرفته است. توجه به اثر سایه‌اندازی نقش‌ها، منجر به طرح این فرضیه شد که نقش‌های خوون‌چینی بر کاهش انتقال حرارت از نما در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان، موثر هستند. هدف از انجام این پژوهش آزمودن فرضیه و اندازه‌گیری تاثیر حاصل از خوون‌چینی بر انتقال حرارت از پوسته ساختمان است. به این منظور دو اتاقک با ابعاد و جزئیات یکسان که وجه جنوبی آنها دیوار آجری است ساخته شدند. یک نمونه از نقش‌های خوون‌چینی در بناهای مسکونی بافت تاریخی دزفول انتخاب و بر دیواره جنوبی اتاقک‌های آزمون، در یک اتاقک به شکل برجسته و در اتاقک دیگر بدون برجستگی، اجرا شد. به علت محدودیت‌ها در ساخت اتاقک‌ها و نگهداری و انجام آزمایش‌های دوره‌ای، شهر آبادان به علت مشابهت اقلیمی با دزفول به عنوان محل مدل‌سازی و انجام مطالعات تجربی انتخاب شد. متغیرهای دما و رطوبت نسبی محیط، دما و رطوبت نسبی درون اتاقک‌ها و دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه رو به جنوب) اتاقک‌ها، در شش دوره اندازه‌گیری، در طول تابستان ۱۳۹۸ ثبت شدند. با مقایسه داده‌های به دست آمده از اتاقک دارای خوون‌چینی برجسته با داده‌های حاصل از اتاقک دیگر میزان تغییر در انتقال حرارت از نما در شرایط اقلیمی بسیار گرم و نیمه خشک تابستان مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. در این مقاله ابتدا خوون‌چینی، ساختار و شیوه اجرای آن معرفی شده است، سپس روش انجام پژوهش و گردآوری داده‌ها به تفصیل شرح داده شده‌اند و در انتها با بررسی یافته‌های پژوهش به نتیجه‌گیری پرداخته شده است.

۲-پیشینه تحقیق

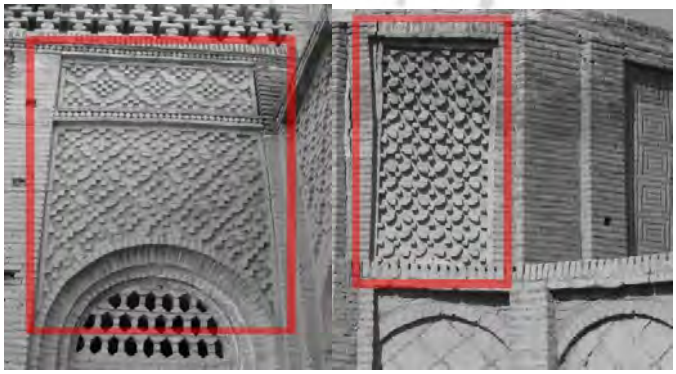
زمرشیدی و صادقی حبیب‌آباد (۱۳۹۷) هدف از پژوهش خود را بیان چگونگی روند تولید آجر و انواع آن و نیز بررسی تزئینات آجری در معماری اسلامی ایران بیان کردند. نتیجه پژوهش به شکل مجموعه‌ای واحد در زمینه شناخت هنر آجرکاری، انواع آن در روش اجرا و هنرهای وابسته به آن تدوین شده است. شکفته، احمدی و عودباشی (۱۳۹۴) تزئینات آجرکاری عهد سلجوقی را با

هدف معرفی تزئینات، شناسایی انواع چیدمان‌ها و چگونگی تداوم آن در دوران بعدی (خوارزمشاهی و ایلخانی) مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه پژوهش نشان داد که ابداعات تزئینات آجرکاری عهد سلجوقی موجب شکل‌گیری روش‌های متفاوت آجرکاری و تزئینات در دوره‌های بعد از آن شد. نعیما (۱۳۷۶) با مطالعه معماری آجری بافت قدیم دزفول به معرفی خوون‌چینی، ساختار و اجزای تشکیل دهنده و روش اجرای آن پرداخت. همچنین نمونه‌های متنوعی از آثار خوون‌چینی دزفول را ارائه نمود. تابان و همکاران (۱۳۹۱) کوشیدند تا با شناخت نحوه شکل‌گیری الگوهای خوون‌چینی‌های بافت قدیم دزفول، نقش این الگوها در تعدیل شرایط اقلیمی را از طریق بررسی میزان سایه‌اندازی آنها بر روی جداره‌ها مورد ارزیابی قرار دهند. در دیوارهای با خوون‌چینی میزان سایه تا ۴.۵ برابر بیشتر از دیگر سطوح بدون خوون‌چینی است که این امر موید توجه به نقش اقلیمی این الگوها در کنار نقش زیباشناختی آنها است. زرگرزاده دزفولی و همکاران (۱۳۹۵) هدف از تحقیق خود را، مستندسازی و معرفی گونه‌های نقش‌های آجری بافت دزفول با توجه به گستردگی کاربرد آنها در داخل بناهای مسکونی، سردرها و گاهی در جداره معابر، عنوان نمودند. در این تحقیق، به گونه‌شناسی نقش‌های خوون‌چینی براساس اجزای سازنده آنها پرداخته شد و ۶۵ نقش خوون‌چینی شناسایی و معرفی شدند. نقش‌ها همراه با تعداد و نام اجزای به‌کاررفته در آنها و همچنین بر اساس درصد فراوانی‌شان بررسی و نتیجه‌ها در قالب جدول‌هایی آورده شدند. شریف و همکاران (۱۳۹۵) با ارزیابی نمونه‌های موردی، کارکرد اقلیمی هنر گره‌چینی در بناهای مسکونی قاجاری شیراز را مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه تحقیق، با توجه به چگونگی توزیع پنجره‌های دارای گره‌چینی در جبهه‌های مختلف ساختمان، بیان‌گر بهره‌گیری از تزئین‌های گره‌چینی بر کنترل نور نامطلوب، تهویه طبیعی و کنترل حرارتی جداره‌ها بود. تابان و همکاران (۱۳۹۸) عناصر سایه‌انداز در مسکن سنتی دزفول را معرفی نموده و آنها را به صورت عناصر نورگیر، نورگیر–سایه‌انداز و سایه اندازها در مدلی سه بعدی نمایش داده‌اند. برخی پژوهش‌های انجام شده اگرچه از نظر موضوع با این تحقیق متفاوت هستند اما از نظر روش تحقیق و چگونگی انجام کار دارای مشابهت و اهمیت هستند و به همین دلیل در مرور پیشینه تحقیق به آنها پرداخته شده است. در یک تحقیق تجربی، اثر نمای سبز بر کاهش انتقال حرارت از سطح نما و مصرف انرژی ساختمان در فصل تابستان در اقلیم قاره‌ای مدیترانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق دو اتاقک یکسان ساخته شدند که یکی از آنها دارای پرده‌ای از پوشش گیاهی بر سطح نما بود. متغیرهای دمای سطح داخلی سقف، دمای سطح داخلی و خارجی دیوار، دمای هوای میان پرده گیاهی و سطح نما، دما و رطوبت نسبی داخل اتاقک‌ها، دما و رطوبت نسبی محیط خارج، مصرف انرژی الکتریکی یک پمپ حرارتی و تابش خورشید اندازه‌گیری گردید. علی‌رغم اثر مثبت نمای سبز در کاهش تابش بر سطح نما و تفاوت قابل توجه میان دمای سطحی نما

در دو اتاقک، کاهش اندکی در میزان مصرف انرژی و دمای داخلی اتاقک دارای نمای سبز نسبت به اتاقک مرجع مشاهده شد (Coma et al, 2014). در پژوهش دیگری با روشی مشابه و در اقلیم مشابه به بررسی اثر دو نوع بام سبز گسترده با ساختار متفاوت، بر میزان مصرف انرژی ساختمان در مقایسه با بام با ساختار متعارف پرداخته شد. نتیجه حاصل از تحقیق، نشان دهنده اثر بام سبز بر کاهش مصرف انرژی اتاقک دارای بام سبز در دوره سرمایش و افزایش مصرف انرژی آن در دوره گرمایش نسبت به اتاقک مرجع، دارای بام با ساختار متعارف، بود (Coma et al, 2016).

۳- تعریف خوون‌چینی

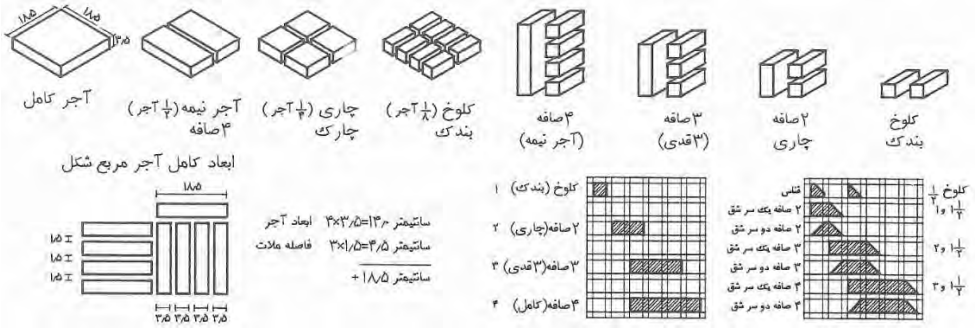
خوون‌چینی، نوعی تزئین برجسته آجری است که در زمینه هندسه شطرنجی مربعی و با استفاده از قطعات آجر با ضخامت یکسان و اندازه‌های مختلف اجرا می‌شود. خوون‌چینی تزیین ساختمان به شکل آمود است که در آن، از ضخامت آجر در ایجاد انواع گره‌های تزیینی بر سطح نمای خارجی ساختمان استفاده می‌کنند (زرگرزاده دزفولی و همکاران، ۱۳۹۵). این نوع تزئین‌ها در معماری بومی استان خوزستان دیده می‌شوند و به ویژه در بافت قدیم دزفول، با نقش‌های متنوع و بدون رنگ و ترکیب با سایر عناصر تزئینی، به وفور وجود دارند (شکل ۱). واژه خوون[1] یک نام‌گذاری در معماری ایرانی است و به نگاره‌های تزئینی موزائیک مانندی گفته می‌شده است که بر پیشانی بنا می‌ساختند (نعیما، ۱۳۷۶). به معنی «خاب وان» است و آن چیزی است که در پیش‌طاق ایوان‌ها از پاره‌های آجر و گچ به طراحی بندند تا عمارت را از آسیب باران نگه دارد (دهخدا، ۱۳۴۱). همچنین به معنی سرپناه، باران‌گیر و باران‌گریز است (رفیعی‌سرشکی و همکاران، ۱۳۸۱). «در این نوع آجرکاری از قطعات مختلف آجر و کنار هم قراردادن آنها برای ایجاد انواع گره‌های تزئینی استفاده می‌شود. بعضی آجرها که زمینه را می‌سازند عقب‌تر از دیگر آجرها که گره‌ها را می‌سازند قرار می‌گیرند. در مرحله‌ای که عملیات استحکامی (ساختاری) بنا تکمیل می‌شود و جرزهای اصلی و طاق‌ها زده می‌شوند، قسمت‌های ارزشمند از ساختمان مانند ورودی‌ها، نماهای داخلی حیاط و در بعضی موارد نماهای بیرونی تزئین می‌گردند» (نعیما، ۱۳۷۶: ۵۱).



تصویر ۱- خوون‌چینی در خانه تاریخی سوزنگر دزفول (مأخذ: تابان و همکاران، ۱۳۹۸)

۳-۱- ساختار خوون‌چینی

بافت قدیم دزفول گنجینه‌ای از هنر خوون‌چینی است. تصویر ۱ نمونه‌هایی از خوون‌چینی در یک خانه تاریخی در دزفول را نشان می‌دهد. با توجه به فراوانی این نقش‌ها در بافت قدیم دزفول، خوون‌چینی در این بافت مطالعه شده و نقش مورد نظر برای ساخت مدل‌های آزمایشگاهی از این بافت انتخاب گردیده است. در ساخت تزئین‌های خوون‌چینی دزفول از اجزای آجر سنتی استفاده شده است. «آجر در منطقه دارای ابعاد و اندازه‌هایی بوده است که در طول زمان تکامل ابعاد داشته و در نهایت به ابعاد ۱۸/۵×۱۸/۵ سانتی‌متر و ضخامت ۳/۵ سانتی‌متر رسیده است» (نعیما، ۱۳۷۶: ۵۲). اگر آجر مربع شکل کامل را نصف کنیم، آجر نیمه به دست می‌آید که اساس خرد شدن را تشکیل می‌دهد و آن را در اصطلاح چهارصافه می‌گویند. سایر اجزای خوون‌چینی از تقسیم چهارصافه به اجزای کوچکتر به دست می‌آیند. مطابق تصویر ۲ چهار جزء اصلی به ترتیب عبارتند از، نیمه (چهار صافه)، سه قدی (سه صافه)، چاری (دو قدی) و کلوخ یا (بندک) که، به همراه اجزای فرعی که از اجزای اصلی ساخته می‌شوند، کل اجزای خوون‌چینی را به‌وجود می‌آورند. «اگر فاصله بین دو آجر (ملات‌خور) را ۱/۵ سانتی‌متر در نظر بگیریم بین یک طول و ضخامت آجر تناسبی حادث می‌شود (یک طول برابر ۴ ضخامت به‌علاوه ۳ فاصله می‌گردد). در چنین شرایطی اندازه اجزا همه ضریبی از یکدیگرند. کوچکترین جز همان کلوخ است. اکنون اگر شبکه‌ای مرکب از کلوخ و فاصله ایجاد نماییم می‌توانیم کلیه اجزاء مختلف آجر را بر روی شبکه جایگزین نماییم» (نعیما، ۱۳۷۶: ۵۲). «دسته‌ای از خوون‌ها که نقش را به‌وجود می‌آورند جلوتر و در اصطلاح «سیر» و دسته‌ای دیگر که زمینه را به‌وجود می‌آورند عقب‌تر قرار می‌گیرند «گرسنه» نامیده می‌شوند. ترکیب این دو دسته خوون حدودا ۲ سانتیمتر نسبت به یکدیگر عقب و جلو هستند» (نعیما، ۱۳۷۶: ۵۶). در خوون‌چینی همواره پهنای کار بر مبنای ضریب فرد کلوخ تنظیم می‌شود. اگر به نقش‌های خوون‌چینی صورت پذیرفته دقت نماییم کلیه آنها ضریب فرد هستند. در تصویر ۲ چگونگی جای‌گیری قطعات آجر بر روی شبکه جهت خلق خوون‌چینی نشان داده شده است. لاری بقال و همکاران (۱۳۹۵) براساس برداشت‌های میدانی در بافت قدیم دزفول، سه گونه خوون‌چینی را بر مبنای اندازه کوچکترین جز آجر که همان کلوخ است شناسایی و معرفی کردند که به ترتیب عبارتند از، ریزدانه که ابعاد کلوخ آن برابر ۲/۵ و ۲/۸ سانتیمتر است. متوسط که ابعاد کلوخ آن ۳، ۳/۲ و ۳/۵ سانتیمتر است و درشت‌دانه که ابعاد کلوخ آن برابر ۴ و ۴/۵ سانتیمتر است. با توجه به اینکه اندازه کلوخ معرف ضخامت اجزای آجری به‌کار رفته در خوون‌چینی است، می‌توان نتیجه گرفت که ضخامت اجزای آجر به‌کار رفته در خوون‌چینی‌های بافت قدیم دزفول طیف متنوعی از ۲/۵ تا ۴/۵ سانتیمتر را دربر می‌گرفت. تنظیم ضخامت اجزای آجری با آب‌ساب نمودن آجر انجام می‌شد.

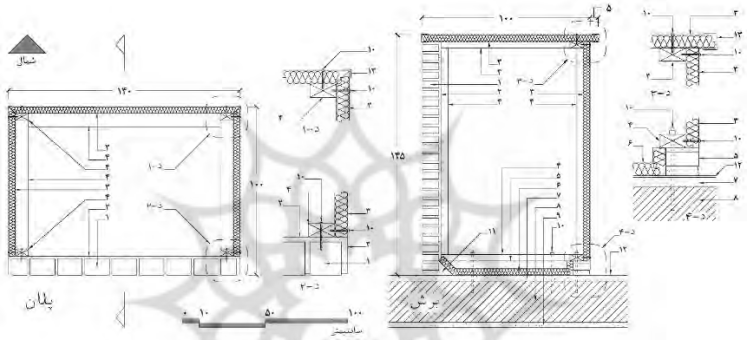


تصویر ۲- نحوه خرد شدن آجر به اجزای آن و چگونگی قرارگیری آنها بر روی شبکه برای ساخت خوون‌چینی (ماخذ: نعیما، ۱۳۷۶)

٤- روش تحقیق

روش انجام تحقیق، تجربی است. به این منظور دو اتاقک ساخته شدند (تصویر ۳). طول، عرض و ارتفاع بیرونی دو اتاقک یکسان و به ترتیب مساوی ۱۴۰، ۱۰۰ و ۱۴۵ سانتیمتر است. طول اتاقک‌ها در امتداد محور شرق-غرب و عرض اتاقک‌ها در امتداد محور شمال-جنوب است. از آنجایی که بیشترین میزان تابش در طول روز در میان دیواره-های ساختمان بر جبهه جنوبی است و از طرفی به سبب زاویه تابش خورشید سایه بیشتری از خوون-چینی بر روی جدار ایجاد می‌گردد[۲]، جبهه جنوبی برای انجام مطالعات در این اتاقک‌ها مورد توجه بوده است. جهت‌گیری اتاقک‌ها به سمت جنوب است، به این شکل که، وجه جنوبی هر اتاقک دیواری آجری به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر[۳] است که نوعی نقش خوون‌چینی در آن اجرا شده است. این نقش در هر دو اتاقک یکسان است با این تفاوت که در یکی نقش به مقدار ۲ سانتیمتر برجسته و در دیگری فاقد برجستگی است. سایر وجه‌های اتاقک‌ها از جنس ساندویچ پانل[۴] به ضخامت ۴ سانتی‌متر ساخته شدند و با سازه‌ای از جنس چوب چهارتراش[۵] و با استفاده از پیچ به یکدیگر و دیوار آجری و کف مهار شدند. برای پوشاندن درزهای میان اتصالات و هوابندی از فوم پلی‌یرتان استفاده شد. اتاقک‌ها بر روی بام ساختمانی در شهر آبادان و در تراز ارتفاعی ۹ متر نسبت به تراز متوسط محوطه پیرامون ساختمان ساخته شدند. فضای تحتانی بسته و فاقد تهویه مطبوع است. موقعیت ساخت اتاقک‌ها به نحوی انتخاب شد تا در هیچ زمانی از ایام سال سایه هیچ نوع عارضه‌ای بر روی آنها قرار نگیرد. اندازه‌ها، مشخصات و جزئیات ساخت اتاقک‌ها در تصویر ۴ نشان داده شده‌اند. متغیرهای دما و رطوبت نسبی محیط، دما و رطوبت نسبی درون اتاقک‌ها و دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه رو به جنوب) در هر اتاقک، در بازه‌های زمانی ده دقیقه‌ای و در سه شبانه روز متوالی، در ابتدا و نیمه تیرماه، ابتدا و نیمه مردادماه و ابتدا و نیمه شهریورماه سال ۱۳۹۸ اندازه‌گیری و ثبت شدند. با مقایسه داده‌های به دست آمده از اتاقک دارای خوون‌چینی برجسته با داده‌های حاصل از اتاقک دیگر، به ارزیابی اثر این نقش‌ها بر انتقال حرارت از سطح نما پرداخته شد.

تصویر ۳: اتاقک‌های آزمایش (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)



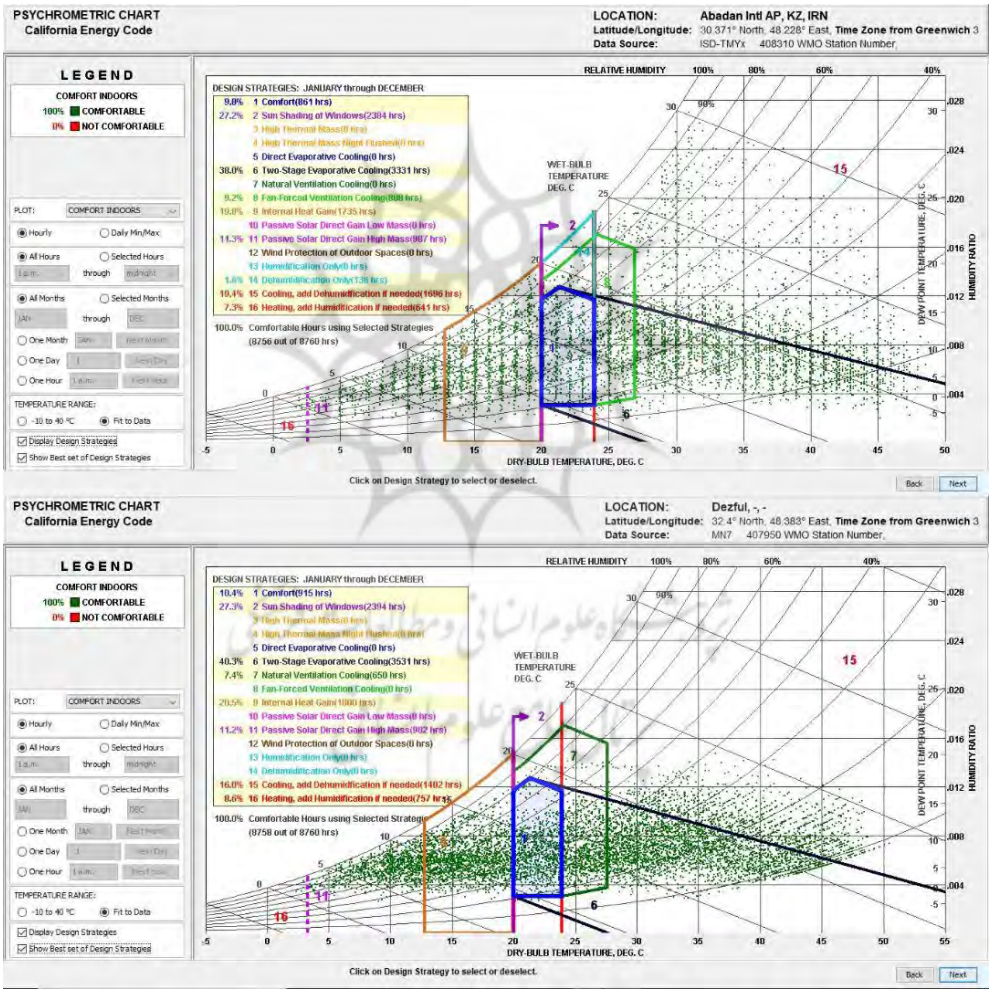
۱- دیوار آجری ۲- پلاستر سیمان ۳- ساندویچ پانل ۴- چوب چهارتراش ۵- کرسی آجری ۶- عایق حرارتی پلی استایرن ۷- بتن سبک ۸- سازه سقف ۹- اندود داخلی ۱۰- پیچ ضدزنگ ۱۱- ماهیچه بتنی ۱۲- عایق رطوبتی با رویه آلومینیوم ۱۳- ورق گالوانیزه

تصویر ۴- پلان و برش اتاقک (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

٤-۱- محل انجام تحقیق

آبادان در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه و ارتفاع ۱۵ متر از سطح آب‌های آزاد قرار دارد. دلایل انتخاب آبادان به عنوان نماینده اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان برای ساخت اتاقک‌ها، فراهم بودن شرایط ساخت نمونه‌ها، نگهداری از آنها و انجام آزمایش‌های دوره‌ای برای نگارندگان و شرایط اقلیمی مشابه با دزفول بودند. آبادان و دزفول از نظر ساختار اقلیمی در گروه اقلیمی هفت، دارای زمستان معتدل و تابستان بسیار گرم و نیمه خشک، طبقه‌بندی شدند (نشریه شماره ۱-۱۶۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵). در کتاب پهنه‌بندی اقلیمی ایران، با بررسی نیازهای حرارتی فضاهای داخلی ساختمان و بهره‌گیری از معیار زیست- اقلیمی ساختمانی گیوانی[۶]، شهرهای آبادان و دزفول در یک گروه اقلیمی طبقه‌بندی شدند. مهمترین هدف‌های طراحی اقلیمی در این دو شهر به ترتیب محافظت ساختمان در برابر هوای گرم خارج و تابش شدید آفتاب در تابستان هستند (کسمایی، ۱۳۷۱). همچنین پهنه‌بندی اقلیمی مناطق جنوبی ایران با دو روش کوپن-تراورتا و معیارهای

آسایش گیوانی، قرارگیری دو شهر در طبقه‌بندی یکسان اقلیمی را با هر دو روش تایید کرد (نیکقدم، مفیدی شمیرانی و طاهباز، ۱۳۹۴). تصویر ۵ نشان دهنده نمودارهای سایکرومتریک[۷] (زیست-اقلیمی ساختمانی) دو شهر است که با کمک فایل اقلیمی[۸] آنها مربوط به میانگین سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ خورشیدی و نرم‌افزار کلایمیت کانسالتنت[۹] نسخه ۶ تهیه شدند. راهکارهای طراحی اقلیمی و میزان پاسخ‌گویی آنها به نیاز حرارتی برای هر شهر در کنار نمودار سایکرومتریک آن نشان داده شده‌اند. به عنوان مثال میزان پاسخ‌گویی به نیاز سرمایشی با بهره‌گیری از سرمایش مکانیکی در دزفول و آبادان به ترتیب ۴۰/۳ و ۳۸ درصد است. این اطلاعات در جدول ۱ بیان شده‌اند. توجه به اعداد جدول ۱ نشان دهنده شباهت میان نیاز حرارتی دزفول و آبادان است.



تصویر ۵- نمودار سایکرومتریک آبادان در بالا و نمودار سایکرومتریک دزفول در پایین قرار دارند. راهکارهای طراحی و میزان پاسخ‌گویی آنها به نیاز حرارتی برای هر شهر در کنار نمودار آن نشان داده شده‌اند (ماخذ: نگارندگان، برگرفته از نرم‌افزار Climate Consultant 6.0).

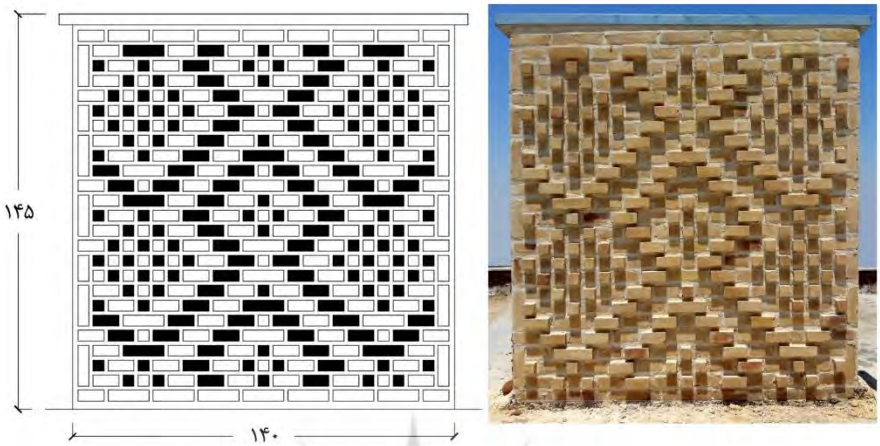
جدول ۱- تدابیر طراحی و میزان پاسخگویی آنها به نیاز حرارتی در دزفول و آبادان، اعداد نشان دهنده شباهت میان نیاز حرارتی دو شهر هستند. (ماخذ: نگارندگان، از نرم‌افزار Climate Consultant 6.0)

تدابیر طراحی (Design Strategies)		میزان پاسخ‌گویی به نیاز حرارتی (درصد)	
		دزفول	آبادان
شرایط آسایش طبیعی		۱۰/۴	۹/۸
تدابیر گرمایشی	دریافت حرارت درونی	۲۰/۵	۱۹/۸
	دریافت مستقیم خورشیدی غیرفعال بر اساس جرم حرارتی بالا	۱۱/۲	۱۱/۳
	گرمایش مکانیکی همراه با رطوبت زنی	۸/۶	۷/۳
تدابیر سرمایشی	محافظت بازشوها در برابر تابش (ایجاد سایه)	۲۷/۳	۲۷/۲
	سرمایش مکانیکی	۴۰/۳	۳۸
	سرمایش مکانیکی همراه با رطوبت زدایی	۱۶	۱۹/۴
	رطوبت زدایی	-	۱/۶
	تهویه به روش طبیعی یا مکانیکی	۷/۴ (طبیعی)	۹/۲ (مکانیکی)

٤-۲- روش انتخاب نقش خوون‌چینی

پیش از ساخت مدل تجربی، پاسخ به این پرسش که چگونه از میان نقش‌های خوون‌چینی موجود یک نقش جهت ساخت مدل انتخاب شود؟، ضروری بود. با توجه به فراوانی این تزئین‌ها در بافت قدیم دزفول، نقش مورد نظر از این بافت انتخاب شد. نتیجه‌ی حاصل از بررسی ۶۵ نقش خوون‌چینی در بافت قدیم دزفول نشان داد که، تعداد ۳۳ نقش سه جزئی هستند یعنی در ساخت آنها از سه جزء آجر استفاده شده است و تعداد ۲۰ نقش از نقش‌های سه جزئی در این ویژگی مشترک هستند که در ساخت آنها از سه جزء کلوخ، دو صافه و سه صافه استفاده شده است (لاری‌بقال و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به فراوانی نقش‌های سه جزئی که از سه جزء کلوخ، دو صافه و سه صافه ساخته شده‌اند، این مجموعه که شامل ۲۰ نقش خوون‌چینی است، به عنوان مجموعه مرجع انتخاب شد. در ادامه، با توجه به موضوع تحقیق، هدف انتخاب نقشی بود که بیشترین میزان سایه را بر سطح نما تولید کند. به این منظور، نقش‌های انتخاب شده، به وسیله نرم‌افزار AutoCAD 2013 ترسیم و مدل‌های سه‌بعدی آنها تولید شدند. جهت ساخت مدل رایانه‌ای خوون‌چینی با توجه به پژوهش‌های گذشته و ابعاد آجر موجود[10]، ضخامت آجر مساوی ۴ سانتیمتر و ابعاد کلوخ، دوصافه و سه صافه به ترتیب مساوی ۴، ۹/۵ و ۱۵ سانتیمتر و فاصله بندهای آجر مساوی ۱/۵ سانتیمتر در نظر گرفته شدند. میزان برجستگی نقش‌ها ۲ سانتیمتر در نظر گرفته شد. سایه هر کدام از نقش‌ها در روز یکم تیرماه[11] و بر نمای جنوبی در فاصله‌های زمانی ۳۰ دقیقه‌ای، از زمان شروع تا پایان تابش بر نمای جنوبی، در محیط مجازی و با استفاده از نرم‌افزار Revit Architecture 2014 تولید شد. در هر بار نسبت عددی سایه تولید شده توسط هر نقش بر سطح نما، با روش پردازش تصویر و با

استفاده از نرم افزار Image Analyzer معین شد. سپس میانگین نسبت سایه تولید شده توسط هر نقش نیز در بازه زمانی مذکور بر حسب درصد معین شد.



تصویر ۶- نمای جنوبی اتاقک دارای نقش خوون‌چینی منتخب، اندازه‌ها به سانتیمتر هستند. (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

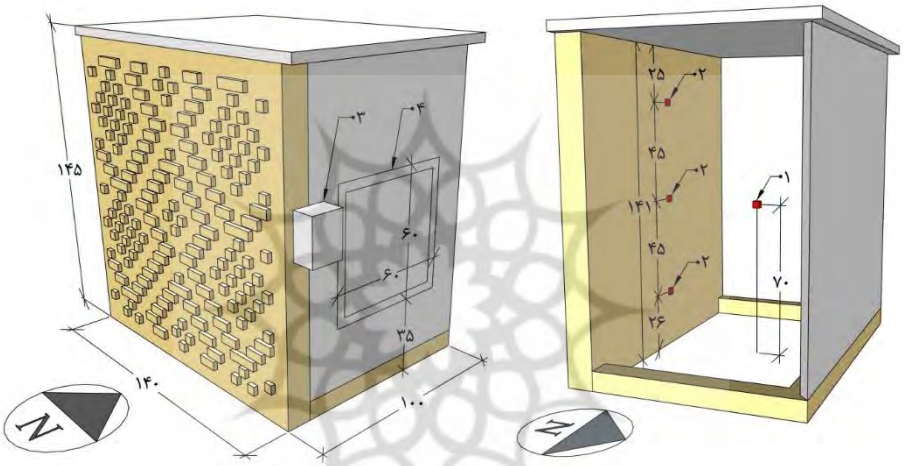
٤-۳- متغیرها، ابزارها و روش اندازه‌گیری

اندازه‌گیری در شش دوره، در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ۱۳۹۸ انجام شد. متغیرهای اندازه‌گیری عبارتند از، ۱- دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه رو به جنوب) اتاقک‌ها ۲- دما و رطوبت نسبی فضای داخل هر یک از اتاقک‌ها ۳- دما و رطوبت نسبی محیط. برای اندازه‌گیری دمای سطح داخلی دیوارهای آجری از دماسنج تماسی[۱۲] به همراه حس‌گرهای تماسی[۱۳] با تفکیک‌پذیری[۱۴] ۰/۱ و دقت[۱۵] (۱+ ۵٪/۰)-/+ درجه سلسیوس استفاده شد. در هر اتاقک سه حس‌گر بر روی سطح داخلی دیوار در سه تراز ارتفاعی متفاوت نصب شدند. تصویر ۷ موقعیت نصب حس‌گرها را نشان می‌دهد. در هر کدام از اتاقک‌ها دماهای نشان داده شده توسط حس‌گرها، در هر دوره اندازه‌گیری، در فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای و در سه شبانه روز متوالی، ثبت شدند. میانگین‌های عددی دماهای به دست آمده از سه حس‌گر نیز به عنوان دمای متوسط سطح داخلی دیوار ثبت شدند. سپس با استفاده از این داده‌ها اختلاف‌های میان دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری در اتاقک‌ها ثبت شدند. برای ثبت دما و رطوبت نسبی داخل اتاقک‌ها و همچنین فضای آزاد، از دستگاه ثبت‌کننده دما و رطوبت نسبی[۱۶] با تفکیک‌پذیری و دقت به ترتیب ۰/۱ و ۰/۶-/+ درجه سلیسوس برای دما و تفکیک‌پذیری و دقت به ترتیب ۰/۱ و ۳-/+ درصد برای رطوبت نسبی استفاده شد. موقعیت قرارگیری دستگاه ثبت کننده در درون اتاقک‌ها در تصویر ۷ نشان داده شده است. اطلاعات دما و رطوبت نسبی در هر دوره اندازه‌گیری، در فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای و در سه شبانه روز متوالی، ثبت شدند. در تمام دوره‌های اندازه‌گیری، آسمان صاف بود و اتاقک‌ها در

به این ترتیب نقشی که بیشترین میانگین سایه‌اندازی را داشت جهت ساخت مدل انتخاب شد (شکل ۶).

معرض تابش مستقیم خورشید قرار داشتند. لازم به توضیح است که، برای اندازه‌گیری دما و رطوبت نسبی محیط، دستگاه ثبت کننده به دور از تابش مستقیم و درون یک جعبه چوبی به رنگ سفید به ابعاد بیرونی ۳۰×۳۰×۵۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر از سطح قرار گرفت. در دوره‌های اندازه‌گیری، جعبه حاوی دستگاه ثبت کننده در محل استقرار اتاقک‌های آزمایش قرار گرفت.

جزئیات ساخت وجه‌های جعبه به نحوی بود که امکان گردش هوا درون آن به راحتی میسر بود و در تمام مدت آزمایش دستگاه ثبت کننده در سایه قرار داشت (شکل ۸). برنامه زمانی ثبت اطلاعات شامل تاریخ شروع و پایان، ساعت شروع و پایان و فاصله‌های زمانی اندازه‌گیری در جدول ۲ نشان داده شده است.



۱- ثبت کننده دما و رطوبت نسبی ۲- حسگر دمای تماسی ۳- جعبه محل قرارگیری دماسنج تماسی ۴- دریچه دسترسی به داخل اتاقک

تصویر ۷- موقعیت قرارگیری ابزار اندازه‌گیری در اتاقک‌های آزمایش، اندازه‌ها به سانتیمتر هستند. (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

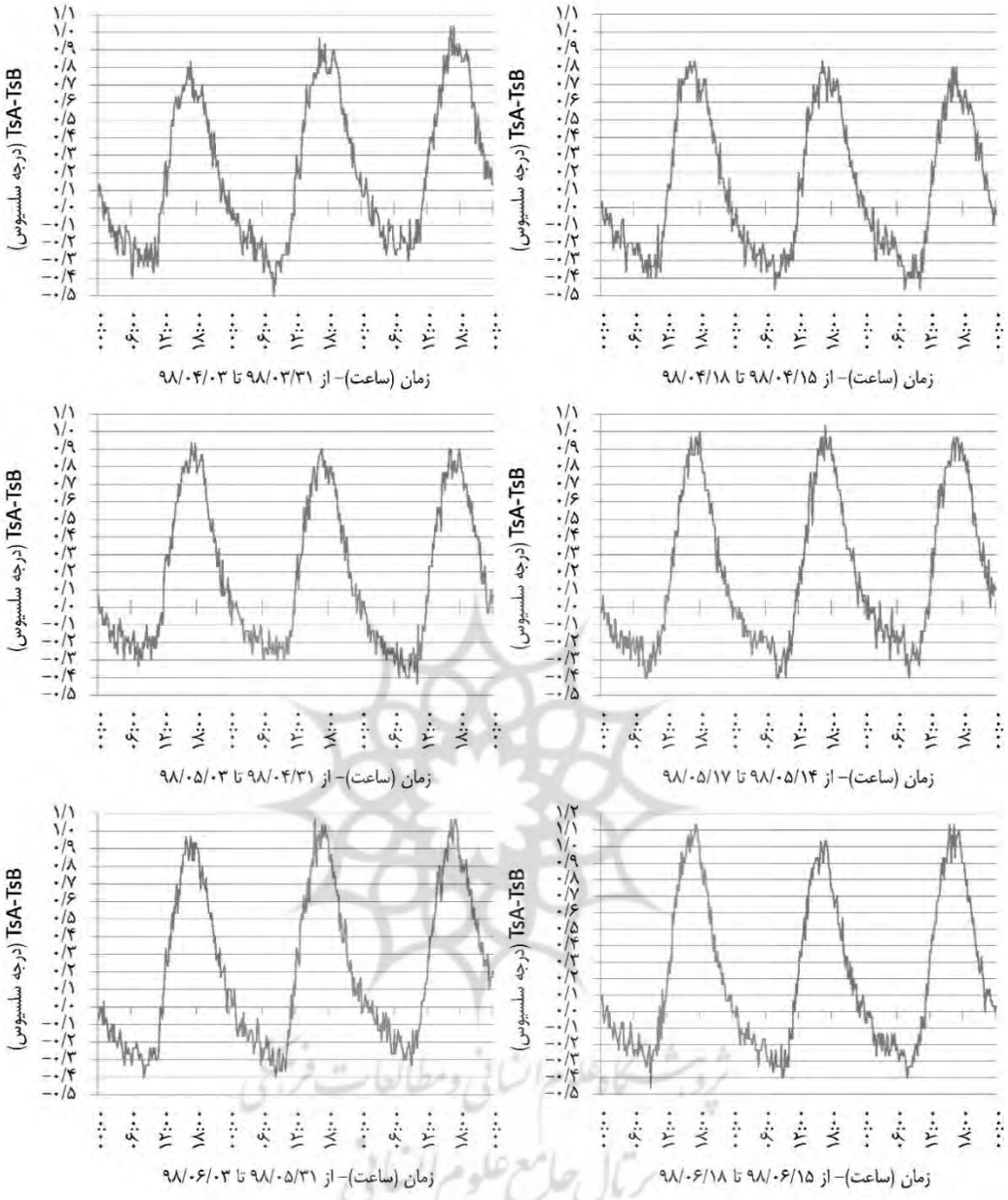
تصویر ۸- جعبه استیونسن محل قرارگیری دستگاه دما و رطوبت سنج محیطی (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۲- برنامه زمانی ثبت اطلاعات (ماخذ: نگارندگان)

متغیرهای اندازه‌گیری شده و شکل مرتبط			بازه‌های زمانی ثبت اطلاعات (دقیقه)	مدت انجام آزمایش (ساعت)	ساعت		دوره اندازه‌گیری	
رطوبت نسبی محیط و داخل اتاقک‌ها	دمای محیط و داخل اتاقک‌ها	اختلاف میان دمای متوسط سطح داخلی دیوار جنوبی اتاقک‌ها			پایان	شروع	پایان	شروع
شکل ۱۱	شکل ۱۰	شکل ۹	۱۰	۷۲	۰۰:۰۰:۰۸	۰۰:۰۰:۰۸	۱۳۹۸/۰۴/۰۳ 06/24/2019	۱۳۹۸/۰۳/۳۱ 06/21/2019
					۰۰:۰۰:۱۲	۰۰:۰۰:۱۲	۱۳۹۸/۰۴/۱۸ 07/09/2019	۱۳۹۸/۰۴/۱۵ 07/06/2019
					۰۰:۰۰:۰۱	۰۰:۰۰:۰۱	۱۳۹۸/۰۵/۰۳ 07/25/2019	۱۳۹۸/۰۴/۳۱ 07/22/2019
					۰۰:۰۰:۰۲	۰۰:۰۰:۰۲	۱۳۹۸/۰۵/۱۷ 08/08/2019	۱۳۹۸/۰۵/۱۴ 08/05/2019
					۰۰:۰۰:۰۵	۰۰:۰۰:۰۵	۱۳۹۸/۰۶/۰۳ 08/25/2019	۱۳۹۸/۰۵/۳۱ 08/22/2019
					۰۰:۰۰:۲۵	۰۰:۰۰:۲۵	۱۳۹۸/۰۶/۱۸ 09/09/2019	۱۳۹۸/۰۶/۱۵ 09/06/2019

۵- بررسی یافته‌های پژوهش

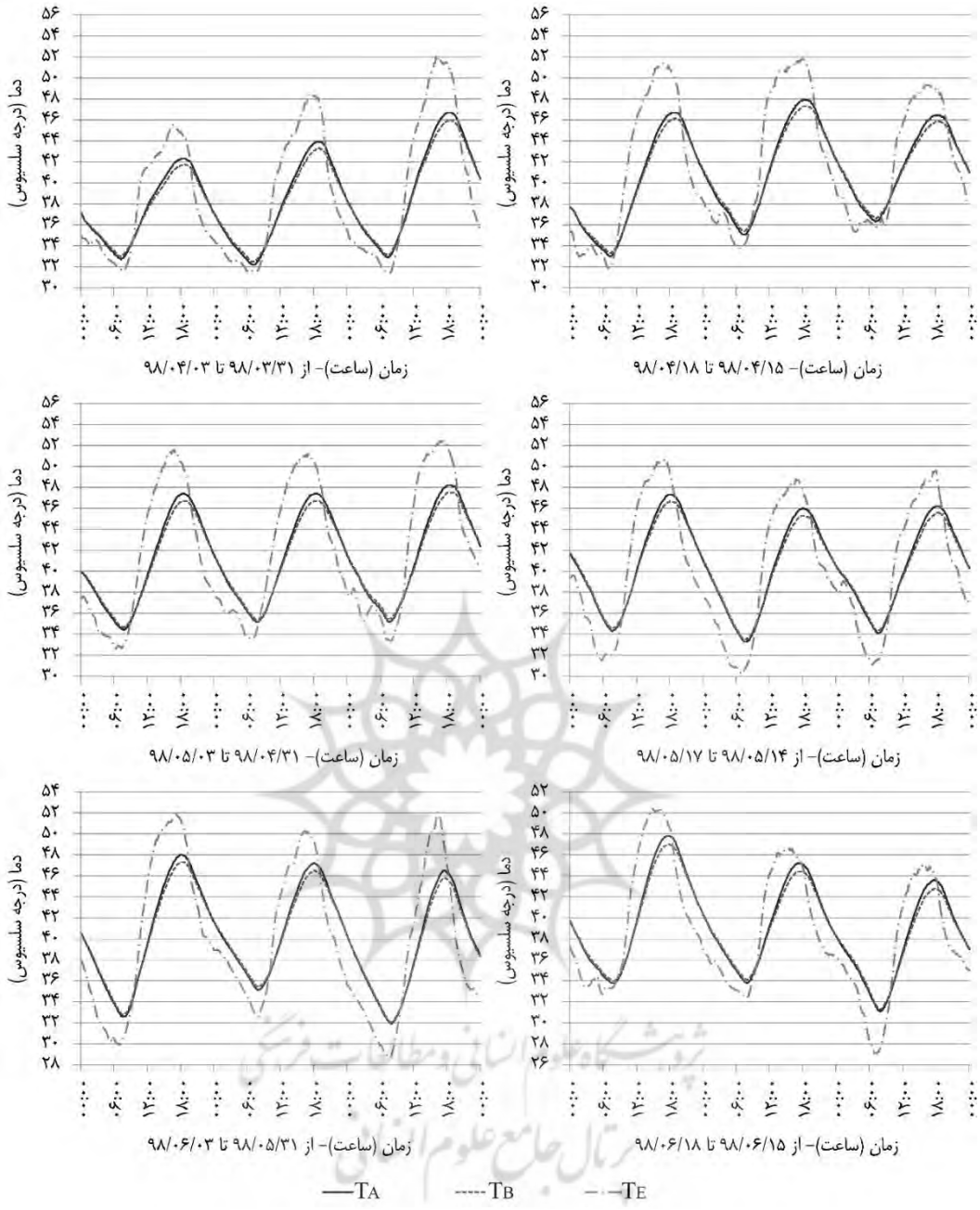
اندازه‌گیری در شش دوره و در مجموع هجده شبانه روز در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ۱۳۹۸ انجام شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 به شکل نمودار ارائه شدند. تصویر ۹ نمودارهای اختلاف میان، دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه جنوبی) اتاقک بدون خوون‌چینی (T_{SA}) و دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه جنوبی) اتاقک دارای خوون‌چینی (T_{SB}) را نشان می‌دهد. تصویر ۱۰ نشان دهنده نمودارهای تغییرات، دمای داخل اتاقک بدون خوون‌چینی (T_A)، دمای داخل اتاقک دارای خوون‌چینی (T_B) و دمای محیط (T_E) است. تصویر ۱۱ نمودارهای تغییرات، رطوبت نسبی داخل اتاقک بدون خوون‌چینی (RH_A)، رطوبت نسبی داخل اتاقک دارای خوون‌چینی (RH_B) و رطوبت نسبی محیط (RH_E) را نشان می‌دهد.



اختلاف دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری بدون خوون‌چینی و دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری دارای خوون‌چینی=T_{SA}-T_{SB}

دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری دارای خوون‌چینی =T_{SB}، دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری بدون خوون‌چینی =T_{SA}

تصویر ۹- اختلاف دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه جنوبی) دو اتاقک در دوره‌های اندازه‌گیری (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)



دمای محیط=T_E، دمای داخل اتاقک دارای خوون‌چینی=T_B، دمای داخل اتاقک بدون خوون‌چینی=T_A

تصویر ۱۰- تغییرات دمای داخلی اتاقک‌ها و دمای محیط در دوره‌های اندازه‌گیری (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

بررسی داده‌های نمودارهای اختلاف دمای متوسط سطح داخلی دیوار آجری (وجه رو به جنوب) دو اتاقک (شکل ۹) و تغییرات دمای داخل اتاقک‌ها و دمای محیط (شکل ۱۰) نشان می‌دهد:

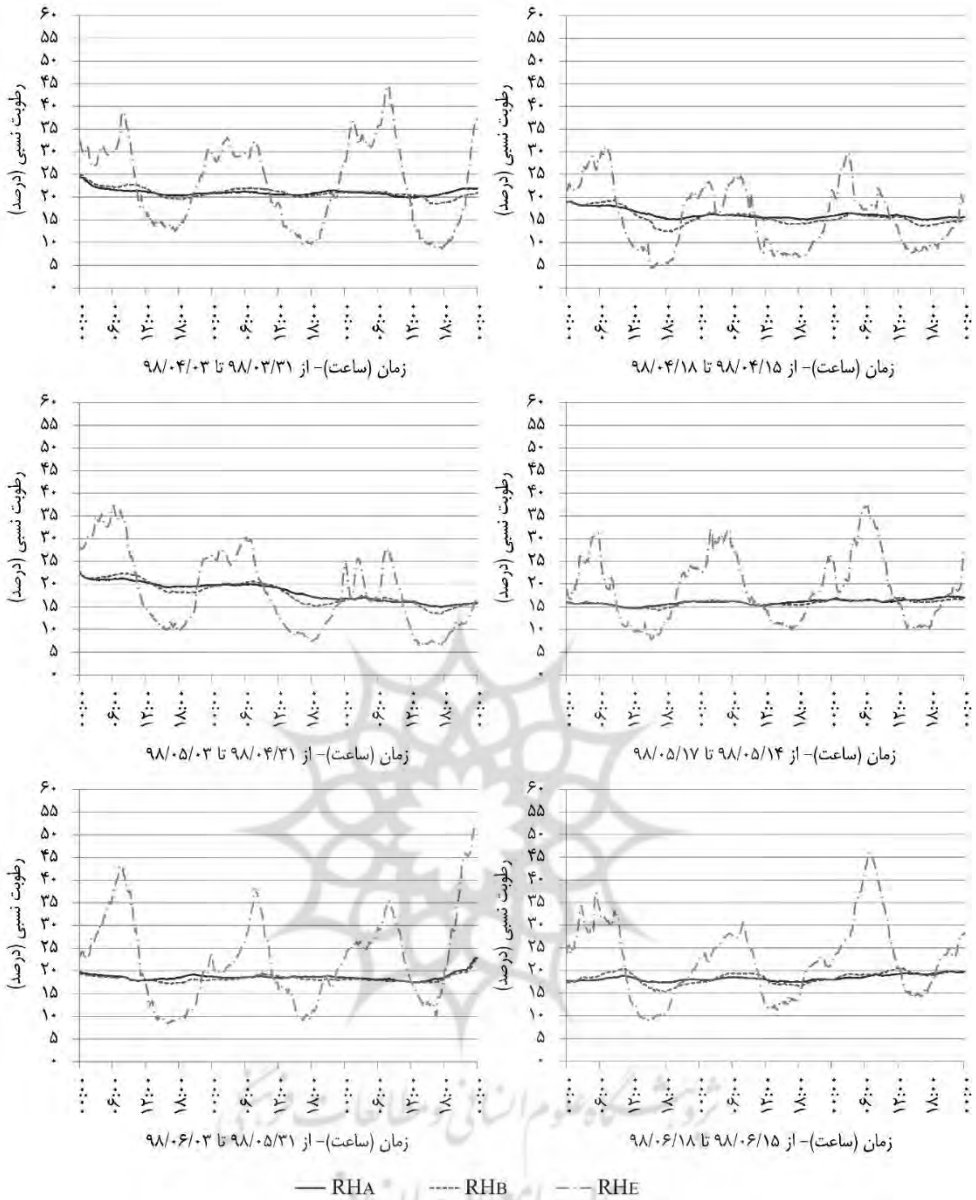
۱- در گرمترین ساعت‌های شبانه روز، میان ساعت‌های ۱۶ تا ۱۸، دیوار دارای خوون‌چینی، دمای سطحی کمتری نسبت به دیوار بدون خوون‌چینی داشت و نمودار اختلاف دمای

سطح داخلی دو دیوار (T_{SA}-T_{SB}) بیشترین مقدارهای خود را دارا بود. دامنه بیشترین اختلاف دمای سطحی از ۰/۸ درجه سلسیوس در دوره اندازه‌گیری نیمه تیرماه تا ۱/۱ درجه سلسیوس در دوره اندازه‌گیری نیمه شهریور ماه متغیر بود و میانگین آن در مجموع ۱۸ شبانه‌روز اندازه‌گیری، برابر ۱ درجه سلسیوس محاسبه شد. همچنین دمای درون اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک بدون خوون‌چینی کمتر بود. دامنه بیشترین اختلاف دمای داخلی اتاقک‌ها (T_A-T_B) از ۰/۷ درجه سلسیوس در دوره اندازه‌گیری نیمه تیر ماه تا ۰/۹ درجه سلسیوس در دوره اندازه‌گیری نیمه شهریور ماه متغیر بود و میانگین آن در مجموع ۱۸ شبانه روز اندازه‌گیری برابر ۰/۸ درجه سلسیوس محاسبه شد.

۲- در خنک‌ترین ساعت‌های شبانه‌روز، میان ساعت‌های ۵:۳۰ تا ۸:۳۰، نمودار اختلاف دمای سطحی دو دیوار (T_{SA}-T_{SB}) منفی و کمترین مقدارهای خود را دارا بود. یعنی دیوار دارای خوون‌چینی دمای سطحی بیشتری نسبت به دیوار بدون خوون‌چینی داشت. دامنه بیشترین اختلاف دمای سطحی از ۰/۳- درجه سلسیوس در دوره اندازه‌گیری اول مرداد ماه تا ۰/۵- درجه سلسیوس در دوره اندازه‌گیری اول تیرماه متغیر بود و میانگین آن در مجموع ۱۸ شبانه‌روز اندازه‌گیری، برابر ۰/۴- درجه سلسیوس محاسبه شد. همچنین دمای درون اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک بدون خوون‌چینی بیشتر بود. دامنه بیشترین اختلاف دمای داخلی اتاقک‌ها (T_A-T_B) از ۰/۳- تا ۰/۴- درجه سلسیوس متغیر بود و میانگین آن در مجموع ۱۸ شبانه‌روز اندازه‌گیری، برابر ۰/۳۱- درجه سلسیوس محاسبه شد.

۳- با توجه به نمودارهای تصویر ۹ و ۱۰، در حدود ساعت‌های ۱۲ و ۲۴ اختلاف میان دمای متوسط سطح داخلی دو دیوار و همچنین اختلاف میان دمای داخلی دو اتاقک کمترین مقدار و نزدیک به صفر بود (شکل‌های ۹ و ۱۰).

بررسی داده‌های نمودارهای تغییرات رطوبت نسبی داخل اتاقک‌ها و رطوبت نسبی محیط، علی‌رغم نوسان قابل ملاحظه رطوبت نسبی محیط، دامنه تغییرات رطوبت نسبی داخل اتاقک‌ها اندک و بیشترین مقدار آن برای اتاقک بدون خوون‌چینی ۷/۵ درصد و برای اتاقک دارای خوون‌چینی ۹ درصد در دوره اندازه‌گیری اول مرداد ماه ثبت شد. همچنین در بیشتر زمان‌های اندازه‌گیری نمودارهای تغییرات رطوبت نسبی دو اتاقک اختلاف اندکی داشتند و تقریبا بر یکدیگر منطبق بودند و در مواردی نمودار اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک بدون خوون‌چینی دارای افزایشی برابر حداکثر ۱/۶ درصد و یا کاهشی برابر حداکثر ۲/۹ درصد بود (شکل ۱۱).



رطوبت نسبی محیط=RH_E، رطوبت نسبی داخل اتاقک دارای خوون‌چینی=RH_B، رطوبت نسبی داخل اتاقک بدون خوون‌چینی=RH_A

تصویر ۱۱- تغییرات رطوبت نسبی داخل اتاقک‌ها و رطوبت نسبی محیط در دوره‌های اندازه‌گیری (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸)

۵-۱- بحث در یافته‌ها

اثر خوون‌چینی بر کاهش انتقال حرارت از سطح نما، در گرم‌ترین ساعت‌های شبانه روز در تابستان، نشان داد که این نقش‌های آجری برجسته علاوه بر زیبایی، از منظر طراحی اقلیمی نیز قابل توجه هستند. داده‌های به دست آمده از اتاقک‌های آزمایش نشان دادند که، در گرم‌ترین ساعت‌ها، میانگین کاهش دمای سطح داخلی دیوار آجری (وجه جنوبی) و میانگین کاهش دمای داخلی اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک فاقد آن به ترتیب به ۱

و ۰/۸ درجه سلسیوس رسید. در اقلیم مورد مطالعه در بخش عمده‌ای از سال، ۲۵ تا ۳۰ درصد از اوقات سال، برای تامین شرایط آسایش در داخل ساختمان نیاز به تهویه مطبوع است (کسمایی، ۱۳۷۱). لذا کاهش انتقال حرارت محیط به داخل ساختمان، هر چند اندک، بر کاهش بار سرمایشی و مصرف انرژی ساختمان در بلند مدت موثر خواهد بود. پژوهشی که در هفت شهر با شرایط آب و هوایی متفاوت در کشور چین انجام شد، نشان داد که افزایش دمای تنظیم شده دستگاه تهویه مطبوع به مقدار ۱ درجه سلسیوس، منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی سالانه ساختمان شد (Gue et al., 2019). امکان بهینه‌سازی کارایی اقلیمی خوون‌چینی از راه تغییر در اندازه‌های اجزاء و مصالح سازنده آن قابل بررسی است. در خنک‌ترین ساعت‌های شبانه روز نقش‌های خوون‌چینی منجر به افزایش دمای متوسط سطح داخلی دیوار و به تبع آن دمای درون اتاقک نسبت به اتاقک بدون خوون-چینی شدند. میانگین افزایش دمای سطح داخلی دیوار آجری (وجه جنوبی) و میانگین افزایش دمای داخلی اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک فاقد آن به ترتیب به ۰/۴ و ۰/۳ درجه سلسیوس رسید. این پدیده ممکن است به دلیل اثر این اجزاء بر کاهش تابش معکوس از سطح نما به آسمان در شب هنگام باشد که خود در قالب پژوهشی دیگر قابل بررسی است.

٦- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با روش تجربی، به ارزیابی اثر خوون‌چینی بر کاهش انتقال حرارت از نما در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان، پرداخته شد. داده‌های به دست آمده از اتاقک‌های آزمایش با وجه جنوبی از جنس دیوار آجری، یکی دارای نقش خوون‌چینی برجسته و دیگری با همان نقش اما بدون برجستگی، در شش دوره اندازه‌گیری در طول تابستان ۱۳۹۸ نشان دادند که، در گرم‌ترین ساعت‌ها، میانگین کاهش دمای سطح داخلی دیوار آجری (وجه جنوبی) و میانگین کاهش دمای داخلی اتاقک دارای خوون‌چینی نسبت به اتاقک فاقد آن به ترتیب به ۱ و ۰/۸ درجه سلسیوس رسید. نقش‌های آجری برجسته منجر به کاهش انتقال حرارت از سطح نما و به تبع آن کاهش دمای درون اتاقک نسبت به اتاقک بدون خوون‌چینی شدند. یافته‌های تحقیق، فرضیه پژوهش مبنی بر اثر مثبت خوون‌چینی بر کاهش انتقال حرارت از نما را در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان، تایید کردند. با توجه به دست‌آورد این پژوهش و اثر سایه‌اندازی خوون‌چینی بر نمای ساختمان می‌توان چنین نتیجه گرفت که، در پیدایش این تزئین‌ها در معماری بومی خوزستان علاوه بر زیبایی، به کارایی اقلیمی آنها نیز توجه شده است. پیشنهاد می‌شود راهکارهای بهینه‌سازی کارایی اقلیمی این اجزای معماری مورد بررسی قرار گیرند تا امکان معرفی آنها به عنوان یک روش غیر فعال در بهبود شرایط حرارتی ساختمان میسر شود. در پایان، استفاده از هنر خوون‌چینی در معماری اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان، با توجه به نتیجه‌های تحقیق و به منظور حفظ ارزش‌های معماری بومی و بهره‌گیری از نظم و زیبایی آنها، توصیه می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

۱. خَوْوون

۲. برای ساخت اتاقک‌ها، پنج جهت اصلی جغرافیایی متصور بودند که به ترتیب عبارتند از، جبهه شرقی، جنوب شرقی (با زاویه ۴۵ درجه با امتداد شمال)، جنوبی، جنوب غربی (با زاویه ۱۳۵ درجه با امتداد شمال) و غربی. در هر کدام از جهت‌های فوق‌الذکر، مقدار زاویه ارتفاع خورشید در فاصله‌های زمانی ۳۰ دقیقه‌ای- از زمان شروع تا پایان تابش در آن جهت- و در روز یکم تیر ماه (بیست و دوم ژوئن) که زاویه‌ی ارتفاع خورشید دارای بیشترین مقدار نسبت به سایر اوقات سال است محاسبه شد. میانگین مقادیر زاویه ارتفاع خورشید در هر کدام از جهت‌های پنج‌گانه محاسبه و با توجه به آن مشخص شد که بیشترین میانگین مربوط به جهت جنوبی است. از آن‌جا که طول سایه بر روی سطح عمودی نسبت مستقیم با زاویه ارتفاع خورشید دارد، لذا چنین نتیجه‌گیری شد که بیشترین میزان سایه‌اندازی نقش‌های خوون‌چینی بر سطح نما در این جهت محقق می‌شود و در نتیجه جهت‌گیری اتاقک‌ها به سمت جنوب انتخاب شد.

۳. عرض دیوار، با توجه به روش اجرای خوون‌چینی، معادل عرض آجر نیمه (چهارصافه) انتخاب شد.

۴. استفاده از ساندویچ پانل به منظور به حداقل رساندن تبادل حرارت از سایر وجه‌ها است.

۵. چوب چهارتراش به ابعاد ۴×۸ سانتیمتر استفاده شد. کاربرد سازه چوبی به منظور به حداقل رساندن امکان تشکیل پل حرارتی است.

6. Givoni

7. Psychrometric Chart

8. فایل با پسوند EPW

9. Climate Consultant 6.0

۱۰. اندازه‌های آجر به کار رفته ۴×۱۰×۲۰ سانتی‌متر بود که با برش آن اجزای خوون‌چینی با اندازه‌های مورد نظر ساخته شدند.

۱۱. برای تعیین میزان سایه‌اندازی نقش‌ها، روز یکم تیرماه (بیست و دوم ژوئن) که زاویه‌ی ارتفاع خورشید دارای بیشترین مقدار نسبت به سایر اوقات سال است و در نتیجه بلندترین طول سایه بر سطح نما تولید می‌شود، انتخاب شد.

۱۲. دماسنج و ثبت‌کننده دما تماسی ساخت شرکت Lutron مدل TM-946

۱۳. پراب دما معمولی (Type K) مدل TP-01

۱۴. Resolution

۱۵. Accuracy

۱۶. ثبت کننده دما و رطوبت نسبی ساخت شرکت MIC Meter Industrial Company مدلMIC-98583

منابع

- برزگر، زهرا و حیدری، شاهین. (۱۳۹۶). بررسی نقش عمق و سایه ورودی خانه‌های سنتی در تامین آسایش حرارتی بیرونی- نمونه موردی: بافت قدیم شهر شیراز. نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، ۵ (۵)، ۲۱-۳۲

- تابان، محسن؛ پورجعفر، محمدرضا؛ بمانیان، محمدرضا و حیدری، شاهین. (۱۳۹۱). تأثیر اقلیم بر شکل تزیینات معماری با تکیه بر تحلیل میزان سایه‌اندازی خوون‌چینی‌های آجری بافت تاریخی دزفول. نشریه نقش جهان، ۲ (۳)، ۷۹-۹۰

- تابان، محسن؛ مهرکی‌زاده محمد و نجاران، سارا. (۱۳۹۸). شناخت عناصر سایه‌انداز در مسکن سنتی دزفول. معماری و شهرسازی آرمانشهر، (۲۷)، ۴۱-۲۵

- حق‌شناس، محمد؛ بمانیان، محمدرضا و قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۵). تحلیل معیارهای تابش عبوری از مجموعه شیشه‌های رنگی ارسی‌های دوره صفوی. نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ، ۱۰، ۵۵-۶۴

- دهخدا، علی‌اکبر. (۱۳۴۱). لغت‌نامه دهخدا. تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.

- رفیعی‌سرشکی، بیژن؛ رفیع‌زاده، ندا و رنجبرکرمانی، علی‌محمد. (۱۳۸۲). فرهنگ مهرازی (معماری) ایران. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

- زرگرزاده دزفولی، مجتبی؛ لاری‌بقال، سید کیانوش؛ سالاری‌نسب، نجمه و بابایی‌مراد، مهناز. (۱۳۹۵). خوون‌چینی تکامل و تناسب ابعاد آجر در نماسازی‌های آثار معماری دزفول. مطالعات معماری ایران، ۱ (۹)، ۴۷-۶۵

- زمرشیدی، حسین و صادقی حبیب‌آباد، علی. (۱۳۹۷). آجر و هنر آجرکاری از دوران باستان تا امروز. فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات شهر ایرانی اسلامی، ۹ (۳۳)، ۵-۱۷

- شریف، حمیدرضا؛ حبیبی، امین و جمال‌آبادی، عبدالله. (۱۳۹۵). کارکرد اقلیمی هنر گره‌چینی در معماری اسلامی- نمونه موردی: بناهای مسکونی قاجاری شیراز. پژوهش‌های معماری اسلامی، ۴ (۱۱)، ۶۱-۷۲

- شکفته، عاطفه؛ احمدی، حسین و عودباشی، امید. (۱۳۹۴). تزئینات آجرکاری سلجوقیان و تداوم آن در تزئینات دوران خوارزمشاهی و ایلخانی. فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، ۳ (۶)، ۸۴-۱۰۶

- کسمایی، مرتضی. (۱۳۷۱). پهنه‌بندی اقلیمی ایران مسکن و محیط‌های مسکونی. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

- مسعودی‌نژاد، مصطفی؛ طاهباز، منصوره و مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۳۹۷). بررسی رفتار حرارتی شوادان، نمونه موردی: خانه سوزنگر دزفول. مطالعات معماری ایران، دو فصلنامه معماری ایرانی، ۱۳، ۴۹-۷۰

- نشریه ۱-۱۶۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. (۱۳۸۵). مقررات و معیارهای طراحی و اجرایی جزئیات تیپ ساختمانی جلد اول: اقلیم و ویژگیهای ساختمانی، روشهای ساخت و تکنولوژی ساختمان، مصالح ساختمانی و ضوابط کاربرد آن. تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، چاپ دوم.

- نعیما، غلامرضا. (۱۳۷۶). دزفول شهر آجر. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.

- نیکقدم، نیلوفر؛ مفیدی‌شمیرانی، سیدمجید و طاهباز، منصوره. (۱۳۹۴). مقایسه تحلیلی پهنه‌بندی اقلیمی مناطق جنوبی ایران با روش کوپن-تراورتا و معیارهای آسایش گیونی. معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۸ (۱۵)، ۱۱۹-۱۳۰

- Anh Tuan Nguyen, Nguyen Song Ha Truong, David Rockwood, Anh Dung Tran Le. (2019). Studies on sustainable features of vernacular architecture in different regions across the world: A comprehensive synthesis and evaluation. Frontiers of Architectural Research, (8), 535-548.

- Coma Juliá, Pérez Gabriel, Solé Cristian, Castell Albert & F. Cabeza Luisa. (2014). New green facades as passive systems for energy savings on buildings. Energy Procedia, (57), 1851-1859.

- Coma Juliá, Pérez Gabriel, Solé Cristian, Castell Albert & F. Cabeza Luisa. (2016). Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. Renewable Energy, (85), 1106-1115.

- Minangi, Faisal & Alibaba, Halil. (2019). Effect of shading on thermal performance of Dormitory Building on Hot Climate. 610-621

- .Ruggiero, Francesco, Serra Florensa, Rafael and Dimundo, Antonella. (2009). Re-interpretation of traditional architecture for visual comfort. Building and Environment, (44): 1886-1891. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.01.006.

- Shurui Guo, Hanyu Yang, Yanru Li, Yin Zhang, Enshen Long. (2019). Energy Saving Effect and Mechanism of Cooling Setting Temperature Increased by 1°C for Residential Buildings in Different Cities. Energy & Buildings, (202)

Studying the effect of khavunchini on heat transfer from South facade in summer, in very hot and semi-arid climate of Khuzestan

Ali Dahar[1], Mansoureh Tahbaz[2*], Mohsen Taban[3]

1- Department of Architecture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2- Department of Architecture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran/ Department of Architecture, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- Department of Architecture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran/ Department of Architecture, Jundi Shapur University of Technology, Dezful, Iran

Abstract

Khavunchini is a kind of extruded ornamental brick work, using brick pieces of equal thickness and different sizes and is applied as the facade of the building. These types of ornaments are found in the vernacular architecture of Khuzestan province and have been used extensively, especially in the historical part of Dezful, in entrances and parts of the inner courtyards. The motive for the present study was studying the shading effect of these patterns on the building facade. the shadow produced by Khavunchini, especially in summer, covered a considerable area of the facade. in addition to their aesthetic role, the resulting shadow patterns can be effective in reducing heat transfer from facade in summer, in very hot climate of Khuzestan. The research objective is to test the effect of these elements on heat transfer from the facade surface. In this study, with an experimental approach, two identical cubicles were constructed with the south face of brick wall, one with a Khavunchini pattern on it and the other with the same but not extruded pattern. Due to the abundance of these ornamental elements in the Dezful historical part, the desired pattern was selected from this region. Abadan was selected, as the representative of very hot and semi-arid climate of Khuzestan, for constructing the models. The reasons for this choice were the feasibility of building the models and conducting experiments in Abadan and the climatic resemblance to Dezful as a treasure trove of Khavunchini art. The variables of ambient temperature and relative humidity, temperature and relative humidity inside the cubicles and average temperature of the cubicles' south face inner surface were recorded in six measurement periods in summer 2019. the results showed that, at the hottest hours of the day, the average temperature of the south face inner surface and the indoor temperature of the cubicle with Khavunchini compared to the cubicle without it, showed an average decrease by 1 and 0.8 °C respectively. The results confirmed the positive effect of Khavunchini on heat transfer reduction from the south facade in summer in the studied climate.

Keywords: Khavunchini, Heat Transfer, South Facade, Hot and Semi-Arid Climate, Khuzestan

[*]Email: m58tahbaz@yahoo.com

CONTENTS

Explaining the Concept of Architecture Stylistics by Introducing a New Approach in Iran's Architecture Stylistics (Motivated by architectural conservation) 30
Hadi Nadimi, Reza Abouie, Zeinab Moradi

Physical - Spatial typology of Safavid Religious tombs in Isfahan 52
Azita Belali Oskuyi, Yahya Jamali

Wind flow patterns in ancient wind catchers of Yazd based on a long term measurement (case study: Mortaz house) 70
Zhaleh Hedayat, S.Zeinab Emadian Razavi, S.Mohammad hosein Ayatollahi

Design of temporary accommodation model after the Qom potential earthquake 93
Zohair Motaki, Akbar Haj Ebrahim Zargar, AbdolMajid Khorshidian, Sayyed Masood Mirghasemi

iii nnn: Uddrrttdddigg its Ctttttt ttt iiiii i ddd tee eeeee ee it's ittt sssss in Qajar period, Based on Historical Maps 118
Mahnam Najafi, Reza Shakouri

Studying the effect of khavunchini on heat transfer from South facade in summer, in very hot and semi-arid climate of Khuzestan 139
Ali Dahar, Mansoureh Tahbaz, Mohsen Taban

Investigation of the Historical-physical classification of Haft-shoyeh Jame Mosque based on Comparative Studies 174
Mehdi Razani, Yadolahe Haydari Babakamal

Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman 197
Sara Mohammadi, Behzad Vasigh

Documentation of urban open spaces based on the principles of the Sofia Charter Case Study: Pamenar neighborhood open spaces in Kerman 225
Sakineh Tajaddini, Mohsen Keshavarz, Mahboubeh Eslamizadeh, Mahdieh Ziaadini Dashtkhaki

Learning from the past; applying space syntax theory in Atrvash and Mohtasham houses in continuity of sense of place in contemporary houses 250
Amin Habibi, Elham Fallahi, Sina Karmirad

Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-aridclimate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities) 267
Hassan Akbari, Fatemeh Sadat Hosseini Nezhad

Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House) 291
Aida Zare Mohazzabieh, Shahin Heydari, Azadeh Shahcheraghi

INSTRUCTIONS TO CONTRIBUTORS

- Scientific-research articles published after peer review and approval of the editorial board. Other papers such as translation, compilation, book reviews andw will not be accepted.
- The paper con not be previously published in other journals or other publications or conferences ever to be sent for review and printing.
- The paper should preferably Persian. Although this publication is to be confirmed in writing to publish the English language.
- The paper should have an appropriate level of scientific and research methods and rules are formulated in writing to abide by and be smooth.
- The editorial board may accept or reject the article is accepted.
- In the first page, the author (s) full name, title and affiliation, subsidiary of the organization, address, email and phone number of author/authors should be given. Also, if the paper is based on a grant or a student thesis, it should be noted accordingly on the first page.
- The paper should include an abstract, introduction (including the problem statement, the importance and necessity, goal, history, questions or hypotheses, research methods, introduced variables and domain research), concepts and on theoretical grounds, the application of methods and techniques and analysis and conclusions (in line with the goals and hypotheses or questions and results of applying the techniques and methods), and references.
- Abstracts should be written in Persian and English and its review of the problem statement, goals, methodology, findings and conclusions and key words (4 to 6 words). This alone should be expressed in all the paper, especially the results. Persian abstract is about 350 words. Persian and English abstracts must be provided in a separate page and be numbered from No. 1 to the end.
- Papers typed on Bzar font. The main title font is 14 Black, the sub title font is 12 Black, text font is 14 and abstracts font will be typed size 12.
- The right margin of 3 cm, left margin of 2/5, up 3/5 and bottom 2/5 cm and distance between the lines to be single.
- Bibliographic information about papers, books, reports and other references will be made this way:
  - Book: Author(s). (year). book title, translator, publisher and location, publishing time.
  - Paper: Author(s). (year). full paper title, Journal's name, volume, number.
  - Thesis: Author. (year). full thesis title, supervisor name, university name.
- The sole responsibility for views and statements expressed in the paper remains with the author/autors.
- If a paper has several authors, one must be represented as the author corresponding.