

بررسی عملکرد بازشوهای دوپوسته در ساختمان‌های سنتی نواحی سردسیری ایران؛

نمونه‌ی موردی: خانه قدکی و خانه گنجه‌ای زاده در تبریز*

مسعود رسولی لارمایی^۱، یاسر شهبازی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۹

چکیده

معماری بومی در هر اقلیم با محیط پیرامون خود هماهنگ بوده و در تمامی خرد اقلیم‌ها، فرمت و کالبد معماری از کل تا جزء در راستای پاسخگویی به شرایط محیطی و به منظور آسایش و راحتی انسان، شکل گرفته است. در این راستا، حفظ ساختمان در برابر سرمای محیط و استفاده‌ی بهینه از نور خورشید به عنوان منبع گرما در نواحی سرد کشورمان، که طول دوره‌ی سرما بسیار طولانی‌تر از دوره‌ی گرما می‌باشد، همواره الویت طراحی معماران سنتی این مناطق بوده است. پوسته‌های ساختمانی مرز بین فضای داخل و خارج ساختمان هستند و نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی بر عهده دارند. از میان پوسته‌ها و جداره‌های مختلف پرکاربرد در مناطق مختلف سردسیر، نماهای دوپوسته یکی از بهینه‌ترین انتخاب‌ها در مدیریت تعامل بین فضای داخلی و خارجی بوده است. ارزیابی نقشه‌ها و مشاهدات میدانی صورت گرفته از جداره‌ها و بازشوهای موجود در ساختمان‌های سنتی شهر تبریز، که قدمت بیشتر آن‌ها به دوران قاجار بر می‌گردد، حاکی از کاربست بازشوهای دو جداره‌ای است که به منظور ورود حداکثری نور و حداقل اتلاف حرارتی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله از روش تحقیق کمی با تکنیک‌های مدل‌سازی عددی برای یک نمونه‌ی موردی شاهد استفاده شده و هدف اصلی آن اعتبارسنجی به تفکر معماران سنتی بر مبنای مدل‌سازی عددی بازشوهای دوپوسته در ساختمان‌های واقع در اقلیم سرد است. از این رو، با شبیه‌سازی انرژی یک واحد آزمایشی شاهد به ابعاد ۴ × ۵ متر واقع در اقلیم سرد تبریز با هندسه، جانمایی و مشخصات مصالح بازشوهای تقریباً منطبق بر بازشوهای خانه‌های قدکی و گنجه‌ای زاده، عملکرد نمای دوپوسته در کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مصرف انرژی گرمایشی در واحد شاهد مورد نظر با استفاده از نمای دوپوسته و با در نظر گرفتن تمامی فرضیات بکار رفته در شبیه‌سازی‌ها حدود ۴۲/۶۴٪ کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

نمای دوپوسته، نواحی اقلیمی سرد، معماری بومی، شبیه‌سازی انرژی.

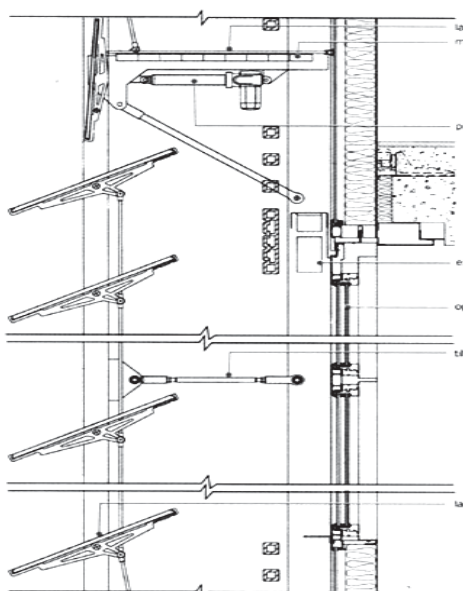
۱. کارشناسی ارشد تکنولوژی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
۲. استادیار سازه‌های هوشمند و تکنولوژی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

* این مقاله بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده، آقای مسعود رسولی لارمایی می‌باشد.

۱- مقدمه

طریق جریان هوای وارد شده و به دلیل اثر شناوری تهویه می‌شود. لایه‌ی خارجی معمولاً از جنس شیشه بوده در حالیکه لایه‌ی داخلی می‌تواند از هر جنسی تولید شود. جداری خارجی فضای داخلی عمدتاً دارای جرم حرارتی است (Hasemi, Fayaz and Sarshar, 2010: 1824).

توسعه‌ی تکنولوژی نمای دوپوسته در اقلیم‌های سرد آغاز شد. اولین نمای دوپوسته‌ی واقعی در سال ۱۹۰۳ میلادی در آلمان ساخته شده و به دنبال آن پیشرفت‌های بعدی نمای دوپوسته در اواخر دهه‌ی ۷۰ میلادی به اوج خود رسید. در سال ۱۹۷۸ گروه معماری کنان^۱ با کمک هوک^۲، ساختمان اداری هوکر^۳ در نیویورک را طراحی نمود. این اولین طراحی نمای دوپوسته بود که هم‌زمان طراحی سیستم تهویه را نیز مدنظر قرارداد (Alessi, 2006: 6). بعد از آن در سال ۱۹۸۰ و با پذیرش نماهای دوپوسته در اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن، این سیستم گسترش چشمگیری یافت (Zhou, Chen, 2010: 1322). در اواخر دهه‌ی ۹۰، دلایل زیست محیطی در درجه‌ی دوم اهمیت قرار گرفتند و ایده‌های زیبایی‌شناسانه و هندسی مورد توجه قرار گرفت (Alessi, 2008: 6). با این‌حال، در سال ۱۹۹۸، رنزو پیانو، سازگارترین سیستم نمای دوپوسته را طراحی نمود. شکل، مقطع قسمتی از برج دبیس^۴ برلین که توسط رنزو پیانو طراحی شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مقطع قسمتی از برج دبیس، رنزو پیانو، برلین، آلمان (Alessi, 2008: 6).

هم اکنون حدود ۸۰٪ انرژی در جهان از سوخت‌های فسیلی تأمین شده و تا سال ۲۰۰۰ میلادی، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید انرژی تنها در حدود ۴٪ بوده است. مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی در قرن گذشته علاوه بر اینکه خطر اتمام سوخت‌های فسیلی را به همراه داشته، سبب گرم شدن جو زمین نیز شده است. افزایش ۲ درجه‌ای دمای زمین نشان می‌دهد که آن آینده‌ی هراس‌انگیز پیش‌بینی شده فرا رسیده است (Andrejko, 2008: 10). شاید به جرأت بتوان گفت که یکی از بهترین گزینه‌ها در مدیریت مصرف انرژی در مناطق مختلف دنیا، کاربست راهکارهای معماری سنتی آن مناطق به عنوان پارامترهای مؤثر طراحی است. چگونگی تقابل طبیعت و معماری، واکنشی است که انسان در نقاط مختلف کره‌ی زمین از خود نشان داده و خواهد داد. معماری با ارزش باقی مانده از دوران گذشته نشان‌دهنده‌ی غلبه‌ی کامل یا ناقص انسان بر عواملی همچون مسائل اقلیمی و آب و هوا می‌باشد. در کشور ما ایران به علت وجود شرایط متنوع اقلیمی، معماری در هر اقلیم دارای فرمت و کالبد منحصر به فرد خود است به گونه‌ای که در خرد اقلیم‌ها نیز، کالبد معماری در حتی در جزئیات بنا به منظور پاسخگویی به شرایط محیطی با یکدیگر متفاوتند. در غرب و شمال غرب کشور و به عبارت دیگر در نواحی اقلیم سرد و کوهستانی، فرمت معماری به گونه‌ای تعریف می‌شود تا با حداکثر جذب حرارتی خورشیدی توسط نمای ساختمان و مدیریت انرژی خورشیدی به عنوان منبع تجدیدپذیر انرژی خارجی، مصرف انرژی گرمایشی در درون بنا کاهش یابد. برای مثال، استفاده از جداره و پوسته‌ی دوم در سقف‌ها، کنام، در معماری سنتی این مناطق رایج بوده است. در این ایده، هوای محصور بین فضای میانی کنام‌ها به عنوان یک لایه عایق حرارتی به منظور کاهش برون رفت گرمای درونی ساختمان، عمل می‌کند. پوسته‌های ساختمانی مرز بین فضای داخل و خارج ساختمان بوده و نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی بر عهده دارند. نمای دوپوسته یکی از گزینه‌ها برای پوسته‌ی ساختمان است. اصطلاح نمای دوپوسته در واقع همان ایده‌ی نمای انعطاف‌پذیر متشکل از دو جداره‌ی مختلف است که با یک حفره‌ی میانی از هم جدا می‌شوند. حفره‌ی میانی وظایف جمع‌آوری تابش خورشیدی در زمستان (اثر گلخانه‌ای) و یا تخلیه‌ی آن در تابستان (تهویه‌ی طبیعی) را بر عهده دارد. این حفره از

قبل از پیدایش نماهای دوپوسته واقعی، این سیستم در بنا: شه ساختمان: ها، مسکن: د، اقلیم: ساد: ا: به منظره،

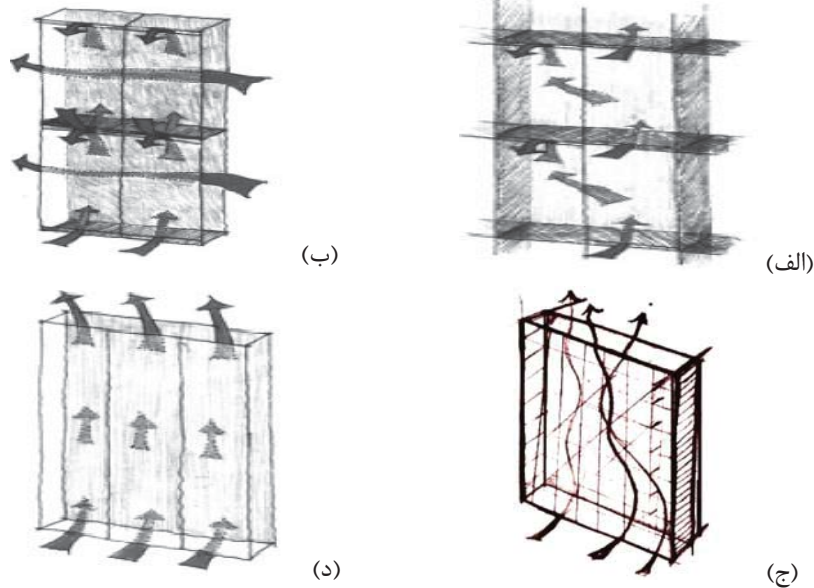
مقوله‌ی انرژی، عملکرد اکوستیکی این ساختمان‌ها نیز بسیار پایین است. در نتیجه توانایی مقابله‌شان در برابر تغییرات آب و هوایی پایین‌تر از حد انتظار است. اما با توجه به نتایج شبیه‌سازی صورت گرفته می‌توان بیان نمود که کاربست سیستم‌های غیرفعال ارزشمند معماری سنتی این مناطق در قالب نما و بازشوهای دوپوسته‌ی واگرا بجای استفاده از نماهای شیشه‌ای امروزه، راهکاری مؤثر در پاسخگویی به شرایط محیطی بالخصوص در طول دوره‌ی سرما می‌باشد.

۲- اجزا و عملکرد نماهای دوپوسته

در حالت کلی، یک نمای دوپوسته از لایه‌ها و قسمت‌های مختلفی شامل پوسته‌ی خارجی، پوسته‌ی داخلی، حفره‌ی میانی و تجهیزات سایه‌اندازهای خورشیدی تشکیل شده است. پوسته‌ی خارجی معمولاً شامل یک شیشه‌ی سخت‌شده است که در برخی موارد می‌تواند تمام شیشه‌ای نیز باشد. در عوض، در پوسته‌ی داخلی می‌توان از انواع شیشه‌های دوجداره‌ی شفاف، جذب‌کننده و کنترل‌گر خورشیدی استفاده نمود. معمولاً این پوسته تمام شیشه‌ای نیست، بلکه می‌توان در قسمت‌هایی از آن از بازشوهای شیشه‌ای و در قسمت‌های دیگر از مصالحی با جرم حرارتی بالا برای ذخیره‌ی انرژی حرارتی در طول روز استفاده نمود. حفره‌ی میانی فضای تو خالی بین دو لایه‌ی خارجی و داخلی است که به صورت طبیعی و یا مکانیکی تهویه شود. عرض فضای تو خالی حفره‌ی میانی معمولاً بین ۰/۲ تا ۲ متر متغیر است. ایده‌ی اصلی در استفاده‌ی گسترده از شیشه در پوسته‌ی خارجی آنست که با دسترسی مستقیم به نور خورشید، میزان بیشتری از نور خورشید در زمستان وارد فضای داخلی شود. اما با ورود زیاد نور خورشید در دوره‌ی گرما و یا در مناطقی با اقلیم گرم، دما در حفره‌ی میانی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در این صورت میزان زیادی از انرژی ذخیره شده در دوره‌ی سرما بدلیل عملکرد گلخانه‌ای نمای دوپوسته می‌بایست صرف بار سرمایشی ساختمان در دوره‌ی گرم شود. از این رو، استفاده از راهکارهای طبیعی سرمایش در نمای دوپوسته بسیار مهم است. یکی از راهکارهای طبیعی سرمایش استفاده از سایه‌اندازها است که از متداول‌ترین آنها می‌توان به سایه‌اندازهای کرکره‌ای اشاره نمود (Dickson, 2006: 8).

جذب و جلوگیری از هدر رفت انرژی در دوره‌ی سرما به وفور مورد استفاده قرار گرفته است. گواه این ادعا، جداره‌ها و بازشوهای برخی از ساختمان‌های قدیمی بجا مانده از دوران قاجار و پهلوی در تبریز است که از مهمترین آنها می‌توان به مجموعه‌ی تاریخی ساختمان‌های بهنام، گنجه‌ای زاده، قدکی و صدقیانی اشاره نمود. مجموعه‌ی مذکور در حال حاضر، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز را شامل می‌شوند.

روش تحقیق حاضر از نوع تحقیق کمی با تکنیک‌های مدل‌سازی عددی در یک نمونه‌ی موردی شاهد است. در این راستا، ابتدا با استناد به نقشه‌ها و تصویرهای گرفته شده از ساختمان‌های فوق و بازنگری‌های میدانی، موجودیت نمای دوپوسته به همراه جزئیات و ابعاد هندسی آنها استخراج شده است. بعد از آن، شبیه‌سازی عددی نمای دوپوسته در یک واحد آزمایشی شاهد با ابعاد 4×5 متر و به ارتفاع ۳ متر با یک پنجره‌ی رو به جنوب صورت گرفته است. در شبیه‌سازی انرژی سعی شده است که تا حد امکان تمامی مشخصات مصالح و نوع بازشوی دوپوسته‌ی پنجره جعبه‌ای در مدل شاهد با موارد مشابه در ساختمان‌های موردی قدکی و گنجه‌ای زاده همخوانی کاملی داشته باشد. نتایج شبیه‌سازی انرژی حاکی از آنست که با استفاده از نمای دوپوسته‌ی پنجره جعبه‌ای در واحد آزمایشی شاهد، مصرف سالیانه‌ی انرژی در حدود $64/42$ ٪ کاهش می‌یابد. بایستی توجه داشت که میزان بهره‌وری انرژی بدست آمده برای مدل شاهد برقرار است. با این حال، تعمیم مقوله‌ی کاهش مصرف انرژی سالیانه و بخصوص انرژی گرمایشی برای نمونه‌های موردی نیز استوار است. از طرف دیگر، دلیل انتخاب هندسه‌ی فوق‌الذکر، که ابعادی استاندارد برای کاربری اداری است، آنست که بتوان علاوه بر اعتبارسنجی تفکر معماران سنتی تبریز در استفاده از نما و بازشوهای دوپوسته در کاهش مصرف انرژی سالیانه، عملکرد این نوع سیستم در بناهای نوین تبریز نیز دیده شود. سرانه‌ی مصرف انرژی ساختمان‌های اداری و تجاری که بیشتر آنها دارای نمای شیشه‌ای هستند بسیار بالا است. در حالی که شیشه به‌عنوان پوسته‌ی خارجی ساختمان از لحاظ اتلاف انرژی حرارتی، ضعیف‌ترین بخش ساختمان محسوب می‌شود و مشکلاتی از جمله اتلاف حرارتی، میعان و گرمای فوق‌العاده زیاد در تابستان و سرد شدن سریع فضاها در زمستان را به همراه دارد. علاوه بر



شکل ۲: انواع نمای دوپوسته بر مبنای سیستم حفره‌ی میانی؛ الف) پنجره‌ی جعبه‌ای، ب) دالانی، ج) چند طبقه، د) محفظه‌ی عمودی

اقلیم، بنا بایستی به نحوی شکل گیرد که در زمستان حداکثر گرما را جذب نموده و در طول شب حفظ نماید. از طرف دیگر، در تابستان حداقل جذب مستقیم خورشیدی را داشته باشد. با نگاهی به معماری بومی این مناطق می‌توان دریافت که برای نیل به این هدف، راهکارهای ساده و مؤثری در مقوله‌ی ساخت و ساز در نظر گرفته شده است. برای مثال، که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- به دلیل سرمای بسیار زیاد در شهر تبریز بهتر است فرم ساختمان فشرده و از پلان‌های مربع استفاده شده است. (کسمایی، ۱۳۸۴: ۱۲۰).
- فضاهای گرم‌زا در مرکز و فضاهای کم‌اهمیت یا کنترل نشده مانند انبار جهت ایجاد عایق حرارتی در قسمت شمال و غرب پلان قرار داده شده‌اند (کسمایی، ۱۳۸۵: ۱۷۰).
- از ایجاد اتاق و فضاهای بزرگ در داخل بنا اجتناب شده زیرا با افزایش سطح تماس با فضای سرد بیرون، گرم کردن فضای داخلی با مشکل همراه است.
- بام ساختمان به منظور نگهداری برف و ایجاد لایه‌ی عایق حرارتی بر روی آن مسطح اجرا شده است.
- سقف اتاق‌ها پائین‌تر از سایر مناطق ایران در نظر گرفته شده تا حجم اتاق کاهش یابد و سطح جداره‌های خارجی نسبت به حجم بنا کمینه گردد.
- دیوارها نسبتاً قطور و از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا تشکیل شده‌اند (قبادیان، ۱۳۸۵: ۱۰۲). همچنین، برای جلوگیری از تبادل حرارتی بین داخل و خارج بنا از بازشوهای کوچک و به تعداد کم استفاده می‌کنند.

نماهای دوپوسته‌ی موجود را می‌توان بر اساس نوع سیستم حفره‌ی میانی و شیوه‌ی جریان هوا دسته‌بندی نمود. نماهای دوپوسته بر اساس سیستم حفره‌ی میانی، که نوعی تقسیم‌بندی فیزیکی به حساب می‌آید، به گروه‌هایی همچون پنجره‌ی جعبه‌ای، دالانی، چند طبقه و محفظه‌ی عمودی تقسیم می‌شوند (رجوع شود به شکل ۲).

۳- بررسی عملکرد نماهای دو پوسته در

ساختمان‌های سنتی مناطق سردسیری

در این قسمت، به بررسی نحوه‌ی عملکرد بازشوها به عنوان نمای دوپوسته در ساختمان‌های سنتی مورد مطالعه می‌پردازیم. بدین منظور پس از بررسی خصوصیات اقلیمی نواحی سرد، یک معرفی کلی از ساختمان‌های مورد نظر به همراه پارامترهای طراحی اقلیمی آن‌ها ارائه می‌شود. سپس عملکرد بازشوهای هر یک از ساختمان‌های مورد مطالعه در هر دو دوره‌ی سرما و گرما مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴- خصوصیات اقلیمی مناطق سرد و کوهستانی

کوهستان‌های غربی که دامنه‌ی غربی رشته کوه‌های فلات مرکزی ایران و سراسر کوه‌های زاگرس را در بر می‌گیرند، از مناطق سردسیر کشور به شمار می‌آیند. سرمای شدید در زمستان و هوای معتدل در تابستان، اختلاف بسیار زیاد درجه‌ی حرارت هوا بین دمای شب و روز، بارش سنگین برف و رطوبت کم هوا را می‌توان به عنوان کلیات آب و هوای این منطقه برشمرد. بناهای سنتی در این اقلیم به گونه‌ای شکل گرفته‌اند که به تمامی پارامترهای اقلیمی پاسخگو باشند. در مقوله‌ی آب و هوا و مصرف بهینه‌ی انرژی در این

مانده به دوران قاجار و پس از آن برمی‌گردد. بازه‌ی تاریخی که تکنیک ساخت بنا به مرحله‌ی خاصی از اجرا می‌رسد. در آن دوره به عنوان قاعده‌ی کلی در بناهای بیرونی و اندرونی از سه اصل طراحی، اساس‌سازی و ناماسازی استفاده شده است (زمرشیدی، ۱۳۹۰: ۲). ناماسازی خانه‌های سنتی تبریز همانند بافت شهری متراکم و براساس اقلیم منطقه برای مقابله با سرمای شدید طراحی شده‌اند. نما دارای ایوان‌ها و بازشوهای کوچک و دیواره‌های قطور هستند. یکی از مهمترین الگوها در طرح اکثر خانه‌های سنتی تبریز استفاده از تقسیمات به صورت اعداد فرد (سه، پنج، هفت) در بدنه‌ها، نماها و به خصوص در ریتم پنجره‌ها، اتاق‌ها و قاب‌ها می‌باشد. این الگو منجر به فضاهای خالی در قسمت وسط این تقسیمات می‌شود. فضای خالی ایجاد شده عمدتاً به عنوان عنصر محوری و مرکزی اغلب بزرگتر و با اهمیت‌تر از پنجره‌های کناری است (عبدالهی، ۱۳۸۷: ۶۶). در جدول ۱، چهار نمونه از نماهای خانه‌های سنتی تبریز در دوره‌ی قاجار و اوایل پهلوی اول نشان داده شده است. در جدول ۲، شاخص‌های انرژی هر یک از این بناها ارائه شده‌اند.

فاکتورهای معماری فوق در اکثر بناهای بومی و روستایی اقلیم سرد کم و بیش به چشم می‌خورد. با این حال در این مناطق، بناهای سنتی ارزشمندی که اغلب متعلق به دوران قاجار هستند، وجود دارد که در بعضی از آن‌ها از بازشوهای بزرگ و سقف‌های بلند استفاده شده است. معماران سنتی تبریز در مواجهه با این شرایط مستثنی و جهت پاسخگویی به شرایط اقلیمی، پارامترها و راهکارهای نوآورانه‌ای در عصر خویش برای بهبود عملکرد بنا در پوسته و پوشش سقف این بناها ارائه نموده‌اند. در ادامه به بررسی این پارامترها در پوسته‌ی بناهای سنتی تبریز پرداخته، و سپس عملکرد بازشوها در بناهای قدیمی نمونه‌ی موردی تجزیه و تحلیل شده‌اند.

۵- بررسی پوسته‌ی بناهای مسکونی شهر تبریز

معماری سنتی ایران دارای ویژگی‌های خاص و منحصر به فردی است که اقلیم و دین را در هم آمیخته و دارای مشخصاتی همچون طراحی مناسب، محاسبات دقیق، فرم‌های صحیح پوششی، رعایت مسائل علمی، ایوان بلند و تزئینات گوناگونی است که در عین سادگی بر اصولی همچون درون‌گرایی و حجاب استوار است (منصوری، ۱۳۸۹: ۳۹). در تبریز، قدمت بیشتر خانه‌های سنتی بجا

جدول ۱: پوسته تعدادی از بناهای مسکونی سنتی تبریز



جدول ۲: شاخص‌های انرژی در بناهای مسکونی سنتی تبریز (سینگری، عبدلی ناصر، ۱۳۹۱: ۵۹)

مساحت نما (m ²)	مساحت بازشوها (m ²)	درصد بازشوها	ضخامت دیوارها (m)	جنس و مقاومت حرارتی دیوار (w/m ² c)	ضریب انتقال حرارتی دیوار (w/m ² c)	قاب پنجره و ضریب انتقال حرارت (w/m ² c)	درصد سایه
۱۶۴/۷۲	۶۰/۳۹	۳۶٪	۰/۵	۰/۶۳ - خشتی	۱/۵۸	چوبی - ۵	۱۳٪
۲۴۱/۶۴	۷۷/۳۴	۳۲٪	۰/۵	۰/۶۳ - خشتی	۱/۵۸	چوبی - ۵	۹٪
۱۹۵/۲۶	۵۳/۷	۲۷٪	۰/۵	۰/۶۳ - خشتی	۱/۵۸	چوبی - ۵	۱۴٪
۱۰۴/۱	۲۱/۹۵	۲۱٪	۰/۵	۰/۶۳ - خشتی	۱/۵۸	چوبی - ۵	۸٪

فولاد، بازشوها محدود به دهانه نبوده و بازشوه‌های پیوسته شیشه‌ای ایجاد شد. همچنین بجای دیوارهای باربر سازه‌ای قاب‌های فولادی بکار گرفته شده و به منظور کاهش بار مرده ساختمان از ضخامت جداره‌ها کاسته شد. با کاهش ضخامت دیوارهای بنا، انتقال حرارت از جداره‌های خارجی و به تبع آن، مصرف انرژی فسیلی برای گرمایش فضا در طول دوره گرما افزایش یافته است. در شکل ۳ نمونه‌هایی از پوسته ساختمان‌های مدرن در شهر تبریز و در جدول ۳ شاخص‌های انرژی آن‌ها ارائه شده است.

همان‌طور که در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است، فرمت کلی بناها از یک قانون کلی پیروی نموده و میزان نسبت سطوح شفاف و کدر و میزان بازشوها در یک دامنه‌ی عددی محدود متغیر است. از این‌رو به نظر می‌رسد که می‌توان عملکرد بازشوها در یک بنای شاخص را به عنوان نمونه تأیید شده بررسی نموده و سایر بناهای سنتی تعمیم داد. در مقایسه با سبک معماری سنتی تبریز، با ورود مدرنیته مخصوصاً در دوره‌ی پهلوی دوم بناها به‌طور ناگهانی دچار بی‌هویتی شده و طراحی بناها بی‌توجه به خواسته‌ها و دیدگاه‌های باطنی مردم صورت گرفته است. با ورود آهن و



شکل ۳: پنج نمونه از پوسته بناهای مدرن تبریز (سینگری، عبدلی ناصر، ۱۳۹۱: ۵۹)

جدول ۳: شاخص‌های انرژی در بناهای مدرن تبریز

مصلح مورد استفاده در نما	مساحت نما (m ²)	مساحت بازشوها (m ²)	درصد بازشوها	ضریب انتقال حرارتی دیوار (w/m ² c)	قاب پنجره و ضریب انتقال حرارت (w/m ² c)	ضخامت دیوارها (m)
آجری	۱۰۱/۸۵	۴۲/۵	٪۴۱	۲/۶۳	فلزی - ۵/۸	۰/۲
سنگ تراورتن	۶۸/۴۵	۲۶/۸۳	٪۳۹	۲/۷۷	فلزی - ۵/۸	۰/۲
سنگ تراورتن	۷۹/۲۵	۲۴/۲۸	٪۳۰	۲/۷۷	فلزی - ۵/۸	۰/۲
سنگ تراورتن	۶۱/۵۴	۱۹/۰۸	٪۳۱	۲/۷۷	فلزی - ۵/۸	۰/۲
سنگ تراورتن	۶۲/۹۱	۲۰/۴	٪۳۲	۲/۷۷	فلزی - ۵/۸	۰/۲

شهر تبریز پرداخته شود و در گام بعدی تأثیر این ویژگی‌ها و سیستم‌ها در بناهای مدرن، در یک نمونه‌ی آزمایشگاهی شاهد مورد تحلیل و آنالیز قرار گیرد. از این‌رو، در قسمت بعدی به بررسی عملکرد بازشوه‌های دوپوسته در ساختمان‌های سنتی مورد نمونه، خانه‌های گنجه‌ای زاده و قدکی، پرداخته شده است.

بررسی عملکرد بازشوه‌های دو پوسته در خانه‌های گنجه‌ای زاده و قدکی

در حال حاضر خانه‌ی گنجه‌ای زاده در دو ضلع شمالی و غربی مجموعه‌ی دانشکده‌ی معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز به صورت متصل به همدیگر قرار دارند. ساختمان ضلع شمالی در اواخر دوره‌ی قاجار و ساختمان

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ضریب انتقال حرارتی جداره‌ها سنتی ۱/۵۸ w/m²c بوده در صورتی که در جداره‌های مدرن ۲/۶۳ تا ۲/۷۷ می‌باشد. این اعداد نشان‌دهنده‌ی انتقال حرارت بیش‌تر و اتلاف انرژی بیشتر در فضاها‌ی مدرن می‌باشد. همچنین، قاب پنجره در خانه‌های تاریخی چوبی و با ضریب انتقال حرارتی w/m²c ۵ و در بناهای مدرن با قاب فلزی با ضریب انتقال حرارتی ۵۸/۸ w/m²c است. همان‌طور که پیش‌تر در مورد دلیل انتخاب هندسه‌ی نمونه‌ی شاهد در شبیه‌سازی بیان شد، در این پژوهش سعی می‌گردد پس از مقایسه‌ی شاخص‌های انرژی نماهای سنتی و مدرن به بررسی پارامترهای طراحی مؤثر جداره‌ها در نواحی سرد و خشک

ساختمان‌سازی عصر قجری را به نمایش می‌گذارد. پنجره‌های اروسی مشجر، نقش طرح‌های زیبا بر دیوار آجری، قرینه‌سازی فضای سبز دو طرف حوض حیاط بنا و ستون‌های پیچی از جمله ویژگی‌های بارز خانه‌ی قدکی است. به عقیده‌ی کارشناسان این بنا یکی از بهترین نمونه‌های معماری ایرانی برای سکونت در اقلیمی با شرایط تبریز محسوب می‌شود. در شکل ۴ نمایی از ساختمان‌های گنجه‌ای‌زاده و قدکی نشان داده شده است.



(ب)

ضلع غربی در اوایل حکومت پهلوی اول ساخته شده است. این ساختمان‌ها به تبعیت از سبک رایج این دوره به صورت معماری کاملاً برون‌گرا بنا شده و در تزئینات آن از موتیف‌های معماری نئوکلاسیک مانند سنتوری و سرستون‌های کرنین استفاده شده است. خانه‌ی قدکی نیز در قسمت مرکزی مجموعه‌ی دانشکده واقع شده است. این بنا که در اواسط دوران حکومت قاجار و در اوج حیات سیاسی و اقتصادی دارالسلطنه تبریز ساخته شده است با سرستون‌های زیبا و طاق‌های متقارن خود، تصویری زیبا از



(الف)

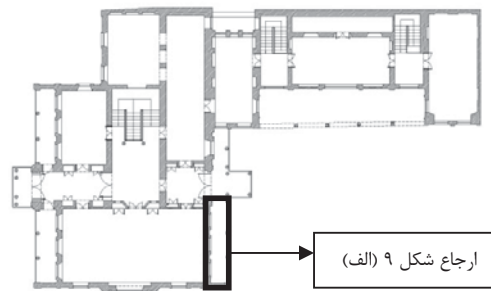
شکل ۴: الف) خانه گنجه‌ای زاده ب) خانه قدکی، حیاط زمستانه واقع در دانشکده‌ی معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

در این حالت، سطح تماس با جداره‌ی خارجی کوچک است ولی مساحت بازشوی داخلی جداره که درون فضای بنا قرار می‌گیرد به تناسب بزرگتر می‌شود. این راهکار امکان ورود حداکثری نور روز به درون فضا را فراهم می‌سازد و سبب ارتقاء روشنایی درون فضا می‌گردد. در شکل ۵ مقطع و برش و در شکل ۶، برش و مقطع بازشوهای ساختمان گنجه‌ای‌زاده نشان داده شده‌اند.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، بازشوها در این اقلیم به گونه‌ای به کار گرفته شده‌اند که با کمینه مساحت بازشوها، میزان انتقال تبادل حرارتی در طول دوره‌ی سرما به کمترین مقدار ممکن برسد. از طرف دیگر با به حداقل رساندن شفافیت، بازشوها می‌بایست به گونه‌ای طراحی شوند که حجم دیوار مانع ورود نور و روشنایی به درون فضا نشود. در واقع با حداقل پرت حرارتی، حداکثر نور وارد فضا شود. بدین منظور بازشوها به حالت واگرا طراحی شده‌اند.

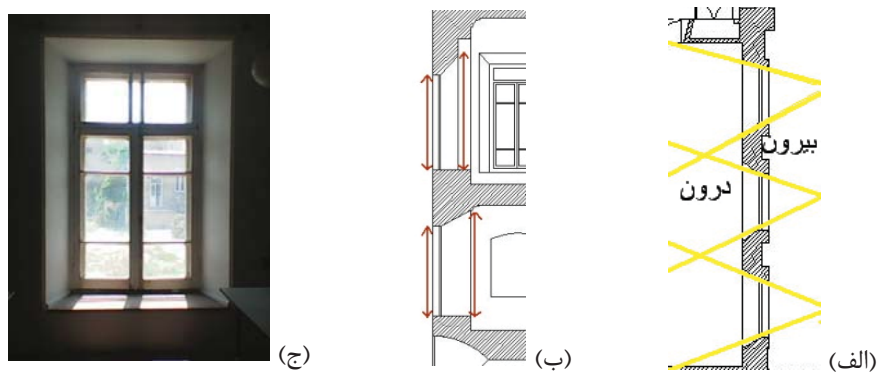


ارجاع شکل
۹ (ب)



ارجاع شکل ۹ (الف)

شکل ۵: پلان طبقه‌ی اول ساختمان گنجه‌ای‌زاده (سمت راست)، مقطع ساختمان گنجه‌ای‌زاده (سمت چپ) (آرشیو دفتر فنی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز)



شکل ۶: (الف) پلان، (ب) مقطع عمودی، (ج) نمونه‌ای از بازشوها در ساختمان گنجه‌ای زاده (نگارندگان)

در زمستان (اثر گلخانه‌ای) و یا تخلیه‌ی آن در تابستان (تهویه طبیعی) را بر عهده دارد. در واقع علاوه بر ایجاد یک لایه عایق حرارتی (هوای میانی) در بازشوها، یک سامانه‌ی غیرفعال خورشیدی (اثر گلخانه‌ای) در زمان حضور خورشید فراهم شده و خود بازشوها به عنوان یک منبع گرمایشی خورشیدی غیرفعال در طی دوره سرما عمل می‌کنند. در شکل ۷، نمونه‌هایی از این بازشوها دوپوسته در ساختمان قدکی و گنجه‌ای زاده دیده می‌شود.

بازشوهای این دو ساختمان به دلیل وجود یک پوسته و پنجره‌ی مضاعف همانند سیستم نمای دوپوسته عمل می‌کند. این بازشوها به صورت طبیعی تهویه می‌شوند و بر الگوی نمای دوپوسته‌ی پنجره‌ی جعبه‌ای منطبق است. پنجره‌ها دارای یک فریم بازشو به سمت داخل می‌باشند که اجازه‌ی ورود و خروج هوا را فراهم می‌سازند. در واقع این دو پنجره‌ی مختلف با یک حفره‌ی هوایی میانی از هم جدا شده‌اند. حفره‌ی میانی وظایف جمع‌آوری تابش خورشیدی



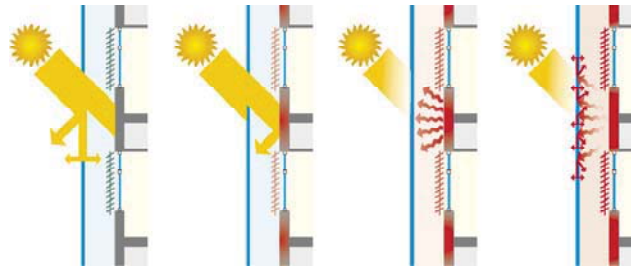
شکل ۷: بازشوهای دوپوسته بال شرقی ساختمان قدکی: (الف) حالت باز داخلی، (ب) بسته؛ بازشوهای جنوبی ساختمان گنجه‌ای زاده: (ج) بسته، (د) حالت باز داخلی (نگارندگان)

می‌شود. پس از مدتی درجه‌ی حرارت جداره‌ی خارجی شیشه‌ای، با جذب پرتوهای حفره‌ی میانی و همچنین جذب قسمتی از نور خورشید بالا می‌رود. حال بخشی از این پرتوهای جذب شده در هر دو سمت شیشه ساطع می‌شوند. بخشی از این تابش بدین طریق به دام می‌افتد که درجه‌ی حرارت هوای فضای داخلی را به علت رسانش انتقالی بین دیواره‌ها و هوای پوسته‌ها افزایش می‌دهد. این فرآیند با عنوان اثر گلخانه‌ای شناخته می‌شود. این اثر در شکل ۸ نشان داده شده است (Gratia, De Herde, 2006: 200). در واقع در آب و هوای سرد، نمای دو پوسته به عنوان یک مبدل حرارتی عمل می‌کند، به طوری که انرژی تابشی در بین دو لایه ذخیره شده و تقریباً دمای آن بادمای داخل

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، عمق حفره‌ی میانی بازشوهای دوپوسته‌ی جعبه‌ای ساختمان قدکی بیشتر از بازشوهای جعبه‌ای ساختمان گنجه‌ای زاده است و جریان هوایی در میان حفره برقرار است. درجه‌ی حرارت هوای حفره‌ی میانی تحت تأثیر پارامترهای زیادی از قبیل تابش خورشید، دمای هوای بیرون، سرعت باد، وضعیت باز و بسته بودن بازشوها، نوع شیشه و وجود یا عدم وجود سایه‌اندازها قرار دارد. وقتی نور خورشید به پوسته‌ی خارجی برخورد می‌کند، بخشی از آن منعکس و یا جذب، و قسمتی از آن نیز عبور داده می‌شود. اشعه‌های خورشید که از پوسته‌ی خارجی عبور می‌کنند، توسط پوسته‌ی داخلی جذب شده و درجه‌ی حرارت آن را بالا برده و سپس در جهات مختلف ساطع

می‌کنند. زیرا در این بازشوها هر دوپوسته قابلیت باز و بسته شدن را دارند و به کاربر اجازه می‌دهند تا در دوره‌ی گرما هریک از پنجره‌ها اعم از داخلی یا خارجی را به حالت باز قرار داده و امکان حبس هوا در حفره میانی و تشکیل اثر گلخانه‌ای کاهش یابد. به عبارت دیگر در این حالت بازشوهای دوپوسته به بازشوهای تک لایه‌ی معمولی تبدیل خواهند شد. در شکل ۹ نمونه از این بازشوها در فصل تابستان را نشان می‌دهد.

ساختمان برابر می‌شود. این امر سبب کاهش تبادل حرارتی فضای داخل با محیط خارجی می‌گردد (Alessi, 2008: 17). در عوض در تابستان با تابش شدید خورشید و به سبب دمای بالای محیط و حضور طولانی‌تر خورشید در طول روز، حفره‌ی میانی در طی روز گرم شده و در کل شب نیز عمدتاً گرم می‌ماند. این امر بار سرمایشی ساختمان را به میزان زیادی افزایش می‌دهد. با این حال در این بناها، بازشوها نسبت به نماهای دو پوسته‌ی پنجره‌ی جعبه‌ای بهینه‌تر عمل



شکل ۸: اثر گلخانه‌ای در نماهای دو پوسته (Gratia, De Herde, 2006: 200)



(ب)



(الف)

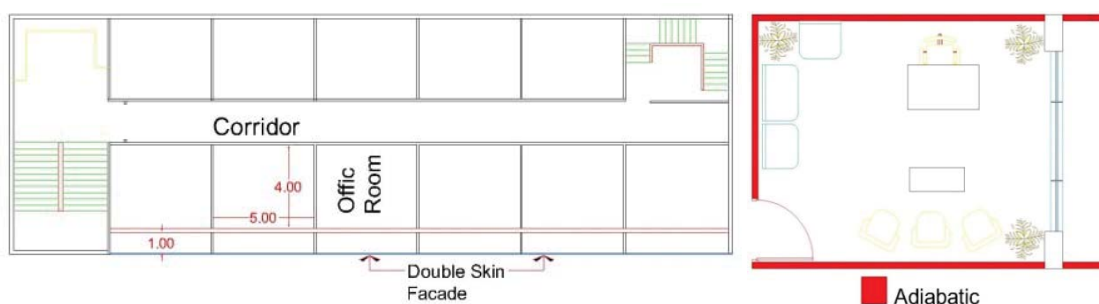
شکل ۹: منعطف بودن پنجره‌های دوپوسته و تهویه‌ی هوای مستقیم به فضا در تابستان (نگارنده)

است. جداره‌های اطراف پارتیشن‌های ۱۰cm در حالت آدیباتیک (بی در رو) در نظر گرفته شده‌اند. بدین منظور که از جداره‌های کنار هیچ انتقال حرارتی صورت نگیرد. حفره‌ی میانی نمای دوپوسته به عرض ۷۰cm و از نوع نماهای پنجره جعبه‌ای بوده و تمامی جداره‌های اطراف حفره میانی، محفظه‌ی حفره‌ی میانی و کف و سقف اتاق اداری نیز آدیباتیک فرض شده است. در این صورت، انتقال حرارت تنها از جداره‌ی خارجی ساختمان امکان‌پذیر است. مدل اتاق اداری و حالت آدیباتیک مفروض را می‌توان این گونه تصور نمود که اتاق اداری در طبقات ساختمان به گونه‌ای قرار دارد که در اطراف آن، فضاهایی مشابه و هم‌دما وجود دارد. در شکل ۱۰، پلان مجموعه اداری و بزرگنمایی یکی از اتاق‌های اداری مورد نظر به همراه جداره‌های حرارتی آدیباتیک آن ارائه شده است.

۶- آنالیز و تحلیل نمای دوپوسته پنجره جعبه‌ای (در

شهر تبریز)

در این بخش، شبیه‌سازی انرژی یک واحد آزمایشی شاهد به عنوان فضای اداری واقع در اقلیم سرد تبریز توسط نرم افزار دیزاین بیلدر انجام شده و میزان عملکرد پنجره‌های دوپوسته جعبه‌ای در کاهش سالیانه مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. واحد آزمایشی شاهد یک نمونه اتاق استاندارد با ابعاد ۴ در ۵ متر و به ارتفاع ۳متر با یک پنجره‌ی رو به جنوب در نظر گرفته شده است. در این اتاق اداری، دیوار ضلع جنوبی به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر و از جنس آجر است. پنجره‌ی اتاق ۷۰ درصد دیوار را تشکیل می‌دهد. ارتفاع کف پنجره ۹۰ سانتی‌متر و ارتفاع کل پنجره ۲۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. شیشه‌ی پنجره یک جداره و به ضخامت ۶ میلی‌متر در نظر گرفته شده



شکل ۱۰: پلان مجموعه‌ی اداری (سمت راست)؛ پلان یکی از اتاق‌های اداری به همراه نواحی آدیباتیک (سمت چپ)

شده‌اند. باید در نظر داشت که جداره رو به جنوب است و بازشو از نوع پنجره جعبه‌ای ایزوله (بدون تهویه) در نظر گرفته شده است. تا تعداد پارامترهای متغییر شبیه‌سازی کاهش یابد. سایر پیش‌فرض‌های تعریف شده در نرم‌افزار در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

دلیل انتخاب نرم‌افزار دیزاین بیلدر آنست که در این نرم‌افزار امکان شبیه‌سازی انرژی برای چند ناحیه‌ی حرارتی وجود دارد و براحتی می‌توان نمای دوپوسته با دو ناحیه‌ی حرارتی مختلف را مدل‌سازی نمود. در شبیه‌سازی‌ها یک سری تنظیمات و پیش‌فرض‌های نرم‌افزار در نظر گرفته

جدول ۴: پیش‌فرض‌های تعریف شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

Activity template	Occupancy	Activity(metabolic)	Heating set point temperature	Heating set back temperature	Cooling set point temperature
Green office area	0.1110 people/m ²	Light office work	22c	12c	24c
Cooling set back temperature	Target luminance (lux)	Office equipment(Gain)	Winter clothing (clo)	Summer clothing (clo)	Zone multiplier
32c	Control type	15 w/m2	1.00	0.5	2
Mech vent cooling (o C)	Fresh air (l/s-person)	Lumiair type	Lighting energy	Lighting control type	Zone type
24c	10.000	Suspended	5 w/m2-100lux	Liner	Cavity

انرژی روشنایی الکتریکی محاسبه شده است. میزان انرژی‌های مصرفی متناظر برای هر دو حالت مورد نظر در جدول ۵ و نمودارهای تحلیلی نرم‌افزار دیزاین بیلدر در اشکال ۱۱ تا ۱۵ ارائه شده است.

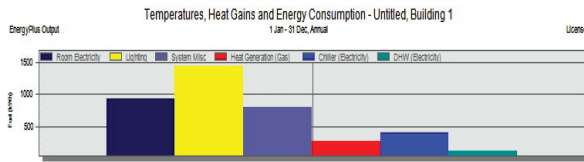
با توجه به پیش‌فرض‌های فوق، اتاق اداری در دو حالت حضور نمای دوپوسته و عدم وجود آن در نرم افزار دیزاین بیلدر مدل‌سازی و سپس با انجام آنالیزهای انرژی، میزان مجموع مصرف سالیانه‌ی انرژی‌های سرمایشی، گرمایشی و

جدول ۵: مجموع انرژی مصرفی سالیانه نمای دوپوسته

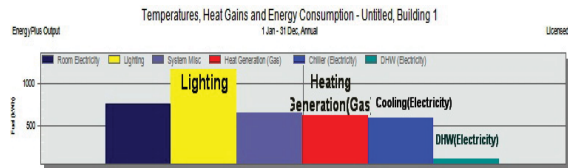
کل انرژی مصرفی [kwh]	بار الکتریکی روشنایی [kwh]	بار گرمایشی [kwh]	بار سرمایشی [kwh]	اتاق اداری بدون نمای دوپوسته	اتاق اداری با نمای دوپوسته
۲۶۵۴/۵۰۶	۷۰۰/۱۲۸	۵۷/۹۸۶	۱۸۹۶/۳۹۲		
۲۵۸۸/۹۱۲	۷۶۱/۷۵۹	۲۰/۶۳۰	۱۸۰۶/۵۲۴		

گلخانه‌ای، دمای حفره میانی زیاد شده و به عنوان سیستم غیرفعال خورشیدی عمل می‌کند. در این اقلیم با افزودن پوسته‌ی دوم میزان مصرف انرژی گرمایشی ۶۴/۴۲٪ کاهش می‌یابد. نتایج فوق برای واحد آزمایشی مورد نظر بوده و می‌توان گفت که با تعمیم این مفهوم به کل ساختمان، روند کاهش مصرف انرژی گرمایشی مشاهده خواهد شد.

با افزودن پوسته‌ی دوم میزان مصرف انرژی الکتریکی ۸۰/۸٪ افزایش می‌یابد، چرا که با افزودن این پوسته درصد کمتری از نور خورشید وارد فضا می‌شود. در این حالت، مقداری از نور خورشید توسط پوسته‌ی خارجی منعکس یا جذب می‌شود. با این حال بار گرمایشی اتاق به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. زیرا در دوره‌ی سرما با نفوذ تشعشعات خورشید به درون حفره‌ی میانی تحت اثر

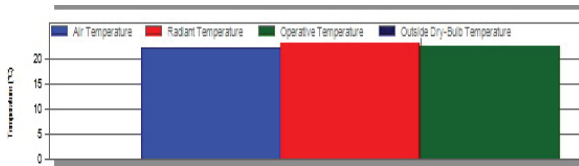


(ب)

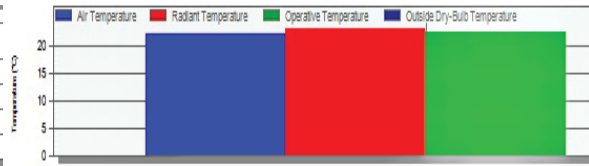


(الف)

شکل ۱۱: نمودارهای تحلیلی مصرف سالیانه انرژی گرمایش - سرمایش - روشنایی - آب گرم مصرفی اتاق اداری: (الف) بدون نمای دوپوسته، (ب) با نمای دو پوسته

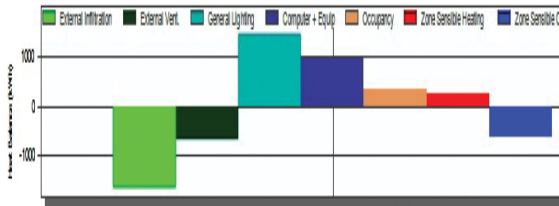


(ب)

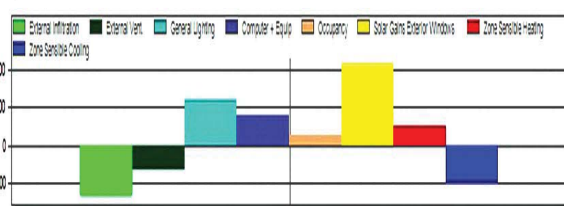


(الف)

شکل ۱۲: نمودارهای تحلیلی میزان دمای هوا، دمای تشعشعات مستقیم خورشیدی و دمای هوای خشک: (الف) بدون نمای دوپوسته، (ب) با نمای دوپوسته

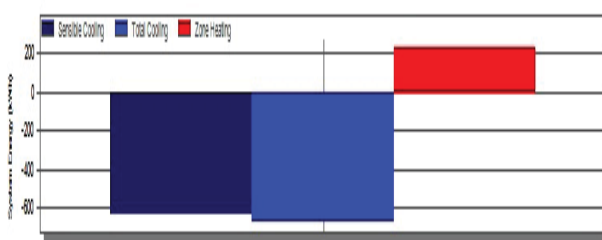


(ب)

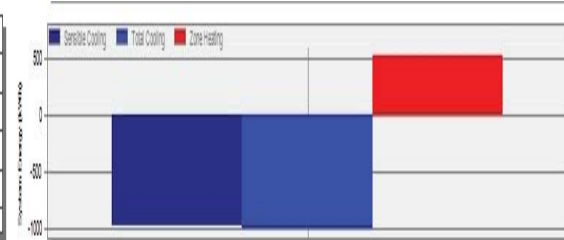


(الف)

شکل ۱۳: نمودارهای تحلیلی مصرف سالیانه بار سرمایشی - بار گرمایش و روشنایی - میزان جذب مستقیم خورشیدی اتاق اداری: (الف) بدون نمای دوپوسته، (ب) با نمای دوپوسته

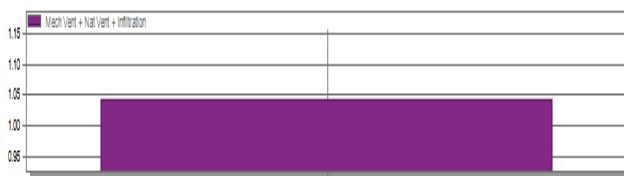


(ب)



(الف)

شکل ۱۴: نمودارهای تحلیلی میزان گرمایش و سرمایش زون‌های اتاق اداری: (الف) بدون نمای دوپوسته، (ب) با نمای دوپوسته



(ب)



(الف)

شکل ۱۵: نمودارهای تحلیلی میزان تهویه مکانیکی در فضا اتاق اداری: (الف) بدون نمای دوپوسته، (ب) با نمای دوپوسته

۷- نتیجه‌گیری

یکدیگر متفاوتند. در این میان، فرمت معماری در نواحی اقلیم سرد و کوهستانی به‌گونه‌ای تعریف می‌شود که با حداکثر جذب حرارتی خورشیدی توسط نما و با مدیریت انرژی خورشیدی به عنوان منبع انرژی خارجی، مصرف انرژی گرمایشی در درون بنا را کاهش دهد. در این مقاله

کالبد معماری در هر اقلیم از ایران به علت دارا بودن شرایط گوناگون اقلیمی، از فرمت منحصر به فرد خود برخوردار است. در خرد اقلیم‌ها نیز کالبد معماری در جزئیات بنا به‌منظور پاسخگویی به شرایط محیطی با

می شوند، همانند یک نمای دوپوسته‌ی پنجره جعبه‌ای تشکیل شده و به عنوان یک مبدل حرارتی عمل می‌کند. در این بازشوها، انرژی تابشی در بین دو پنجره ذخیره شده و دمای آن تقریباً با دمای داخل ساختمان برابر می‌شود. این امر سبب کاهش تبادل حرارتی فضای داخل با محیط خارجی می‌گردد. شبیه‌سازی‌های انرژی صورت گرفته برای اتاق اداری شاهد در این اقلیم نشان می‌دهد که با افزودن پوسته‌ی دوم، میزان مصرف انرژی گرمایشی ۶۴/۴۲٪ کاهش می‌یابد.

با بررسی نمونه‌های ارزشمندی از معماری دوران قاجار تبریز با اقلیم سرد، نشان داده شده است که بازشوها در این اقلیم به گونه‌ای بکارگرفته شده‌اند که با حداقل مساحت بازشوها، میزان انتقال تبادلی حرارتی در طول دوره‌ی سرما کمینه گردد. از طرف دیگر، طراحی بازشوها به نحوی است که حجم دیوار مانع ورود نور و روشنایی به درون فضا نشود. در واقع با حداقل پرت حرارتی، حداکثر نور وارد فضا شود. راهکار دوم در این بناها، بکارگیری بازشوها به صورت مضاعف است. بدین ترتیب که بازشوها از دو پنجره، که پنجره داخلی رو به داخل اتاق و دیگری به سمت خارج باز

پی‌نوشت

1. Canon
2. Hok
3. Hooker
4. Debis Tower

فهرست منابع

- Alessi B., (2008), Double Skin Façade & its benefits, Dissertation Report, Copenhagen Technical Academy.
- Andrejko DA, (2008), Do not Harm: Preparing the Architecture Profession for the 21 Century, Oxford Conference 2008, Oxford, UK.
- Dickson A., (2006), Modeling Double Skin Façade, A Thesis Submitted for the Degree of msc Energy Systems & the Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow UK.
- Gratia E, De Herde A., (2006), Greenhouse Effect in Double-Skin Façade, Energy and Buildings, Vol. 21, pp. 199-211.
- Hashemi N, Fayaz R, Sarshar M., (2010), Thermal Behaviour of a Ventilated Double Skin Facade in Hot Arid Climate, Energy and Buildings, Vol. 42, pp. 1823-1832.
- Juan ZH, Youming CH, (2010), A Review on Applying Ventilated Double-Skin Facade to Buildings in Hot-Summer and Cold-Winter Zone in China, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, pp. 1321-1328.
- زمرشیدی، حسین (۱۳۹۰)، آموزه‌های معماری ایرانی و ساختمان‌سازی مسکونی از دوره قاجاریه تا امروز، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات شهر ایرانی اسلامی، شماره ۳ بهار، صص. ۱۰-۱.
- سینگری، مریم؛ عبدلی ناصر، سروناز (۱۳۹۱)، مقایسه تطبیقی پوسته‌های بیرونی بناهای مسکونی در بافت‌های سنتی و مدرن شهر تبریز با رویکرد پایداری، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات شهر ایرانی اسلامی، شماره ۷، بهار، صص. ۶۲-۵۳.
- عبدالهی، راحله (۱۳۸۷)، تحلیلی بر جایگاه باطن‌گرایی در خانه ایرانی، فصلنامه پیام‌ارک، شماره ۱۸ و ۱۹، پاییز و زمستان، صص. ۶۴-۶۶.
- قبادیان، وحید (۱۳۸۵)، بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۵)، پهنه‌بندی و طراحی اقلیمی استان آذربایجان شرقی (اقلیم سرد)، انتشارات وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۴)، اقلیم و معماری، نشر خاک، چاپ سوم، اصفهان.
- منصوری، علی (۱۳۸۹)، حجاب و پوشیدگی در شهرسازی ایرانی - اسلامی نمونه پژوهش میدانی: بافت قدیم شهر شیراز، فصلنامه مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۰ تابستان، صص. ۳۸-۴۹.