تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۰۳/۰۱

فاطمه هاشمی[۱]، شاهین حیدری[۲]

# بررسی کارکرد اقلیمی حیاط زمستان‌نشین در مناطق سردسیر[۳]
## نمونه موردی: شهر اردبیل

## چکیده
بررسی گونه‌شناسی معماری ایران نشان می‌دهد که شکل‌گیری بنا، چه به صورت منفرد و چه به صورت مجتمع، هم‌زمان و هم‌مکان براساس ترکیب سه الگوی فضایی «باز، بسته و پوشیده» صورت گرفته است. در خانه‌های تاریخی، حیاط به عنوان اصلی‌ترین فضای باز، همزیستی با طبیعت را نمایندگی می‌کند. از لحاظ سازمان فضایی خانه‌های تاریخی، حیاط در واقع اتاقی است بدون سقف با بدنه‌های مشخص، و کفی آراسته از درخت و خاک و آب. بهترین نمونه حیاط با رویکرد اقلیمی را می‌توان در بناهای تاریخی مناطق گرمسیر و کویر ایران مشاهده کرد. در معماری بناهای این اقلیم با ایجاد حیاط مرکزی در وسط، تعبیه حوض آب و احداث باغچه، اقلیمی کوچک و مناسب برای آسایش به‌وجود آمده است. در اقلیم سرد کشور نیز با توجه به موضوع محرمیت و اشراف ـ و تبعیت از نواحی بیابانی ایران ـ خانه‌های سنتی با حیاط مرکزی احداث می‌شدند. اما از آنجا که در مناطق کوهستانی، هوا در اغلب مواقع سال سرد و خارج از محدوده آسایش است، استفاده از حیاط به فصل تابستان محدود بوده است و به همین دلیل ابعاد کوچک‌تری در قیاس با حیاط‌های مناطق فلات مرکزی ایران دارد. بنابراین شکل‌گیری حیاط مرکزی در مناطق کوهستانی با رویکرد اقلیمی همراه نیست. در پژوهش حاضر به معرفی حیاط با کارکرد اقلیمی در مناطق سردسیر تحت عنوان حیاط زمستان‌نشین با الگوگیری از گلخانه‌ها پرداخته می‌شود، کارکرد تابستانی آن تشریح می‌گردد، و کارکرد زمستانی آن به‌وسیله نرم‌افزار محاسبات انرژی ـ به نام انرژی پلاس ـ مدل‌سازی می‌شود. خروجی نهایی شبیه‌سازی کامپیوتری، میانگین دمای هوای حیاط زمستان‌نشین، طی دوره یک‌ساله، برای مقایسه شرایط آسایش حرارتی در این فضا با شرایط فضای آزاد است که براساس آن میزان کاهش بار گرمایشی ساختمان بر اثر وجود این عنصر معماری محاسبه می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** حیاط زمستان‌نشین، آسایش حرارتی، بار گرمایشی، مسکن، نرم‌افزار انرژی پلاس.

[۱] کارشناس ارشد معماری و انرژی، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول)
E-mail: yasamin_hashemi@yahoo.com

[۲] دانشیار معماری، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران
Email: shahin_heidari@yahoo.com

[۳] این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فاطمه هاشمی است که با راهنمایی دکتر شاهین حیدری با عنوان «بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد» در دانشکده معماری دانشگاه تهران به انجام رسیده است.

www.art.ac.ir
Art University Journals

## مقدمه

در خانه‌های تاریخی، حیاط به عنوان اصلی‌ترین فضای باز، همزیستی با طبیعت را نمایندگی می‌کند. سازمان فضایی خانه، از عناصر اقلیمی مانند باد و تابش خورشید، نظم فصول، آب و مانند اینها برای ایجاد آسایش بهره می‌گیرد و با ارائه تعریفی از عناصر معماری، آنها را در درون خود ادغام می‌کند. از منظر سازمان فضایی خانه‌های تاریخی، حیاط در واقع اتاقی بدون سقف با بدنه‌های مشخص، و کفی آراسته از درخت و خاک و آب است. کار کردن توأم با آزادی، تعامل و گفتمان، بازی بچه‌ها و دیگر امور از این دست می‌توانند در حیاط انجام گیرند (حائری، ۱۳۸۸، ۱۲۲). بهترین نمونه حیاط با رویکرد اقلیمی را، منطبق بر تعریف ارائه‌شده، می‌توان در بناهای تاریخی مناطق گرمسیر کویر ایران مشاهده کرد. در مناطق گرمسیر کشور، مانند شهر کاشان، نوسان درجه حرارت در منطقه بسیار زیاد است و میزان رطوبت هوا کمتر از حد آسایش انسان. همچنین تابش آفتاب و حرارت آن در تابستان، به ایجاد محیطی گرم و سوزان دامن می‌زند و بادهای پرگرد و غبار کویری نیز که در بسیاری از روزهای سال جریان دارند، آسایش را مختل می‌سازند. در معماری بناهای این اقلیم با ایجاد یک حیاط مرکزی در وسط ساختمان و تعبیه حوض آب و احداث باغچه، رطوبت در فضای زیستی ساختمان افزایش می‌یابد و دیوارهای خشتی و آجری که به منظور تحمل بار سنگین طاق‌های قوسی و گنبدی با ضخامت نسبتاً زیاد ساخته می‌شوند، مانند خازنی حرارتی، نوسان درجه حرارت را طی شبانه‌روز کاهش می‌دهند، و سرانجام با قرار دادن کلیه بازشوها رو به فضای نسبتاً مرطوب و معتدل حیاط و مسدود کردن جداره خارجی ساختمان (جز در ورودی)، ارتباط فضای زیست داخلی با فضای زیست خارج تا حد امکان قطع گردیده و اقلیمی کوچک و مناسب برای آسایش انسان احداث شده است (توسلی، ۱۳۵۳). خانه‌های سنتی در اقلیم سرد کشور نیز به تبعیت از نواحی مرکزی ایران به‌صورت حیاط مرکزی احداث می‌شدند. اما از آنجا که در مناطق کوهستانی، هوا در اغلب مواقع سال سرد یا بسیار سرد و خارج از محدوده آسایش است، استفاده از حیاط به فصل تابستان که عمدتاً کوتاه و دارای هوای نسبتاً معتدل است، محدود می‌شود. بخش عمده فعالیت‌های روزمره در ماه‌های سرد، در داخل اتاق‌ها صورت می‌گیرد و به همین دلیل ابعاد حیاط‌ها در این نواحی کوچک‌تر از مناطق فلات مرکزی ایران است. با توجه به این امر، شکل‌گیری حیاط مرکزی در مناطق کوهستانی دارای رویکرد اقلیمی نیست و حضور آن از این تابستان تا بعدی، در کالبد ساختمان کمرنگ می‌گردد (URL, 1389, 1).

در مقاله حاضر به معرفی حیاط با رویکرد اقلیمی در مناطق سردسیر تحت عنوان حیاط زمستان‌نشین با الگوگیری از گلخانه‌ها پرداخته می‌شود، کارکرد تابستانی آن تشریح می‌گردد و کارکرد زمستانی آن به وسیله یکی از نرم‌افزارهای محاسبات انرژی ـ به نام انرژی پلاس[1] ـ مدل‌سازی می‌شود. خروجی نهایی شبیه‌سازی کامپیوتری در وهله نخست، میانگین دمای هوای حیاط زمستان‌نشین طی دوره‌ای یک‌ساله است. براساس نتایج به دست آمده می‌توان شرایط آسایش حرارتی در حیاط زمستان‌نشین را با شرایط فضای آزاد مقایسه کرد. در مرحله دوم شبیه‌سازی کامپیوتری، خروجی نهایی به تأثیر حضور حیاط زمستان‌نشین در اتلاف حرارت پوسته ساختمان‌های مجاور مربوط می‌شود، و در مرحله سوم میزان کاهش بار گرمایشی ساختمان بر اثر وجود حیاط زمستان‌نشین محاسبه می‌گردد.

www.art.ac.ir Art University Journals

## روش پژوهش

با تکیه بر مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای در زمینه آسایش حرارتی در مسکن و محیط‌های مسکونی، پژوهش حاضر در حوزه طراحی حیاط زمستان‌نشین و تأثیر آن بر بار گرمایشی ساختمان‌های اقلیم سرد در نرم‌افزار انرژی پلاس، انجام می‌گیرد.

فضاهای آزاد بخشی از محیط‌های مسکونی را تشکیل می‌دهند. در چنین فضاهایی، عناصر اقلیمی تأثیری مستقیم بر انسان دارند؛ و تنها عامل تعدیل‌کننده آسایش، نوع لباس و میزان فعالیت افراد است. منظور از شرایط آسایش انسان ـ یا به اصطلاح، «منطقه آسایش» ـ مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی، دست‌کم برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد (برگر، ۱۳٦۸، ۹۱). آسایش حرارتی انسان به عوامل متعددی ـ از جمله چهار عنصر اقلیمی دمای هوا، رطوبت هوا، تابش آفتاب و جریان هوا ـ بستگی می‌یابد. البته احساس نهایی انسان در برابر شرایط حرارتی محیط، به عوامل غیراقلیمی مانند نوع لباس، قدرت سازگاری و عادت به شرایط اقلیمی، سن و جنس، شکل ظاهری، مقدار چربی زیر پوست، وضعیت بدن از نظر تندرستی، نوع غذا و نوشیدنی‌های مصرف‌شده و رنگ پوست نیز ارتباط دارد (همان، ۱۳٦۸، ۷٤).

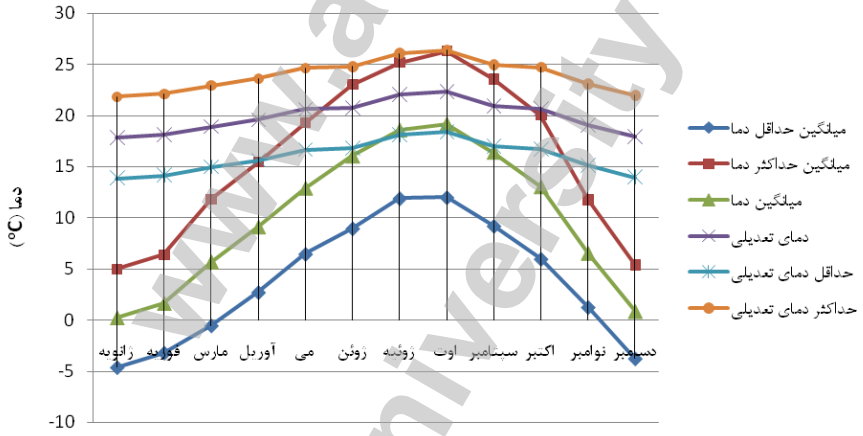
به منظور بررسی وضعیت حرارتی هوای آزاد برای آسایش انسان و تعیین اهمیت تأثیر هر یک از عناصر اقلیمی در شرایط حرارتی فضاهای باز، از جدول بیوکلیماتیک اولگی استفاده می‌شود (کسمائی، ۱۳۸٤، ۱۰٤). براساس این جدول شرایط حرارتی در فضاهای آزاد ایران را می‌توان به ۱۹ گروه مختلف تقسیم کرد، که در این میان شهر اردبیل در گروه اقلیمی «بسیار سرد در زمستان ـ مناسب در تابستان» جای می‌گیرد. این گروه اقلیمی دربرگیرندهٔ مناطق مرتفع شمالی و شمال‌شرقی کشور است. در فصل زمستان هوا به قدری سرد می‌شود. که حتی در گرم‌ترین ساعات روزهای آفتابی، شرایط حرارتی فضاهای آفتاب‌گیر نیز بسیار سرد هستند و حتی با بهره‌گیری از انرژی خورشیدی و لباس مناسب نیز نمی‌توان آسایش حرارتی را در فضاهای آزاد تأمین کرد. اما در فصل تابستان هوا چنان مناسب است که حتی در گرم‌ترین ساعات هم فضاهای خارجی واقع در سایه، شرایط حرارتی مناسبی از نظر آسایش انسان دارند (کسمائی، ۱۳۷۲، ۷٤).

در شهر اردبیل ۱۵۰ روز آسمان صاف و ۲۵۹۵ ساعت آفتابی در طول سال پیش‌بینی شده است (URL, 1389, 2). این ارقام نشان از پتانسیل بالای منطقه در استفاده از سیستم‌های ایستای خورشیدی دارند. از این‌رو می‌توان با الگوبرداری از گلخانه‌ها به ایجاد حیاط زمستان‌نشین در اقلیم سرد پرداخت. در حیاط زمستان‌نشین فضایی همساز با طبیعت و دگرگونی‌های آن شکل می‌گیرد که می‌توان بخشی از فعالیت‌های زندگی را در تمامی فصول از درون اتاق‌ها به آن انتقال داد. بیشتر مردم جنبه نیمه‌خارجی بودن فضاهای خورشیدی را بس جذاب برمی‌شمارند. تقریباً برای هر انسانی خوشایند است که در روزهای سرد زمستان، در فضایی گرم و پر از نور خورشید جای گیرد. از این لحاظ، حیاط زمستان‌نشین سرانه فضاهای قابل استفاده در زمستان را افزایش می‌دهد. مزیت این‌گونه حیاط‌ها علاوه بر کارایی پیش‌گفته، کاهش بار گرمایشی فضاهای پیرامونی بر اثر کاهش اتلاف حرارت پوسته آنهاست. از آنجا که اتلاف حرارتی پوسته بر اثر اختلاف دمای طرفین جداره رخ می‌نماید، با افزایش دمای حیاط به دلیل خاصیت گلخانه‌ای و نزدیک‌شدن آن به دمای آسایش داخلی، تبادل حرارتی بین فضاهای داخلی و حیاط زمستان‌نشین در مقایسه با فضای آزاد خارجی کاهش می‌یابد و در نتیجه از بار گرمایشی داخلی نیز کاسته می‌شود. از طرف دیگر، در روزهایی که میانگین دمای داخل حیاط از حد بالای آسایش حرارتی بیشتر است، می‌توان

www.art.ac.ir Art University Journals

از هوای گرم آن برای پیش‌گرمایش فضاهای داخلی استفاده کرد و بار گرمایشی را مجدداً کاهش داد. در این قسمت، براساس میانگین رطوبت نسبی، میانگین حداقل و حداکثر دما و فرمول‌های آن، نمودار آسایش حرارتی شهر اردبیل (و منطقه) ترسیم می‌گردد (حیدری، ۱۳۸٤، ۱۲۹).

در شکل ۱ محدوده آسایش حرارتی در داخل ساختمان، با در نظر گرفتن فرهنگ صرفه‌جویی در مصرف انرژی بین منحنی‌های حداقل و حداکثر دمای تعدیلی قرار دارد. میانگین حد پایین دمای تعدیلی در شکل ۱ در ماه‌های سرد برابر با ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. از آنجا که این دما در صورت انطباق ساکنان از نظر پوشش و تغذیه و دیگر عوامل مؤثر بر دمای بدن انسان با اقلیم منطقه، در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد و این امر منوط بر فرهنگ‌سازی و اصلاح الگوهای رفتاری افراد است، برای تعیین حد پایین ترموستات (حداقل دمای آسایش) و محاسبه بار گرمایشی ساختمان، دمای متداول ۱۸ درجه سانتی‌گراد به کارگرفته می‌شود. برای تعیین محدودهٔ آسایش در حیاط زمستان‌نشین می‌توان از نمودار شکل ۱ استفاده کرد، زیرا افراد با لباس زمستانی و مناسب خارج منزل با مقاومت حرارتی پوشش لباس برابر با ۲/۰ clo (معرفت، ۱۳۸۷، ۳٦) در این فضاها حضور می‌یابند. براساس مطالعات ریچارد ددیر در زمینه آسایش حرارتی انسان، به دلیل حضور افراد با لباس خارج از منزل و منطبق بر شرایط اقلیمی در محیط خارجی، حد پایین آسایش ۳ الی ٤ درجه کمتر از حداقل دمای تعدیلی حاصل از ترسیم نمودار آسایش حرارتی منطقه است (De Dear, 1997). بدین‌ترتیب دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد حداقل دمای مورد نیاز برای وجود آسایش حرارتی در محیط‌های خارجی در روزهای سرد شهر اردبیل است.

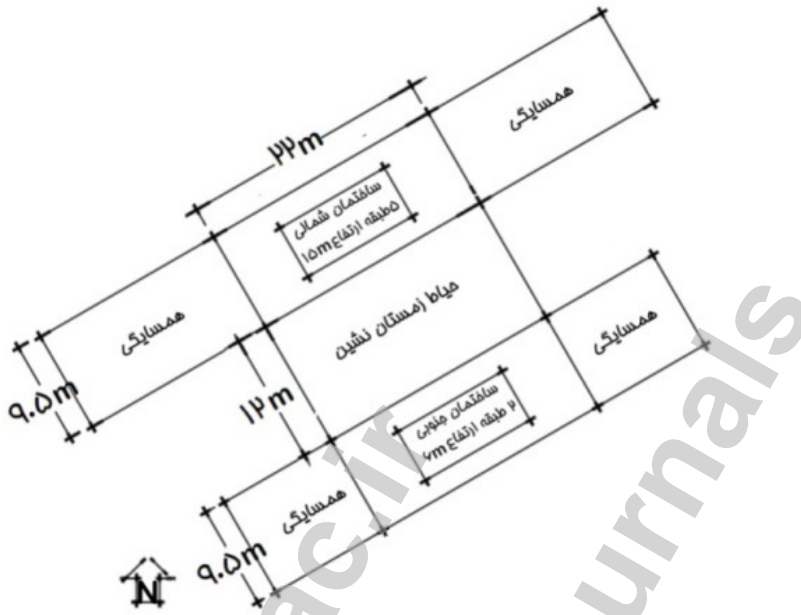



**شکل ۱. نمودار شرایط آسایش خاص منطقه**

**منبع:** نگارندگان

در طراحی کلی حیاط زمستان‌نشین و فضاهای پیرامون آن، نکات لازم برای طراحی خورشیدی در نظر گرفته شده‌اند. این موارد عبارت‌اند از: جهت‌گیری مجموعه براساس حداکثر کسب انرژی خورشیدی، که در شهر اردبیل برابر با ۳۰ درجه شرقی است (کسمائی، ۱۳۸٤، ۱۵۱)؛ کشیدگی حیاط و ساختمان‌ها شرقی ـ غربی؛ سقف حیاط دارای شیبی برابر با عرض جغرافیایی منطقه (۳۸ درجه)؛ و فاصله بین ساختمان‌ها با توجه به تعداد طبقات براساس حداقل زاویه تابش خورشید در زمستان[۲]. در شکل ۲، ویژگی‌های ابعادی مجموعه تبیین گردیده است. از ترکیب حیاط و ساختمان‌های پیرامونیِ به نمایش درآمده می‌توان در بافت شهری اردبیل و یا در پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن سردسیری (مهر) استفاده کرد.

www.art.ac.ir Art University Journals

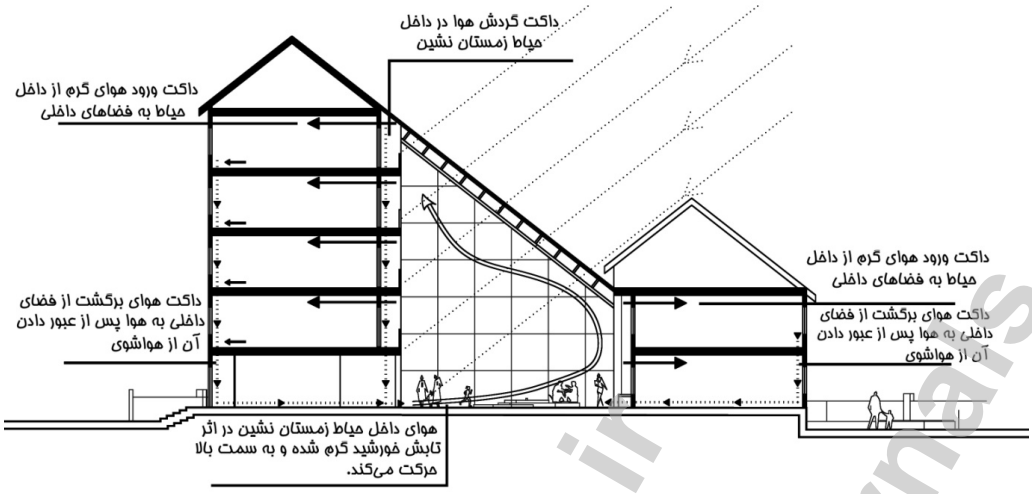



**شکل ۲. ویژگی‌های ابعادی مجموعه**
**منبع**: نگارندگان

همان‌گونه که بیان گردید، طراحی حیاط زمستان‌نشین با الگوگیری از گلخانه و فضای خورشیدی صورت پذیرفته است. به‌طور کلی، فضای خورشیدی اتاقی است که به منظور جمع‌آوری گرما برای بخش اصلی ساختمان و نیز به عنوان فضای نشیمن فرعی یا ثانویه طراحی شده است. شیشه در این فضاها با استفاده از آنچه که امروزه اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود، قفس حرارتی کارآمدی را برای روزهای سرد سال ایجاد می‌کند (لئکر، ۱۳۸۵، ۱۷٤). حیاط زمستان‌نشین طراحی‌شده نیز با داشتن سقف شیب‌دار جنوبی دارای همین خاصیت است. تفاوت حیاط زمستان‌نشین با فضای خورشیدی، در کارکرد آنهاست. در این حیاط، برخلاف فضای خورشیدی، عملکرد گرمایشی داخلی در درجه دوم اهمیت نسبت به عملکرد زمستان‌نشین بودن آن قرار دارد. به همین خاطر ابتدا از حرارت ایجادشده در آن برای حفظ دما در محدوده آسایش، استفاده می‌شود و سپس عملکرد گرمایشی داخلی برای آن مد نظر قرار می‌گیرد.

در شکل ۳ کارکرد زمستانی حیاط زمستان‌نشین در فضای حیاط نشان داده شده است. در این فصل دمای هوای ۱۵ الی ۱۹ درجه سانتی‌گراد (میانگین دمای تعدیلی در منطقه در زمستان) محدوده آسایش حرارتی حیاط زمستان‌نشین در نظر گرفته شده است. زمانی‌که دمای هوا از ۱۹ درجه سانتی‌گراد بیشتر شود، می‌توان از مازاد حرارت ایجاد شده برای پیش‌گرمایش فضاهای داخلی استفاده کرد و بار گرمایشی ساختمان را کاهش داد. از طرف دیگر، وجود حیاط زمستان‌نشین به دلیل کاهش اتلاف حرارت پوسته ساختمان، کاهش بار گرمایشی داخلی را به دنبال خواهد داشت. در این میان عناصر طبیعی مانند گیاهان و آب نیز ظرفیت ذخیره گرما در حیاط را افزایش می‌دهند و وضعیت آسایش حرارتی را بهبود می‌بخشند. اما با توجه به پیچیدگی تأثیر این عناصر بر شرایط آسایش حرارتی، اینها در محاسبات کامپیوتری در نظر گرفته نشده‌اند و بررسی آنها به پژوهش‌های بعدی واگذار شده است.

www.art.ac.ir Art University Journals




**شکل ۳. کارکرد زمستانی حیاط زمستان‌نشین و نحوه گردش هوا در داخل آن**
**منبع**: نگارندگان

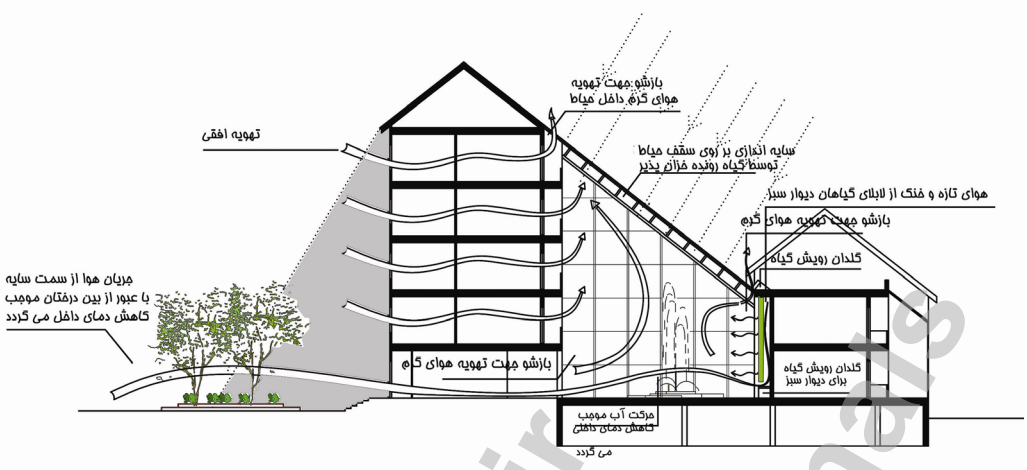
همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است، در فصل تابستان شهر اردبیل، با توجه به معتدل بودن هوا، در فضای آزاد شرایط آسایش حرارتی وجود دارد. اما ممکن است در ساعاتی از روز به دلیل ورود تابش شدید، شرایط داخلی حیاط زمستان‌نشین خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار گیرد.

تدابیری که در این پژوهش به منظور جلوگیری از برافروختگی دما در داخل حیاط زمستان‌نشین اندیشیده شده‌اند، اینها هستند:

- قرار دادن پنجره در قسمت فوقانی گلخانه، به منظور تخلیه هوای گرم بر اثر ورود هوای سرد از تراز پایین‌تر؛ و تعبیه بازشوها با بیشترین اختلاف ممکن برای تقویت تأثیر دودکشی؛
- تعبیه بازشوها در بدنه شرقی و غربی حیاط؛
- پوشاندن بخشی از جداره داخلی حیاط زمستان‌نشین با دیوار سبز[۲]؛
- استفاده از آب‌نما در فضای داخلی حیاط؛
- تعدیل دمای هوای ورودی از سمت شمال ساختمان به داخل حیاط، از طریق عبور دادن آن از میان درختان، فضای سبز و آب‌نما؛ و
- استفاده از عایق حرارتی و پنجره‌های دو جداره که در انتقال حرارت به فضاهای داخل به عنوان نوعی ذخیره‌ساز عمل می‌کنند (استفاده از پنجره دو جداره معضل انتقال سروصدا حیاط به داخل را نیز کاهش می‌دهد).

در شکل ٤ کارکرد تابستانی حیاط زمستان‌نشین نشان داده شده است. همان‌گونه که بیان گردید، هدف این پژوهش بررسی کارکرد زمستانی حیاط زمستان‌نشین در شرایط آسایش حرارتی داخل و خارج از ساختمان است؛ و به همین خاطر تنها به مدل‌سازی کارکرد زمستانی حیاط اکتفا گردیده و در محاسبات کامپیوتری، از بررسی نتایج فصول گرم صرف‌نظر شده است.

www.art.ac.ir
Art University Journals




**شکل ۴. کارکرد تابستانی حیاط زمستان‌نشین**

**منبع:** نگارندگان

## مدل‌سازی در نرم‌افزار انرژی پلاس

در نرم‌افزار انرژی پلاس، مجموعه مسکونی تمثیلی، به منظور تحلیل آن مدل‌سازی شده است. ابعاد و اندازه‌ها براساس پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن (مهر) تعیین گردیده‌اند (URL, 1389, 3). با وجود اینکه نیاز نیست مدل‌سازی با پیچیدگی همراه باشد، لیکن می‌بایست تمامی عوامل مؤثر بر میزان بار حرارتی ساختمان در نظر گرفته شوند. بنابراین باید عایق حرارتی و بار حرارتی جداره ساختمان و هندسه اجزای آن به دقت شبیه‌سازی شوند. به علاوه، ضروری است که فرضیه‌ها و تصمیم‌ها براساس تعداد استفاده‌کنندگان فضا، فعالیت‌های انجام شده در آن، برنامه زمان‌بندی ساعت‌های اشغال فضا، استراتژی‌های کنترل سیستم‌های تهویه، و در نهایت نیز طراحی سیستم‌های روشنایی مد نظر قرار گیرد. در ادامه، جزئیات ساختمان و پارامترهای تأثیرگذار، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۱، ابعاد و مشخصات کلی حجم ساخته‌شده را نشان می‌دهد و جدول ۲، جزئیات ساخت بنا و عایق‌بندی[۴] آن را. در جدول ۳ پارامترهای سیستم گرمایشی، سرمایشی ساختمان، فرضیه‌ها و انتخاب‌های ابتدایی طراحی نشان داده شده‌اند، که در محاسبات بار گرمایشی فضای شمالی و جنوبی در مرحله دوم و سوم پژوهش به کار رفته‌اند.

**جدول ۱. ابعاد و مشخصات حجم مدل‌سازی شده در نرم‌افزار**

| بخش | طول (متر) | عرض (متر) | ارتفاع (متر) | مساحت (مترمربع) | همسایگی |
|---|---|---|---|---|---|
| ساختمان شمالی | ۲۲ | ۹/۵ | ۵ طبقه معادل ۱۵ | ۲۰۰، معادل دو واحد مسکونی مهر | دارای همسایگی شرقی و غربی |
| ساختمان جنوبی | ۲۲ | ۹/۵ | ۲ طبقه معادل ٦ | ۲۰۰، معادل دو واحد مسکونی مهر | دارای همسایگی شرقی و غربی |
| حیاط زمستان‌نشین | ۲۲ | ۱۲ | ابتدا ٦ و انتها ۱۵، سقف شیب‌دار با زاویه ۳۸ درجه | ۲٦٤ | دارای همسایگی شمالی و جنوبی |

**منبع:** نگارندگان

www.art.ac.ir Art University Journals

**جدول ۲. جزئیات ساخت بنا و عایق‌بندی آن**

| اجزا | ضریب انتقال حرارتی ($w/m^2.k$) | لایه‌های مصالح | ضخامت (سانتی‌متر) |
|---|---|---|---|
| **کف و سقف ساختمان** | ۰/٦٥[1] | دال بتنی | ۲۰ |
| | | عایق پلی‌استایرن اکسپند شده | ٥ |
| **جداره خارجی ساختمان** | ۰/۰۲ | دیوار بتنی | ۱۰ |
| | | عایق پلی‌استایرن اکسپند شده | ٥ |
| | | دیوار آجری | ۱۰ |
| **پنجره جنوبی** | ۲/۷ (براساس ضریب انتقال حرارت ساختمان‌های گروه یک[2]) | شیشه دوجداره تمیز با چارچوب آلومینیومی به مساحت ۲٥ درصد نما | |
| **پنجره شمالی** | ۲/۷ (براساس ضریب انتقال حرارت ساختمان‌های گروه یک) | شیشه دوجداره تمیز با چارچوب آلومینیومی به مساحت ٥ درصد نما | |
| **جداره شرقی، غربی و سقف حیاط زمستان‌نشین** | ۲/۷ (براساس ضریب انتقال حرارت ساختمان‌های گروه یک) | شیشه دوجداره تمیز با چارچوب آلومینیومی | |

۱. جداره‌ها از طریق برنامه کامپیوتری مدل‌سازی و ضریب انتقال حرارتی مربوط محاسبه شده‌اند.
۲. مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان، ۱۳۸۸، ۳٤، جدول ۳.
**منبع**: نگارندگان

آسایش حرارتی انسان در ساختمان، علاوه بر نما، به عوامل دیگری نیز مانند پوشش فرد، درصد رطوبت هوا، سرعت حرکت هوا، دفعات تعویض هوای داخل، سطح روشنایی مورد نیاز و حتی میزان فعالیت وی بستگی می‌یابد (حیدری‌نژاد، ۱۳۸۸، ۲). هر یک از این پارامترها برای فضای مسکونی با توجه به ویژگی‌های اقلیمی مربوط، به منظور تأمین آسایش، دارای مقدار مشخصی است. در مدل‌سازی انجام‌شده، مقادیر مورد نیاز از مراجع و استانداردهای مربتط برگرفته شده‌اند (حیدری، ۱۳۸٤).

www.art.ac.ir Art University Journals

**جدول ۳. پارامترهای استفاده شده در محاسبات انرژی**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| دمای تعیین‌شده برای ترموستات | حداقل ۱۸ درجه سانتی‌گراد | | | سیستم ایدآل HVAC |
| | حداقل ۲۶ درجه سانتی‌گراد | | | |
| برنامه زمان‌بندی استفاده از فضا در تمامی روزهای سال | ۰:۰۰ – ۸:۰۰ | | | ۱۰۰ درصد حضور ساکنان |
| | ۸:۰۰ – ۱۴:۰۰ | | | ۱۰۰ درصد حضور ساکنان |
| | ۱۴:۰۰ – ۱۹:۰۰ | | | ۱۰۰ درصد حضور ساکنان |
| | ۱۹:۰۰ – ۲۴:۰۰ | | | ۱۰۰ درصد حضور ساکنان |
| تعداد ساکنان خانه | ۵ نفر | حرارت ناشی از فعالیت یک فرد | ۰:۰۰ – ۸:۰۰ | ۷۲ W/m²[1] |
| | | | ۸:۰۰ – ۱۶:۰۰ | ۱۵۰W/m²[2] |
| | | | ۱۶ –۲۴ | ۹۹ W/m²[3] |
| پارامترهای تعیین‌کننده در شرایط آسایش | ضریب لباس | | | زمستان (clo) ۱ |
| | | | | تابستان (clo) ۰/۶ |
| | رطوبت | | | ۶۰ (٪) |
| | سرعت حرکت هوا | | | ۰/۵ m/s |
| سطح روشنایی | ۲۰۰ وات | | | |
| پارامترهای تعیین‌کننده میزان تعویض هوای زون | میزان یا درصد تعویض هوا | | | زمستان (ach) ۱[4] |
| | | | | تابستان (ach) ۱/۵ |
| | میزان حساسیت جریان هوا | | | ۰/۲۵ (ach) |

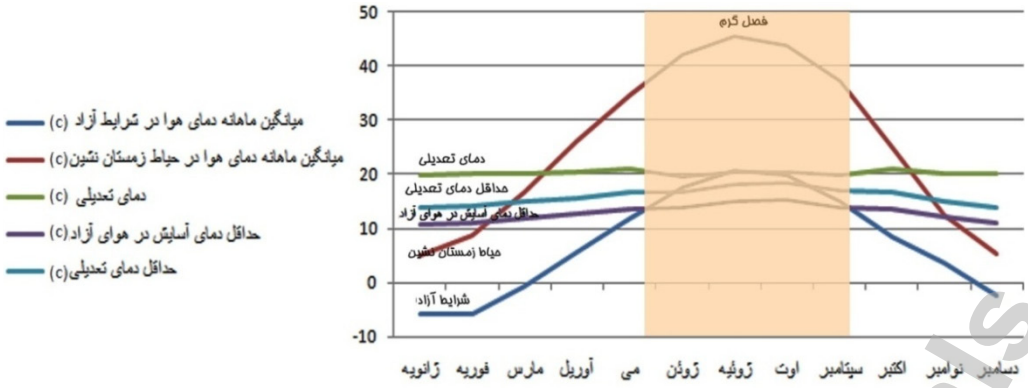
۱. فعالیت‌های صامت مانند خواب، استراحت، مطالعه (ASHRAE,1992, 55)
۲. فعالیت‌های حرارت‌زا مانند راه رفتن تند و آشپزی معمولی (ASHRAE, 1992, 55)
۳. فعالیت‌های معمول خانه مانند راه رفتن آرام (ASHRAE, 1992, 55)
۴. با توجه به ابعاد حیاط زمستان‌نشین و حجم زیاد هوا در آن، میزان تعویض هوای معادل یک بار در ساعت (برابر با استاندادر مورد نیاز مسکن و فضاهای مسکونی در فصل زمستان) برای پاسخگویی به مقوله‌های بهداشتی و حرارتی کفایت می‌کند.

**منبع**: نگارندگان

## اطلاعات و بحث

در مرحله نخست شبیه‌سازی کامپیوتری، دمای هوای داخل حیاط در دوره‌ای یک‌ساله و به تعداد ۶ بار در ساعت محاسبه گردید. نتیجه محاسبه دمای هوای حیاط در مقیاس ماهانه در مقایسه با دمای هوای خارج و محدوده آسایش حرارتی در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل محدوده بین منحنی دمای تعدیلی و منحنی حداقل دمای تعدیلی، محدوده آسایش حرارتی در حیاط زمستان‌نشین است (این منحنی‌ها از شکل ۱ برگرفته شده‌اند. منحنی حداقل دمای آسایش در هوای آزاد ۳ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از منحنی حداقل تعدیلی در شکل۱ است).

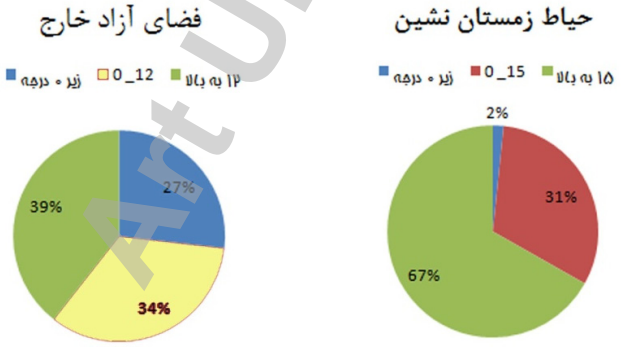
www.art.ac.ir Art University Journals




**شکل ۵. مقایسه میانگین دمای ماهانه حیاط زمستان‌نشین و فضای آزاد با شرایط آسایش حرارتی**
منبع: نگارندگان

همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، شرایط فضای آزاد در شهر اردبیل تنها در فصل تابستان و بخشی از پاییز و بهار در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد و در بیش از نیمی از سال خارج از این محدوده است. اما در حیاط زمستان‌نشین تنها در بخشی از زمستان و پاییز به دلیل ابری بودن هوا، زیاد بودن میزان بارش برف و ناممکن بودن بهره‌مندی از تابش آفتاب، دما زیرمنحنی آسایش حرارتی است و بقیه سال شرایط برای حضور افراد در این فضا کاملاً مساعد است. در این روزها برف روی بام حیاط عملکرد عایق حرارتی را دارد و مانند خانه‌های برفی (ایگلوها)، حرارت تولیدی در فضای زیرین را حفظ می‌کند (در محاسبات کامپیوتری کارکرد زمستانی مدل‌سازی شده و منحنی دمای حیاط در بخش تابستان با استفاده از راهکارهای ذکر شده در کارکرد تابستان، در محدوده آسایش قرار می‌گیرد). در بخشی از ماه‌های سرد سال، با وجود پایین بودن دمای هوا، میانگین دمای حیاط زمستان‌نشین بالای محدوده آسایش قرار دارد. در این روزها، به منظور پیش‌گرمایش فضاهای داخلی، از مازاد حرارت تولیدی در حیاط استفاده می‌شود.

مقایسه دقیق‌تر شرایط حرارتی حیاط زمستان‌نشین و فضای آزاد خارج، در مقیاس روزانه بررسی شده است (پیوست ۱). این مقایسه بر اساس تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه (یخبندان)، صفر الی حد پایین آسایش حرارتی (۱۲ درجه برای فضای آزاد و ۱۵ درجه برای حیاط زمستان‌نشین) و محدوده آسایش حرارتی صورت می‌گیرد. در شکل ٦ سهم هر یک از محدوده‌های دمایی ذکرشده در طول سال برای حیاط زمستان‌نشین و فضای خارج نشان داده شده است.

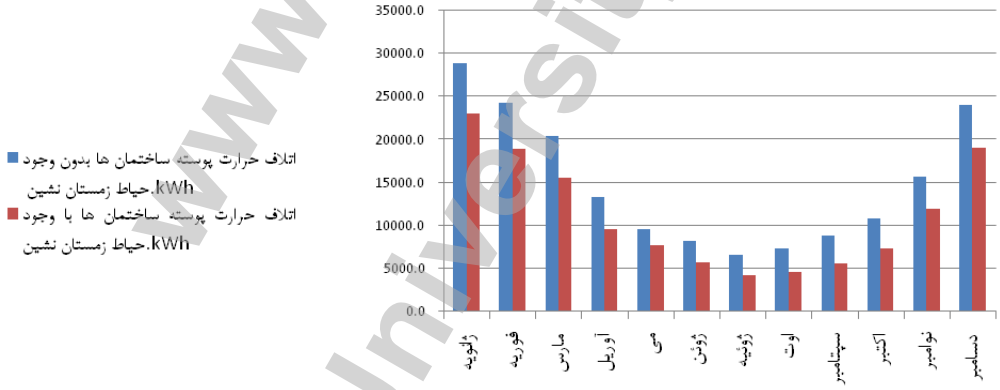



**شکل ۶. مقایسه تعداد روزهای سال در محدوده دماهای مختلف بین حیاط زمستان‌نشین و فضای آزاد خارجی**
**منبع:** نگارندگان

www.art.ac.ir Art University Journals

از ۹۸ روز سال که دما در فضای آزاد پایین‌تر از صفر درجه است، چنین پدیده‌ای تنها در ٦ روز در حیاط زمستان‌نشین رخ می‌دهد. تعداد روزهایی که دما بین صفر تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد در خارج حیاط است ۱۲٤، و تعداد روزهای دارای دمای بین صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد در حیاط ۱۱٦ روز است. در مقابل، تعداد روزهایی که در محدودهٔ آسایش قرار دارند، از ۱٤٤ روز در خارج به ۲٤٤ روز در داخل حیاط افزایش یافته‌اند. این بدان معناست که با محصور ساختن حیاط به وسیله شیشه در ٦۷ درصد از روزهای سال می‌توان فضایی مطلوب را به وجود آورد. حضور عنصر نیمه‌خارجی حیاط زمستانی، علاوه بر ایجاد فضایی جذاب و پرنور و در عین حال محافظت‌شده در مقابل باد و باران و برف، بر بار حرارتی داخلی ساختمان نیز تأثیر می‌نهد و آن را کاهش می‌دهد. این فرایند به دو طریق رخ می‌نماید: نخست اینکه با افزایش دمای فضای میانی از اتلاف حرارت پوسته خارجی کاسته می‌شود و در نتیجه بار حرارتی ساختمان نیز کاهش می‌یابد. دوم آنکه، استفاده از هوای گرم حیاط زمستان‌نشین برای پیش‌گرمایش فضاهای داخلی نیز بر بار گرمایشی تأثیر می‌نهد و از مقدار آن می‌کاهد.

حال می‌بایست به محاسبه میزان تأثیر حیاط زمستان‌نشین بر بار گرمایشی ساختمان پرداخت. با استفاده از نرم‌افزار، اتلاف حرارت پوسته ساختمان در دو حالت فضای میانی آزاد و فضای محصور، محاسبه شد. در شکل ۷ نتایج محاسبات ماهانه برای دو حالت مذکور مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در نمودار مشخص است، اتلاف حرارت طرح با وجود حیاط زمستان‌نشین در تمامی ماه‌های سال از حالت فضای آزاد کمتر است. به صورتی کلی، با محصور کردن فضای حیاط با شیشه، اتلاف حرارت پوسته به ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. محاسبات کامپیوتری نشان می‌دهد که این امر موجب کاهش ۱۰ درصدی بار گرمایشی ساختمان می‌شود.




**شکل ۷. مقایسه اتلاف حرارت پوسته ساختمان‌ها در دو حالت فضای میانی محصور و آزاد**

**منبع:** نگارندگان

محاسبه میزان کاهش بار گرمایشی ساختمان با استفاده از هوای گرم حیاط زمستان‌نشین به منظور پیش‌گرمایش فضاها به صورت روزانه انجام می‌شود. در طول سال ٤۱ روز، دمای حیاط بالاتر از ۱۹ درجه سانتی‌گراد (میانگین دمای آسایش در زمستان) است، درحالی‌که دمای داخلی کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد (حد پایین آسایش) است. در این روزها می‌توان از هوای داخل حیاط زمستان‌نشین برای کاهش بار گرمایشی داخلی استفاده کرد. در محاسبه میزان بار گرمایشی داخلی پس از استفاده از حرارت تولیدی مازاد در حیاط، رابطه (۱) استفاده شده است.

www.art.ac.ir Art University Journals

رابطه (۱)

$$P' = [1 - \frac{(19 - Tem) * Ve}{(18 - Tim) * Vi}] * P$$

بار گرمایشی در روز مورد نظر P=KWh
بار گرمایشی جدید P'=KWh
حجم هوای داخلی $V_i = m^3$
حجم هوا در حیاط زمستان‌نشین $V_e = m^3$
میانگین دمای داخلی $T_{im} = {}^o c$
میانگین دما در حیاط زمستان‌نشین $T_{em} = {}^o c$
میانگین دمای آسایش در حیاط زمستان‌نشین (زمستان) $19 = {}^o c$
میانگین دمای آسایش فضاهای داخلی $18 = {}^o c$

مثلاً در روز یکم فروردین میانگین دمای هوای حیاط زمستان‌نشین برابر با ۲۹/۲ درجه سانتیگراد، در واقع ۱۰/۲ درجه از حد میانگین آسایش حرارتی حیاط بیشتر است. این در حالی است که میانگین دمای داخلی برابر با ۹/۵ درجه سانتی‌گراد و ۸/۵ درجه زیر دمای آسایش است. بار گرمایشی پس از استفاده از هوای گرم حیاط به این صورت محاسبه می‌شود:

کیلووات ساعت ۷۶/۸=۳۲۲/۳* [۴۳۸۹* (۸/۵)/۲۷۷۲*(۱۰/۲)]-۱=بار گرمایشی در روز اول فروردین

$$\frac{322.3 - 76.8}{322.3} * 100 = 76\%$$ میزان کاهش بار حرارتی ساختمان

با استفاده از حرارت مازاد تولیدی در حیاط زمستان‌نشین با حفظ آسایش حرارتی در آن در روز یکم فروردین ۷۶ درصد از بار حرارتی ساختمان کاهش یافته است. به همین ترتیب، بار گرمایشی جدید برای ۴۰ روز دیگر محاسبه شد (پیوست ۲). در مجموع می‌توان گفت که با استفاده از هوای گرم داخل حیاط بار گرمایشی ساختمان ۸ درصد کاهش می‌یابد.

## نتیجه‌گیری

از آنچه که در مراحل پیشین به دست آمد، نتایج مختلفی را می‌توان برداشت کرد. حال با توجه به اینکه مدل ساخته‌شده در نرم‌افزار انرژی پلاس، از نظر ابعادی و ویژگی‌های حرارتی پیوسته بر بخشنامه ضوابط طراحی واحدهای مسکونی مهر انطباق دارد، می‌توان نتایج به‌دست آمده را به پروژه‌های انبوه‌سازی مهر ـ واقع در اقلیم سرد کشور ـ نیز تعمیم داد.

- به دلیل اینکه هوا در بیشتر مواقع سال در مناطق کوهستانی سرد است و خارج از محدوده آسایش، حیاط مرکزی در این مناطق رویکرد اقلیمی ندارد و استفاده از آن به فصل تابستان محدود می‌شود که آن‌هم عمدتاً کوتاه است و دارای هوای نسبتاً معتدل.
- با محصور ساختن زمستانی سقف و جداره‌های خارجی حیاط مرکزی به وسیله شیشه یا مصالح مشابه، می‌توان به فضایی جذاب و گرم و پر از نور خورشید ـ که همانا حیاط زمستان‌نشین است ـ دست یافت. به علاوه، درحالی‌که در این فضا ارتباط بصری افراد با عناصر طبیعی مانند برف و باران حفظ می‌شود، هم آنان در مقابل شرایط نامساعد جوی نیز محافظت می‌شوند.
- با حضور عنصر اقلیمی حیاط زمستان‌نشین در طراحی مجموعه مسکونی، در ۲۴۴ روز

www.art.ac.ir
Art University Journals

سال (٦٧ درصد) امکان انتقال بخشی از فعالیت‌های زندگی از داخل خانه به فضای میانی ساختمان‌ها وجود دارد؛ در حالی‌که شرایط هوای آزاد در فضای خارجی تنها در ١٤٤ روز سال (٣٩ درصد) پذیرای حضور افراد است، و بقیه سال خروج از محدوده آسایش.

- با توجه به پایین بودن متراژ واحدهای مسکونی مهر، با انتقال فعالیت‌های زندگی از داخل خانه به این فضا براساس برنامه زمان‌بندی استفاده، سرانه فضاهای قابل استفاده در زمستان افزایش می‌یابد و از طرف دیگر با اصلاح ساختار فرهنگی، این امر در افزایش تعاملات اجتماعی بین افراد بسیار مؤثر خواهد بود.
- شرایط دمایی در داخل حیاط زمستان‌نشین به دلیل خاصیت گلخانه‌ای برای پرورش گیاهان، کاشت درخت و استفاده از آب مناسب است. در این فضا تنها در ٦ روز سال دما از صفر درجه پایین‌تر می‌رود و این در حالی است که در شرایط آزاد، دمای هوا در ٩٨ روز سال این‌گونه است.
- حیاط زمستان‌نشین در کنار مزایای ذکرشده، به دو صورت می‌تواند بار گرمایشی ساختمان‌های پیرامونی را کاهش دهد: نخست آنکه با افزایش دمای فضای میانی دو ساختمان، اتلاف حرارت پیوسته خارجی کاهش می‌یابد و در نتیجه از بار حرارتی ساختمان نیز کاسته می‌شود. دوم آنکه استفاده از هوای گرم حیاط زمستان‌نشین برای پیش‌گرمایش فضاهای داخلی نیز بر بار گرمایشی تأثیر می‌نهد و از مقدار آن می‌کاهد.
- به صورت کلی با محصور کردن فضای میدانی به وسیله شیشه، اتلاف حرارت پوسته مجاور حیاط به ٧٥ درصد کاهش می‌یابد. محاسبات نشان می‌دهد که این امر باعث کاهش ١٠ درصدی بار گرمایشی ساختمان شده است.
- در طول سال ٤١ روز، دمای حیاط زمستان‌نشین بالاتر از ١٩ درجه سانتی‌گراد (میانگین دمای آسایش در زمستان) است، درحالی‌که دمای داخلی کمتر از ١٨ درجه سانتی‌گراد (حد پایین آسایش) است. در این روزها می‌توان از هوای داخل حیاط زمستان‌نشین برای کاهش بار گرمایشی داخلی استفاده کرد.
- محاسبه مقدار بار گرمایشی حاصل از حرارت تولیدی مازاد در حیاط زمستان‌نشین نشان می‌دهد که در طول سال می‌توان ٨ درصد کل بار گرمایشی ساختمان‌های پیرامونی را از طریق این فضا با حفظ شرایط آسایش حرارتی در آن تأمین کرد.
- در مجموع، با حضور عنصر حیاط زمستان‌نشین، ١٨ درصد از بار گرمایشی سالانه ساختمان‌های پیرامونی کاهش می‌یابد. در مقیاس وسیع به وسیله این عنصر اقلیمی می‌توان به سطح و میزان گسترده‌ای از صرفه‌جویی در مصرف انرژی دست یافت.
- بیشتر شهرهای سردسیری در فصل تابستان دارای هوایی معتدل‌اند و در محدوده آسایش حرارتی قرار دارند. اما ممکن است در ساعاتی از روز به دلیل تابش شدید، شرایط داخلی حیاط زمستان‌نشین خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار گیرد. در کارکرد تابستانی به منظور جلوگیری از برافروختگی دما در داخل حیاط زمستان‌نشین راهکارهایی در نظر گرفته شده که عبارت‌اند از: قرار دادن پنجره در بخش‌های پایینی و بالایی گلخانه، به منظور تخلیه هوای گرم بر اثر ورود هوای سرد از تراز پایین‌تر، تعبیه بازشو در بدنه شرقی و غربی حیاط، پوشاندن بخشی از جداره داخلی حیاط زمستان‌نشین به وسیله دیوار سبز، استفاده از آب‌نما در فضای داخلی حیاط، تعبیه بازشو در همکف ساختمان شمالی برای ایجاد جریان هوا از سمت سایه در شمال مجموعه به داخل حیاط زمستان‌نشین، و تعدیل دمای هوای ورودی به داخل حیاط از سمت سایه در شمال ساختمان از طریق عبور دادن آن از میان درختان یا فضای سبز و آب‌نما.

www.art.ac.ir
Art University Journals

## پیوست ۱

| ماه / روز | ژانویه | | فوریه | | مارس | | آوریل | | مه | | ژوئن | | ژوییه | | اوت | | سپتامبر | | اکتبر | | نوامبر | | دسامبر | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج | حیاط | خارج |
| ۱ | -۱۳.۰ | -۱۵.۵ | ۰.۲ | -۸.۲ | ۱۳.۷ | ۱.۰ | ۲۱.۶ | -۳.۰ | ۲۸.۷ | ۳.۸ | ۴۲.۴ | ۲۲.۳ | ۴۰.۶ | ۲۰.۳ | ۵۰.۹ | ۲۱.۳ | ۴۸.۷ | ۱۷.۳ | ۳۵.۷ | ۱۲.۰ | ۲۵.۰ | ۶.۶ | ۶.۰ | ۳.۴ |
| ۲ | -۲.۵ | -۱۱.۰ | ۴.۱ | -۱۰.۳ | ۱۵.۹ | ۲.۶ | ۱۸.۱ | ۰.۴ | ۳۶.۳ | ۸.۹ | ۴۳.۰ | ۲۲.۳ | ۴۳.۹ | ۲۰.۸ | ۴۶.۲ | ۲۴.۶ | ۵۰.۶ | ۲۰.۰ | ۲۹.۰ | ۱۵.۱ | ۲۳.۵ | ۱۲.۳ | ۵.۵ | ۲.۹ |
| ۳ | -۲.۷ | -۹.۲ | ۸.۵ | -۱۴.۳ | ۱۶.۱ | ۴.۰ | ۱۹.۶ | -۲.۵ | ۳۷.۳ | ۱۳.۹ | ۳۷.۷ | ۱۳.۰ | ۴۷.۸ | ۲۱.۱ | ۴۹.۱ | ۲۶.۷ | ۴۵.۲ | ۱۹.۱ | ۲۷.۶ | ۱۵.۳ | ۱۹.۱ | ۴.۷ | ۹.۲ | ۳.۳ |
| ۴ | ۱.۳ | -۱۱.۶ | ۱۱.۱ | -۱۴.۰ | ۱۲.۶ | ۴.۹ | ۲۶.۱ | -۴.۹ | ۳۵.۶ | ۱۷.۲ | ۴۱.۸ | ۱۲.۳ | ۴۷.۳ | ۲۱.۲ | ۴۲.۹ | ۲۴.۹ | ۴۵.۹ | ۱۶.۶ | ۲۸.۶ | ۷.۸ | ۱۲.۱ | -۰.۷ | ۱۰.۲ | ۸.۹ |
| ۵ | -۲.۵ | -۱۲.۰ | ۶.۲ | -۷.۲ | ۱۰.۵ | ۳.۴ | ۳۱.۹ | -۱.۰ | ۳۸.۷ | ۱۱.۴ | ۴۴.۷ | ۱۶.۶ | ۳۹.۲ | ۲۰.۷ | ۴۳.۴ | ۲۵.۹ | ۴۳.۲ | ۱۹.۵ | ۳۳.۹ | ۱۱.۴ | ۹.۴ | ۳.۰ | ۸.۲ | ۲.۹ |
| ۶ | ۱.۶ | -۳.۷ | ۵.۳ | -۱.۲ | ۱۵.۳ | -۱.۲ | ۲۲.۰ | ۳.۸ | ۴۰.۱ | ۱۰.۴ | ۴۴.۰ | ۱۳.۳ | ۴۴.۳ | ۲۲.۵ | ۴۶.۰ | ۲۲.۰ | ۴۳.۴ | ۲۵.۰ | ۴۳.۴ | ۱۲.۵ | ۸.۶ | ۴.۹ | ۵.۹ | ۱.۴ |
| ۷ | ۲.۷ | -۵.۹ | ۴.۳ | ۰.۴ | ۱۸.۷ | ۳.۱ | ۹.۱ | ۱۹.۸ | ۴۲.۴ | ۱۳.۵ | ۴۳.۳ | ۱۶.۲ | ۵۰.۴ | ۲۴.۸ | ۳۸.۸ | ۱۳.۴ | ۴۲.۹ | ۱۹.۴ | ۲۵.۵ | ۱۳.۹ | ۱۵.۳ | ۷.۰ | ۵.۵ | ۱.۰ |
| ۸ | ۲.۷ | -۱۱.۵ | ۵.۷ | -۱.۱ | ۱۱.۷ | -۱.۱ | ۱۶.۰ | ۳.۰ | ۳۳.۷ | ۱۶.۷ | ۲۱.۱ | ۲۶.۲ | ۵۲.۲ | ۲۶.۷ | ۳۷.۴ | ۱۴.۰ | ۳۳.۳ | ۱۴.۷ | ۲۴.۵ | ۱۱.۵ | ۲۱.۵ | ۹.۷ | ۹.۱ | -۳.۵ |
| ۹ | ۲.۴ | -۸.۵ | ۴.۶ | -۰.۴ | ۷.۳ | ۱.۹ | ۱۹.۴ | ۱۷.۶ | ۲۲.۳ | ۵.۸ | ۴۸.۰ | ۲۲.۸ | ۵۱.۲ | ۲۵.۲ | ۴۱.۷ | ۱۷.۹ | ۳۸.۳ | ۱۵.۳ | ۲۹.۲ | ۹.۴ | ۲۳.۹ | ۱۰.۸ | ۷.۱ | -۳.۳ |
| ۱۰ | ۰.۴ | -۱۰.۶ | ۸.۰ | -۵.۴ | ۲.۹ | ۴.۵ | ۲۵.۸ | ۴.۵ | ۲۲.۱ | ۵.۸ | ۴۷.۲ | ۲۳.۵ | ۵۲.۰ | ۲۱.۶ | ۴۴.۶ | ۲۱.۰ | ۳۴.۳ | ۱۴.۶ | ۳۵.۰ | ۱۴.۹ | ۱۹.۵ | ۹.۳ | ۴.۷ | ۱.۴ |
| ۱۱ | -۱.۱ | -۹.۰ | ۷.۹ | -۶.۹ | ۹.۲ | ۴.۰ | ۳۰.۴ | ۶.۰ | ۲۳.۱ | ۹.۰ | ۴۷.۰ | ۲۳.۵ | ۵۳.۹ | ۲۳.۳ | ۴۲.۴ | ۲۱.۱ | ۳۵.۴ | ۲۰.۶ | ۳۴.۲ | ۱۸.۴ | ۱۲.۴ | ۱.۶ | ۴.۸ | ۰.۱ |
| ۱۲ | -۰.۱ | -۶.۵ | ۷.۶ | -۳.۹ | ۱۱.۳ | ۹.۲ | ۳۵.۰ | ۹.۱ | ۳۲.۷ | ۱۹.۵ | ۴۶.۶ | ۲۴.۷ | ۵۱.۵ | ۲۱.۹ | ۴۳.۸ | ۱۴.۷ | ۳۳.۷ | ۱۲.۹ | ۳۱.۲ | ۱۲.۹ | ۱۲.۹ | -۲.۷ | ۴.۴ | ۲.۹ |
| ۱۳ | ۳.۶ | -۶.۸ | ۱۱.۰ | -۷.۵ | ۱۱.۳ | -۲.۴ | ۳۱.۱ | ۱۲.۴ | ۳۰.۵ | ۹.۴ | ۴۸.۱ | ۱۵.۱ | ۵۰.۸ | ۲۴.۸ | ۴۴.۳ | ۱۹.۶ | ۳۷.۲ | ۱۲.۵ | ۲۸.۲ | ۱۵.۲ | ۱۲.۴ | -۴.۷ | ۶.۵ | -۴.۴ |
| ۱۴ | ۹.۱ | -۴.۲ | ۱۳.۳ | -۷.۰ | ۹.۸ | ۴.۶ | ۳۴.۵ | ۱۲.۹ | ۲۸.۳ | ۱۲.۴ | ۵۰.۱ | ۱۵.۲ | ۵۱.۸ | ۱۹.۱ | ۴۴.۰ | ۲۰.۸ | ۳۱.۶ | ۱۶.۲ | ۲۶.۵ | ۸.۲ | ۱۰.۵ | -۰.۳ | ۹.۴ | -۴.۶ |
| ۱۵ | ۱۱.۲ | -۱۱.۹ | ۱۵۶ | -۱.۵ | ۱۸.۴ | ۲.۱ | ۳۳.۴ | ۱۲.۶ | ۳۴.۹ | ۱۵.۸ | ۳۸.۳ | ۱۵.۸ | ۵۲.۲ | ۲۰.۲ | ۳۷.۴ | ۱۹.۲ | ۳۳.۹ | ۱۸.۶ | ۲۶.۶ | ۶.۳ | ۸.۲ | ۲.۸ | ۱۰.۵ | -۱۱.۸ |
| ۱۶ | ۷.۱ | -۷.۰ | ۱۷.۴ | -۲.۳ | ۲۵.۴ | -۰.۷ | ۲۹.۴ | ۱۳.۲ | ۴۰.۱ | ۱۳.۲ | ۳۴.۱ | ۱۸.۸ | ۵۱.۸ | ۲۰.۱ | ۴۰.۸ | ۱۹.۰ | ۳۹.۸ | ۱۴.۹ | ۲۱.۴ | ۸.۵ | ۶.۲ | ۲.۳ | ۱۰.۰ | -۸.۰ |
| ۱۷ | ۵.۱ | ۱.۵ | ۱۷۶ | -۳.۷ | ۲۳.۶ | -۲.۰ | ۳۴.۷ | ۱۴.۵ | ۴۲.۱ | ۱۴.۴ | ۳۵.۶ | ۲۱.۷ | ۵۱.۶ | ۲۱.۲ | ۴۶.۵ | ۱۶.۵ | ۳۰.۸ | ۱۱.۲ | ۲۱.۰ | ۷.۵ | ۸.۷ | -۰.۲ | ۶.۸ | -۲.۱ |
| ۱۸ | ۳.۹ | ۲.۵ | ۱۴۰ | -۴.۵ | ۲۰.۷ | -۶.۸ | ۳۳.۶ | ۱۴.۵ | ۳۷.۵ | ۲۱.۸ | ۳۸.۰ | ۲۱.۸ | ۴۹.۲ | ۲۱.۷ | ۴۹.۲ | ۱۶.۹ | ۲۲.۷ | ۱۰.۶ | ۲۴.۹ | ۸.۱ | ۱۱.۸ | -۰.۷ | ۱.۵ | ۴.۳ |
| ۱۹ | ۶.۴ | -۱.۵ | ۱۴۵ | -۱۳.۳ | ۲۴.۵ | -۵.۹ | ۳۱.۰ | ۴.۵ | ۳۴.۸ | ۱۳.۸ | ۳۶.۷ | ۱۱.۸ | ۴۶.۳ | ۲۲.۵ | ۵۰.۲ | ۱۸.۸ | ۲۲.۷ | ۱۳.۰ | ۲۲.۷ | ۷.۵ | ۳.۱ | -۰.۱ | ۲.۶ | -۰.۱ |
| ۲۰ | ۱۱.۳ | -۳.۸ | ۱۰.۲ | -۱۰.۹ | ۲۵.۲ | -۲.۵ | ۲۲.۶ | ۵.۳ | ۳۰.۵ | ۱۱.۰ | ۳۳.۰ | ۱۱.۳ | ۳۷.۴ | ۲۱.۱ | ۴۳.۴ | ۲۰.۸ | ۲۶.۹ | ۱۶.۲ | ۱۶.۴ | ۱۱.۶ | ۷.۷ | -۰.۵ | ۲.۹ | -۰.۵ |
| ۲۱ | ۹.۹ | -۰.۴ | ۶.۹ | -۲.۷ | ۱۸.۸ | ۱.۵ | ۱۶.۲ | ۵.۰ | ۳۱.۸ | ۱۰.۹ | ۳۳.۴ | ۱۳.۲ | ۳۴.۳ | ۱۸.۱ | ۴۳.۳ | ۲۱.۹ | ۲۷.۹ | ۱۶.۸ | ۱۶.۴ | ۵.۹ | ۷.۳ | -۳.۷ | ۳.۳ | -۳.۷ |
| ۲۲ | ۱۳.۰ | ۰.۳ | ۷.۱ | -۱۳.۸ | ۲۲.۸ | ۰.۶ | ۱۵.۶ | ۹.۲ | ۲۹.۲ | ۶.۴ | ۳۹.۳ | ۱۷.۳ | ۴۰.۱ | ۱۵.۲ | ۴۰.۶ | ۱۸.۴ | ۲۹.۲ | ۱۲.۵ | ۱۸.۵ | -۲.۷ | ۳.۵ | -۵.۳ | ۱۴.۰ | -۵.۳ |
| ۲۳ | ۱۵.۵ | ۲.۷ | ۱۰.۲ | -۱۱.۷ | ۲۹.۲ | -۰.۶ | ۱۹.۵ | ۵.۸ | ۲۶.۸ | ۵.۹ | ۴۵.۷ | ۱۹.۵ | ۴۶.۸ | ۱۷.۴ | ۳۷.۹ | ۱۹.۵ | ۳۵.۱ | ۱۱.۲ | ۲۰.۲ | -۳.۱ | ۴.۳ | -۹.۷ | ۱۱.۷ | -۹.۷ |
| ۲۴ | ۱۰.۸ | ۱.۴ | ۶.۹ | -۷.۳ | ۳۱.۳ | ۶.۸ | ۲۰.۱ | ۴.۸ | ۳۳.۱ | ۷.۹ | ۴۵.۳ | ۲۰.۰ | ۴۷.۵ | ۱۸.۱ | ۳۹.۳ | ۱۶.۷ | ۴۱.۱ | ۱۳.۴ | ۱۹.۴ | ۳.۳ | ۵.۶ | -۲.۹ | ۱۰.۳ | -۸.۵ |
| ۲۵ | ۱۱.۱ | -۴.۷ | ۲.۶ | -۴.۷ | ۲۱.۵ | ۲.۹ | ۲۸.۶ | ۶.۱ | ۳۹.۰ | ۱۱.۱ | ۴۵.۵ | ۱۳.۷ | ۴۴.۶ | ۱۹.۷ | ۴۴.۴ | ۱۵.۲ | ۴۲.۷ | ۱۰.۴ | ۲۲.۱ | ۹.۰ | ۹.۸ | ۰.۷ | ۳.۲ | -۲.۹ |
| ۲۶ | ۶.۱ | -۱۰.۷ | ۴.۷ | -۱۰.۵ | ۱۲.۶ | -۰.۶ | ۳۷.۶ | ۸.۶ | ۴۲.۸ | ۱۳.۶ | ۴۱.۲ | ۱۳.۷ | ۳۸.۸ | ۲۰.۷ | ۴۸.۲ | ۱۶.۵ | ۴۲.۲ | ۱۰.۱ | ۱۹.۸ | ۹.۶ | ۸.۳ | ۲.۶ | ۱۰.۸ | -۰.۸ |
| ۲۷ | ۹.۰ | -۱۵.۳ | ۶.۷ | -۸.۳ | ۱۴.۱ | -۴.۱ | ۳۵.۵ | ۹.۷ | ۴۵.۲ | ۱۴.۳ | ۴۰.۹ | ۱۵.۸ | ۳۹.۷ | ۱۹.۳ | ۴۶.۱ | ۱۸.۱ | ۴۰.۴ | ۱۵.۳ | ۱۵.۶ | ۴.۱ | ۱۰.۰ | ۱.۳ | ۰.۹ | -۱.۱ |
| ۲۸ | ۸.۲ | -۵.۸ | ۱۴۶ | -۳.۶ | ۱۳.۵ | -۰.۱ | ۲۷.۸ | ۱۲.۵ | ۳۵.۸ | ۱۵.۱ | ۴۵.۶ | ۱۶.۸ | ۳۹.۵ | ۱۶.۴ | ۴۲.۷ | ۱۹.۸ | ۳۹.۶ | ۸.۰ | ۱۹.۷ | ۱.۱ | ۸.۳ | ۳.۰ | ۳.۵ | -۷.۵ |
| ۲۹ | ۵.۶ | ۴.۲ | | | ۱۵.۲ | -۲.۷ | ۲۰.۵ | ۸.۵ | ۳۴.۰ | ۱۶.۸ | ۳۹.۵ | ۲۰.۰ | ۳۰.۵ | ۱۵.۶ | ۳۹.۷ | ۲۲.۸ | ۳۹.۷ | ۹.۳ | ۲۰.۹ | ۱.۲ | ۵.۷ | ۱.۴ | ۳.۹ | - |
| ۳۰ | ۴.۲ | ۲.۸ | | | ۱۹.۹ | -۶.۴ | ۲۲.۱ | ۸.۰ | ۳۴.۷ | ۱۵.۱ | ۴۱.۳ | ۲۱.۹ | ۴۰.۱ | ۲۰.۵ | ۴۰.۷ | ۱۹.۹ | ۳۹.۰ | ۱۳.۵ | ۲۳.۲ | ۱.۴ | ۳.۴ | -۱.۸ | ۴.۲ | -۹.۴ |
| ۳۱ | ۴.۱ | ۰.۵ | | | ۱۹.۲ | -۵.۰ | | | ۴۱.۱ | ۱۸.۰ | | | ۴۷.۱ | ۲۰.۵ | ۴۵.۲ | ۲۰.۱ | | | ۲۳.۶ | ۴.۶ | | | ۶.۵ | -۶.۳ |

Archive of SID

## پیوست ۲

| مجموع بار گرمایی دو ساختمان پس از داکت هوای گرم حیاط (kWh) | مجموع بار گرمایی دو ساختمان پیش از داکت هوای گرم حیاط (kWh) | ضریب بار گرمایشی | نسبت بار گرمایشی تأمینی از هوای گرم داخل حیاط به بار گرمایی مورد نیاز (درصد) | میزان افزایش دما از طریق داکت هوای حیاط به ساختمان‌ها[C] | تفاضل دما با حد بالای آسایش در فضای باز (۱۹درجه سانتی‌گراد) | میانگین دمای هوا در حیاط زمستان‌نشین [C] | تفاضل میانگین دما با حد پایین آسایش در داخل ساختمان (۱۸ درجه سانتی‌گراد) | میانگین دمای ساختمان شمالی و جنوبی [C] | دمای خارج [C] | روز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 239.5 | 374.4 | 0.64 | 36.0 | 4.1 | 6.4 | 25.4 | 11.3 | 6.7 | -0.7 | 03/16 |
| 283.2 | 362.3 | 0.78 | 21.8 | 2.3 | 3.6 | 22.6 | 10.5 | 7.5 | -2.0 | 03/17 |
| 421.3 | 469.0 | 0.90 | 10.2 | 1.0 | 1.7 | 20.7 | 10.3 | 7.7 | -6.8 | 03/18 |
| 310.4 | 472.7 | 0.66 | 34.3 | 3.4 | 5.5 | 24.5 | 10.0 | 8.0 | -5.9 | 03/19 |
| 247.2 | 414.1 | 0.60 | 40.3 | 3.9 | 6.2 | 25.2 | 9.6 | 8.4 | -2.5 | 03/20 |
| 282.5 | 380.5 | 0.74 | 25.7 | 2.4 | 3.8 | 22.8 | 9.3 | 8.7 | 0.6 | 03/22 |
| 76.8 | 322.3 | 0.24 | 76.2 | 6.5 | 10.2 | 29.2 | 8.5 | 9.5 | -0.6 | 03/23 |
| 0.00 | 164.9 | 0.00 | 103.9 | 7.8 | 12.3 | 31.3 | 7.5 | 10.5 | 6.8 | 03/24 |
| 186.4 | 237.8 | 0.78 | 21.6 | 1.6 | 2.5 | 21.5 | 7.2 | 10.8 | 2.9 | 03/25 |
| 524.5 | 640.3 | 0.82 | 18.1 | 1.7 | 2.6 | 21.6 | 9.2 | 8.8 | -3.0 | 04/01 |
| 315.2 | 639.7 | 0.49 | 50.7 | 4.5 | 7.1 | 26.1 | 8.9 | 9.1 | -4.9 | 04/04 |
| 0.00 | 474.3 | 0.00 | 101.8 | 8.2 | 12.9 | 31.9 | 8.0 | 10.0 | -1.0 | 04/05 |
| 309.9 | 407.6 | 0.76 | 24.0 | 1.9 | 3.0 | 22.0 | 7.9 | 10.1 | 3.8 | 04/06 |
| 126.4 | 328.8 | 0.38 | 61.6 | 4.3 | 6.8 | 25.8 | 7.0 | 11.0 | 4.5 | 04/10 |
| 0.00 | 269.8 | 0.00 | 118.8 | 7.2 | 11.4 | 30.4 | 6.1 | 11.9 | 4.0 | 04/11 |
| 0.00 | 116.3 | 0.00 | 208.4 | 10.1 | 16.0 | 35.0 | 4.8 | 13.2 | 9.2 | 04/12 |
| 0.00 | 10.4 | 0.00 | 204.6 | 7.6 | 12.1 | 31.1 | 3.7 | 14.3 | 12.4 | 04/13 |
| 0.00 | 14.5 | 0.00 | 356.9 | 9.8 | 15.5 | 34.5 | 2.7 | 15.3 | 12.9 | 04/14 |
| 0.00 | 17.2 | 0.00 | 527.8 | 9.1 | 14.4 | 33.4 | 1.7 | 16.3 | 4.6 | 04/15 |
| 0.00 | 84.8 | 0.00 | 427.9 | 6.6 | 10.4 | 29.4 | 1.5 | 16.5 | 3.9 | 04/16 |
| 262.1 | 360.1 | 0.73 | 27.2 | 0.8 | 1.2 | 20.2 | 2.8 | 15.2 | -3.1 | 10/23 |
| 98.6 | 207.2 | 0.48 | 52.4 | 1.9 | 3.1 | 22.1 | 3.7 | 14.3 | 9.0 | 10/25 |
| 232.6 | 311.2 | 0.75 | 25.3 | 1.2 | 1.9 | 20.9 | 4.8 | 13.2 | 1.2 | 10/29 |
| 133.9 | 298.5 | 0.45 | 55.1 | 2.7 | 4.2 | 23.2 | 4.9 | 13.1 | 1.4 | 10/30 |
| 94.1 | 239.1 | 0.39 | 60.6 | 2.9 | 4.6 | 23.6 | 4.8 | 13.2 | 4.6 | 10/31 |
| 31.0 | 178.0 | 0.17 | 82.6 | 3.8 | 6.0 | 25.0 | 4.6 | 13.4 | 6.6 | 11/01 |
| 25.5 | 79.1 | 0.32 | 67.8 | 2.9 | 4.5 | 23.5 | 4.2 | 13.8 | 12.3 | 11/02 |
| 161.3 | 212.6 | 0.76 | 24.1 | 1.6 | 2.5 | 21.5 | 6.6 | 11.4 | 9.7 | 11/08 |
| 53.4 | 113.6 | 0.47 | 53.0 | 3.1 | 4.9 | 23.9 | 5.8 | 12.2 | 10.8 | 11/09 |
| 3823.8 | 8201.3 | 0.94 | 6.5 | 0.6 | 0.9 | 19.9 | 9.2 | 8.8 | -6.4 | 03/30 |
| 619.8 | 629.3 | 0.98 | 1.5 | 0.1 | 0.2 | 19.2 | 9.3 | 8.7 | -5.0 | 03/31 |
| 300.7 | 314.5 | 0.96 | 4.4 | 0.4 | 0.6 | 19.6 | 9.3 | 8.7 | -2.5 | 04/03 |
| 434.7 | 464.1 | 0.94 | 6.3 | 0.5 | 0.8 | 19.8 | 8.0 | 10.0 | 9.1 | 04/07 |
| 236.0 | 244.2 | 0.97 | 3.3 | 0.3 | 0.4 | 19.4 | 7.9 | 10.1 | 1.9 | 04/09 |
| 227.6 | 259.7 | 0.88 | 12.3 | 0.3 | 0.5 | 19.5 | 2.3 | 15.7 | 5.8 | 04/23 |
| 98.6 | 140.0 | 0.70 | 29.6 | 0.7 | 1.1 | 20.1 | 2.4 | 15.6 | 4.8 | 04/24 |
| 289.5 | 313.1 | 0.92 | 7.5 | 0.3 | 0.4 | 19.4 | 3.5 | 14.5 | 3.3 | 10/24 |
| 156.3 | 179.4 | 0.87 | 12.9 | 0.5 | 0.8 | 19.8 | 3.8 | 14.2 | 9.6 | 10/26 |
| 280.1 | 309.5 | 0.91 | 9.5 | 0.4 | 0.7 | 19.7 | 4.5 | 13.5 | 1.1 | 10/28 |
| 176.3 | 177.8 | 0.99 | 0.9 | 0.0 | 0.1 | 19.1 | 4.2 | 13.8 | 4.7 | 11/03 |
| 121.0 | 128.8 | 0.94 | 6.1 | 0.3 | 0.5 | 19.5 | 5.5 | 12.5 | 9.3 | 11/10 |

www.art.ac.ir
Art University Journals

## قدردانی و سپاس‌گزاری

با سپاس از سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، به خاطر حمایت از کار نگارندگان در انجام پژوهش.

## پی‌نوشت‌ها

1. Energyplus

۲. برای مطالعه نکات طراحی در اقلیم سرد، ن.ک. رازجویان ـ ۱۳٦۷، قبادیان ـ ۱۳۸۲، کسمائی ـ ۱۳۸۳، مازریا ـ ۱۳٦۵.
ازجویان، محمود (۱۳٦۷) آسایش به‌وسیله معماری همسو با اقلیم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
قبادیان، وحید (۱۳۸۲) بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران، انتشارات دانشگاه تهران.
کسمائی، مرتضی (۱۳۸۳) اقلیم و معماری، نشر خاک.
مازریا، ادولرد (۱۳٦۵)، راهنمای کاربرد غیرفعال انرژی خورشیدی در ساختمان، ترجمه علی مهدوی.

۳. برای مطالعه در این زمینه، ن.ک. هاشمی، فاطمه (۱۳۸۹) دیواره سبز، عاملی مؤثر در طراحی پایدار، همایش استانی ساختمان و مصرف انرژی، دانشگاه صنعتی نوشیروان بابل.

٤. عایق‌بندی براساس مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، ساختمان‌های گروه یک با نیاز بالای صرفه‌جویی در مصرف انرژی.

## منابع

- برگر، کوانیگز (۱۳٦۸) *راهنمای طراحی اقلیمی*، ترجمه مرتضی کسمائی، مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان.
- توسلی، محمود (۱۳۵۳) *معماری اقلیم گرم و خشک*.
- حائری مازندرانی، محمدرضا (۱۳۸۸) *خانه فرهنگ طبیعت*، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.
- حیدری، شاهین (۱۳۸٤) *بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان با تکیه بر استاندارد جدید آسایش حرارتی*، انتشارات وزارت نیرو.
- حیدری‌نژاد، قاسم (۱۳۸۸) *آسایش حرارتی*، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- کسمائی، مرتضی (۱۳۷۲) *پهنه‌بندی اقلیمی ایران مسکن و محیط مسکونی*، مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان.
- کسمائی، مرتضی (۱۳۸٤) *پهنه‌بندی و راهنمای طراحی اقلیمی استان آذربایجان‌شرقی*، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- لنکر، نوبرت (۱۳۸۵) *گرمایش، سرمایش، روشنایی*، ترجمه محمدعلی کی‌نژاد، انتشارات دانشگاه هنر اسلامی، تبریز.
- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۸) *مقررات ملی ساختمان*، مبحث نوزدهم، ویرایش سوم.
- معرفت، مهدی (۱۳۸۷) *آسایش حرارتی*، انتشارات کلید آموزش، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت.

- ASHRAE 55 (1992) *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society for Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc, Atlanta, GA.
- De Dear, Richard (1997) *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Macquarie Research.
- http://www.iran-eng.com/showthreed.php/37456
- http://www. Ardebilmet.ir
- http:// www.bonyadmaskanfars.ir

www.art.ac.ir
Art University Journals