نشریهٔ علمی باغ نظر، ۲۰(۱۲۵)، ۶۵-۷۸ / آبان ۱۴۰۲
DOI:10.22034/BAGH.2023.368417.5285

ترجمهٔ انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Analyzing the Reasons for the Unconditioned Space in the Thermal Shell of the Apodyterium of Kashan Bathhouses
.در همین شمارهٔ مجله به‌چاپ رسیده است

مقالهٔ پژوهشی

واکاوی علل بهره‌گیری از فضای کنترل‌نشده در پوستهٔ حرارتی گرم‌خانهٔ حمام‌های کاشان

علی هاشمی[۱]، علی عسگری[۲*]

۱. کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
۲. گروه معماری، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

چکیده

بیان مسئله: با وجود تخمین‌های مختلفی که در خصوص راهکارهای مؤثر در کاهش اتلاف حرارت و ذخیره‌سازی انرژی در پیکرهٔ حمام‌های سنتی ایران بیان‌شده، میزان کارایی به‌واسطهٔ عدم امکان محاسبهٔ کارکرد هریک، مشخص نشده است.

هدف پژوهش: این پژوهش سعی دارد تا با تدقیق بر راهکارهای مؤثر بر کاهش اتلاف حرارت موجود در گرم‌خانه‌های حمام‌های سنتی کاشان، میزان کارایی سه راهکار مشترک در پیکرهٔ حمام‌ها، یعنی «فشردگی در بافت و همسایگی»، «واردشدن در زمین» و «احاطهٔ فضای گرم‌خانه در بین فضاهای کنترل‌نشده» را با یکدیگر مقایسه کند و مشخص‌شود که کدام یک اصلی‌ترین و بیش‌ترین کارایی را در جلوگیری از اتلاف حرارت از پوسته در حمام‌های کاشان داشته‌اند.

روش پژوهش: نوشتار حاضر از پارادایم کمی و راهکار شبیه‌سازی انرژی برخورداربوده که برای محاسبات خود، از نرم‌افزار دیزاین بیلدر و مبتنی‌بر شواهد برگرفته از خوانش کالبدی ساختار فضایی حمام‌های سنتی شهر کاشان به‌صورت نمونه‌گیری غیر تصادفی، استفاده کرده است.

نتیجه‌گیری: احاطهٔ فضای گرم‌خانه در بین فضاهای کنترل‌نشده در حمام‌های کاشان، به میزان مرکزیت آن نسبت به پلان حمام، نتایج متنوعی در پی داشته است. لیکن در کم‌ترین حالت به‌طور میانگین حدود ۹۴/ ۱۳ درصد در سال در حمام سلطان احمد و حدود ۷۴/ ۴۶ درصد در حمام خان مؤثر بوده است. این رقم در مقایسه با هر چهار حمام به رقم میانگین ۱۸/ ۳۳ درصد رسیده که در مقایسه با سهم کارایی ناچیز راهکارهای قرارگیری حمام در «داخل زمین» و «بافت فشردهٔ شهری جهت برخورداری از همسایگی» که به ترتیب حدود ۴۴/ ۵ و ۶/ ۰ درصد بوده، نشان از اهمیت و کارایی این راهکار دارد.

واژگان کلیدی: *حمام، معماری سنتی، اتلاف حرارتی، فضای کنترل‌نشده، طراحی اقلیمی.*

مقدمه و بیان مسئله

در ادبیات معماری سنتی، حمام‌ها یا گرمابه‌ها، یکی از مکان‌های مهم شهری در مسیر بازارهای شهر و روستا تلقی شده‌اند که به‌واسطهٔ تأثیر کم عوامل اقلیمی در نحوهٔ استقرار، شکل کالبدی و تقسیم فضاهای داخلی، از یک الگوی نسبتاً مشترک پیروی می‌کنند (Ghobadian, 2009, 167). برجستگی و تمایز این بناها نسبت به سایر آثار تاریخی ایران، به‌دلیل توجه معماران بر سامانهٔ گرمادهی به‌کاررفته در آن‌ها است (پیرنیا، ۱۳۷۱، ۱۹۸).

عوامل مادی و معنوی متعددی در تنوع‌بخشی به حمام‌ها تأثیرگذار بوده‌اند که این مطلب موجب تغییرات گستردهٔ کالبدی (هم‌چون فضا و سازهٔ معماری، سلسله‌مراتب، مصالح و تزئینات) و عملکردی (هم‌چون تعدد، تنوع گونه‌ای و برنامهٔ فیزیکی) در حمام‌های ساخته‌شده شده است (طبسی، انصاری، طاووسی و فخار تهرانی، ۱۳۸۶، ۵۲).

به‌طورکلی حمام‌ها از اجزای متنوعی که متناسب با وسعت و

*. ali.asgari@iau.ac.ir,۰۹۱۲۲۵۴۶۲۹۲

کارکرد حمام به‌شمار می‌رفته، تشکیل‌شده‌اند. از متداول‌ترین فضاهای حمام‌ها می‌توان به گرم‌خانه، سربینه[1]، میان‌در[2]، ورودی و... اشاره کرد (Ghobadian, 2009, 168). از آن‌جا که در فضاهای گرم‌خانه کاربران فاقد پوشش بوده‌اند، این فضاها از حیث تبادل حرارتی و تهویه مورد توجه خاص قرار می‌گیرند.

از راهکارهای متنوعی که در خصوص سیستم کنترل اتلاف حرارت در خصوص حمام‌های سنتی مطرح شده است، می‌توان به کنترل تهویه و کوران هوا با کمک شکستگی مسیرها و کاهش ارتفاع مسیرهای حرکتی (حاجی قاسمی، ۱۳۷۳، ۹۸)، پایین‌بردن کلیت بنا در زمین (صادقی، شهبازی شیران و فیضی، ۱۳۹۸، ۱۷۷؛ پیرنیا، ۱۳۷۱، ۱۹۸)، فشردگی پلان (زارعی، ۱۳۹۱، ۷۷-۷۸) جرم حرارتی بالای حمام‌ها (زارعی، وحیدی و رازانی، ۱۳۹۶، ۱۰) اشاره داشت.

درحالی‌که اشتیاق بر خوانش معماری بومی و شناسایی راهکارهای پایدار در ابنیهٔ سنتی چه از منظر دانشی و چه از منظر ملی قابل تحسین است، میزان تأثیرگذاری هریک از تخمین‌های گفته‌شدهٔ قبلی در فضای شبیه‌سازی تاکنون مورد آزمایش قرار نگرفته و عواملی هم‌چون «اطلاعات کم پیرامون مصالح و فناوری ساخت جداره‌ها»، «میزان دقیق نحوهٔ چرخش هوا»، «بازشوها»، «تعدد دفعات استفاده از بنا» و «تعداد بناهای کم باقی‌مانده به نسبت تنوع دوره‌ها و آب‌وهوای مختلف اقلیمی در هر منطقه» باعث کاهش اعتبار پژوهش‌های پیرامون موضوع شده است.

پژوهش حاضر در ذیل این سؤال آغاز می‌شود که در جهت کاهش انتقال حرارت از طریق پوسته در فضای گرم‌خانه چه راهکارهایی به‌کارگرفته می‌شده و این مهم تا چه میزان در حمام‌های شهر کاشان به‌واسطهٔ نوسان شدید دمایی مورد توجه بوده است؟ این پرسش در ادبیات دقیق‌تر مقاله بر نقش فضاهای کنترل‌نشده در پیرامون گرم‌خانه‌های حمام‌های سنتی در مقایسه با تأثیرگذاری بافت فشردهٔ بیرونی و درونی حمام‌ها و پایین‌بردن کلیت بنا در داخل زمین از حیث قیاسی می‌تواند به میزان اهمیت این راهکار اشاره‌نشده در پژوهش‌های حاضر، تأکید کند. در این راستا فرضیهٔ اصلی پژوهش تأکید بر نقش چینش فضاهای کنترل‌نشده در پیرامون گرم‌خانه‌ها جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی از طریق پوستهٔ آن‌ها در شرایط آب‌وهوایی شهر کاشان دارد. به دیگر سخن، فرضیهٔ این پژوهش بر تأثیرگذاری مشهود و حائز اهمیت فضاهای کنترل‌نشده در جلوگیری از اتلاف حرارت گرم‌خانه شکل می‌گیرد.

در واقع ذکر این نکته حائز اهمیت است که با وجود پژوهش‌های متنوعی که در خصوص بار حرارتی یا اتلاف انرژی صورت گرفته‌اند، پژوهش‌های کمی بسیار محدودی بر روی اتلاف حرارت حمام‌های سنتی انجام پذیرفته است. حرکت فراتر از این مسئله در پژوهش حاضر، با توجه به تأکید پژوهش‌های پیشین بر راهکارهای غیرقابل اندازه‌گیری و یا تخمینی، اصلی‌ترین جنبهٔ حائز توجه در خصوص بداعت موضوع جاری در مقاله است که این مسئله با عنایت به تأکید مقاله بر نقش فضاهای کنترل‌نشده، به وضوح دیده می‌شود.

به بیان دیگر این پژوهش با هدف شناسایی میزان تأثیرگذاری قرارگیری فضای گرم‌خانه به‌عنوان یک فضای کنترل‌شده مابین فضاهای کنترل‌نشدهٔ دیگر با مقایسهٔ نسبی راهکارهای «فشردگی بافت و همسایگی حمام‌ها»، «پایین‌رفتن در داخل زمین» شکل می‌پذیرد.

پیشینهٔ تحقیق

از پژوهش‌های مشابهی که به حمام از جنبهٔ اقلیمی پرداخت شده باشد، مصادیق بسیار محدودی مشاهده می‌شود. یکی از این مصادیق پژوهش «مطالعهٔ تأثیر اقلیم در طراحی و ساخت گرمابه‌های ایران» بوده که در این مقاله نویسندگان مطرح می‌سازند که اقلیم‌های متنوع در ایران به‌رغم وجوه مشترکات کالبدی بسیار در حمام‌های سنتی، موجب تأثیرات قابل توجهی نیز گشته است (طبسی، انصاری، طاووسی و فخاری تهرانی، ۱۳۸۵، ۱۵۲) و این مطلب که در حمام‌های اقلیم گرم‌وخشک، با مساحت بیش‌تر، احداث فضای چال‌حوض، استفاده از کاشی در تزئینات در اقلیم سرد و کوهستانی، با کوتاه‌شدن ارتفاع گرم‌خانه، به‌کارگیری چفدهای تند، استفاده از تزئینات آهک‌بری، حجاری و آجرکاری در اقلیم معتدل و مرطوب با احداث عمارت روی کرسی‌چینی، به‌کارگیری پوشش شیب‌دار، تأمین نور هشتی از بدنه، استفاده از چوب و متداول‌نبودن تزئینات و در اقلیم گرم و مرطوب با احداث حمام‌های کوچک، استفاده از سنگ‌های مرجانی، تزئین‌نکردن بدنه از دستاوردهای این پژوهش بوده است (همان).

در پژوهش دیگری تحت عنوان «تحلیل ویژگی‌های معماری و فضایی حمام‌های قاجاری در اقلیم فارس» علاوه بر آزمون دستاورد قبلی، با بررسی کالبد حمام‌های استان، مطرح می‌سازد که حمام‌های اقلیم گرم نسبت به سرد، از ۰/۰۴ درصد کشیدگی بیش‌تر در تناسب طول به عرض و کوتاه‌تربودن ارتفاع گرم‌خانه در عین بزرگ‌تربودن نسبت به مساحت سربینه در اقلیم سرد نسبت به سایر پهنه‌ها اشاره داشته است. هم‌چنین در این مقاله فضاهای سربینه و گرم‌خانه در حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد مساحت حمام‌ها را در پهنه‌های اقلیمی متفاوت استان فارس اشغال می‌کردند (زارعی، وحیدی و رازانی ، ۱۳۹۶، ۱۳).

سهرابی، عسگری و غفاری در پژوهشی با هدف مقایسهٔ هندسهٔ داخلی فضاهای گرم‌خانه و سربینه حمام‌های در اقلیم گرم‌وخشک ایران، اعلام می‌دارند که در حمام‌های منطقهٔ گرم‌وخشک، طرح کالبدی، در ابتدا با پایین‌رفتن در داخل زمین، سپس با افزایش جرم حرارتی ساختمان، موجب کاهش نوسان حرارتی شده است. این موضوع در ساختار سربینه و گرم‌خانه به‌واسطهٔ استقرار در

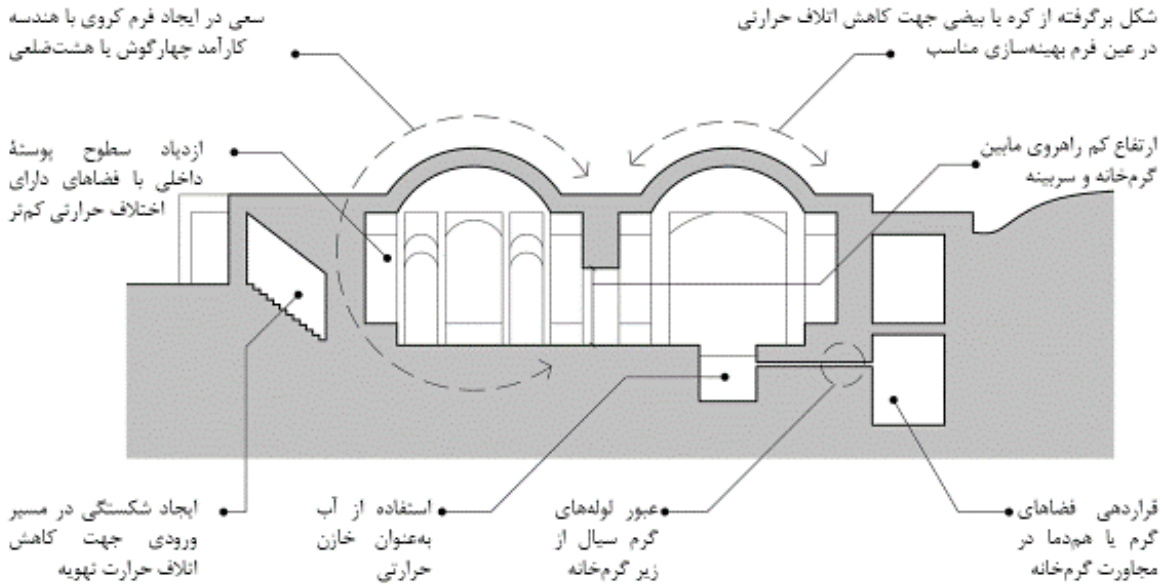
مابین فضاهای کنترل‌نشده، از ارتباط با محیط پیرامونی رهاشده و اتلاف حرارتی این موضوع به‌واسطهٔ نتایج به‌دست‌آمده به‌طور میانگین به میزان ۶۶ درصد در سربینه و ۶۷ درصد در گرم‌خانه، در تعامل با فضاهای دارای اختلاف دمای کم‌تر قرار می‌گیرد (سهرابی، عسگری و غفاری، ۱۴۰۲).

در پژوهش‌های خارجی مرتبط با حمام، می‌توان به پژوهش «سنجش رفتار حرارتی-رطوبتی ساختمان‌های حرارتی رومی، حمام ایندیریزو در کاتانیا سیسیل» در خصوص حمام‌های رومی اشاره داشت. در این پژوهش با وجود اطلاع از عملکرد بنا، پژوهشگر ضمن تأکید بر عدم قاطعیت در تحلیل به‌دلیل بی‌اطلاعی از دما و رطوبت نسبی در گرم‌خانه و اتاق‌های گرم، سطح حرارتی و فرایند خروج گازهای دودکش داغ و وجود شیشه‌های پنجره و پوشش‌ها، به تحقیقی میان‌رشته‌ای جهت تحلیل ساختمان اصلی حمام «ایندیریزو» کاتانیا سیسیل[۳] به کمک اسکن لیزری سه‌بُعدی، شبیه‌سازی دینامیک سیالات[۴] می‌پردازد. نتایج این پژوهش نشان‌می‌دهد دمای بین ۹۰ تا ۱۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد گازهای درون دودکش‌های زیر سطح حمام، موجب دمای بین ۳۰ تا ۳۵ درجه و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد می‌شود. این پژوهش با عنایت به مدل‌سازی دینامیکی سیالات در درون حمام قدیمی نشان‌می‌دهد که رطوبت نسبی و دمای هوا با افزایش ارتفاع گرم‌خانه به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. که این مقدار در حدود ۱۰ درجه و ۱۰ درصد است (Gagliano, Liuzzo, Margani & Pettinato, 2017).

باوجود این‌که در ساختار حمام‌های سنتی ایران پژوهش‌های انگشت‌شماری با تدقیق بر اتلاف حرارتی صورت‌گرفته، گمانه‌های متعددی در خصوص کارایی راهکارهایی هم‌چون چیدمان پلان، فشردگی ساختار پلان و بافت پیرامونی، بیان شده است که عموماً سهم کمی در ادبیات حمام دارا هستند. به‌طوری‌که این موضوع مابین گفتارهای قالب پژوهش‌های پیرامون حمام (نگاه به تزئینات، هندسهٔ کلی، مناسبات اجتماعی و غیره) به شکل گذرا، آن‌هم در حد تخمین بیان شده‌اند و تاکنون تجربهٔ شبیه‌سازی انرژی در خصوص این سخن‌ها به دلایل ضعف در دستیابی به اطلاعات مستند در خصوص بناها، تعدد کم نمونه‌های موجود در یک بستر آب‌وهوایی و عدم کارکرد کامل حمام با عنایت به تغییر الگوی زندگی صورت نپذیرفته است و این موضوع یکی از جنبه‌های اصلی بداعت پژوهش حاضر در توان محدود خود تلقی می‌شود (تصویر ۱).

در این میان این موضوع که «فضاهای کنترل‌نشده»، «فشردگی پلان در بافت و ساختمان»، «پایین‌رفتن بنا در زمین» تا چه میزان در کاهش اتلاف حرارت ساختمان تأثیرگذار است، در بناهای سنتی دیگر و ساختمان‌های جدید مورد توجه و تحقیق قرار گرفته است.

در حوزهٔ پژوهش‌های پیرامون فضاهای کنترل‌نشده، صرف‌نظر از پژوهش‌هایی که به تعریف این فضا به‌مانند استانداردها و مقررات ملی پرداخته، پژوهش‌های متنوعی در خصوص میزان کارکرد و تأثیرات مثبت آن‌ها رخ داده است. از این میان برخی پژوهش‌های به‌مانند پژوهش «تجزیه و تحلیل تأثیر تعریف دمای داخلی خانه بر تعیین ضریب اتلاف حرارتی از طریق برداشت محیطی از راه دور» با دغدغهٔ مقایسهٔ انواع عوامل مؤثر بر اتلاف حرارت در ساختمان‌های متعارف کشور سوئیس بیان می‌دارد که در کاهش



تصویر ۱. نمایش راهکارهای کلی به‌کاررفته در حمام‌های سنتی اقلیم گرم‌وخشک ایران. مأخذ: سهرابی و همکاران، ۱۴۰۲، ۳۴.

اتلاف حرارت از طریق پوسته، فضاهای کنترل‌نشده، می‌تواند تا حدود ۳۰ درصد مفید واقع شوند (Senave, Roels, Verbeke & Saelens, 2020).

برخی دیگر از پژوهش‌ها به‌صورت موردی یکی از فضاهای ساختمان را که به‌عنوان فضایی متداول اما کنترل‌نشده در پیکرهٔ رایج ساختمان‌ها وجود دارد را مورد تحلیل قرار داده‌اند. به‌طور مثال فابری و برونتی در پژوهشی با عنوان «تأثیر فضای زیر شیروانی بر عملکرد انرژی بناهای قدیمی» در نقد الگوی مرمت خانه‌های روستای بورگو ماریچیای[۵] ایتالیا، به واکاوی تأثیر شیروانی خانه‌های سنتی در مقایسهٔ عایق‌بندی ساختمان‌های مرمت‌شده بدون شیروانی می‌پردازد. در این پژوهش شبیه‌سازی انجام‌شده، دلالت از کارایی بالاتر الگوی سنتی با وجود عایق‌کاری بروزتر سطح فوقانی ساختمان‌های مرمت‌شده دارد. این مقدار که حدود ۱۰ درصد کارکرد بالاتر در ماه‌های سرد را نمایش می‌دهد، مصداق دیگری از کارایی فضای کنترل‌نشده در حین طراحی معماری است (Fabbri & Brunetti, 2015, 1282).

مشابه با پژوهش قبلی هافمان و گیسلر، در پژوهشی در خصوص فضای کنترل‌شده در زیرزمین، دیوارهای بدون عایق را نیز در کنترل اتلاف حرارت به میزان ۱۰ درصد مؤثر تلقی کرده‌اند (Hoffmann & Geissler, 2017, 37).

پژوهش‌های بسیاری نیز مانند پژوهش برزرو و کیاری در راستای دقیق‌تر کردن نحوهٔ محاسبات فضاهای کنترل‌نشده در روش‌های تجویزی و کارکردی در استانداردهای جدید انگلیس انجام شده است. به‌طور مثال در این پژوهش با عنوان «انتقال حرارت در فضاهای کنترل‌نشده: روش ارزیابی شاخص تعدیل»، پژوهشگران ضمن ناچیزدانستن سهم پل حرارتی در محاسبات تحلیلی، مقادیر جدیدی به‌جای ضریب‌های استانداردهای رایج مشاهده کردند (Bergero & Chiari, 2019).

مبانی نظری

فضای کنترل‌نشده[۶] و یا فضای بدون گرمایش[۷] به بخش‌هایی از فضای ساختمان اطلاق می‌شود که فاقد پایانه‌های گرمایشی و سرمایشی هستند. همانند: درز انقطاع هوابندی‌شده، راه‌پله‌ها، دالان‌ها و پارکینگ‌ها (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸، ۱۰).

این تعریف که عموماً در مقایسه با فضای کنترل‌شده در ممیزی ساختمان بیان می‌شود در هر دو روش کارکردی و تجویزی در محاسبات ساختمان به‌دلیل کم‌تربودن میزان اختلاف دما دو طرف دیوار، با ضرایب مستخرج از مقررات ملی یا استانداردهای جاری در منطقه کاربرد دارد. به بیان دیگر، با توجه به آن‌که اختلاف دمای فضای داخل و فضای کنترل‌نشده کم‌تر از اختلاف دمای فضای داخل و خارج است و در نتیجه مقدار انتقال حرارت از جدارهای مجاور فضای کنترل‌نشده، کم‌تر از مقدار انتقال حرارت از جدارهای مجاور خارج است، لازم‌است این موضوع با استفاده از یک ضریب کاهش، در محاسبات لحاظ شود (همان).

در تجزیه‌وتحلیل کاربردی پوشش حرارتی، ساختمان به محفظه‌های مطبوع یا کنترل‌شده و کنترل نشده تقسیم می‌شود. جداره‌ی مابین این دو فضا به‌عنوان یک مانع فیزیکی از یکپارچگی شرایط جلوگیری می‌کند. تخمین دقیق دمای فضای کنترل نشده برای اهداف ممیزی انرژی دشوار است. بااین‌حال برای اندازه‌گیری در دوره‌های طولانی، اثرات غیرثابت دما را می‌تواند جبران نموده و تا امکان استفاده از مقادیر متوسط در طراحی پایدار فراهم سازد (Nepomuceno, Martins & Pinto, 2022).

روش تحقیق

پژوهش حاضر از سامانهٔ پسااثبات‌گرا بهره‌گرفته و با رویکرد مدل‌سازی و شبیه‌سازی (کالبدی) اقدام به پردازش ساختار فیزیکی پوستهٔ درونی گرم‌خانهٔ حمام‌های کاشان داشته است. به‌منظور بازشناسی ویژگی‌های کالبدی حمام‌های کاشان، تعداد چهار حمام به‌طور نمونهٔ غیرتصادفی برگزیده شده‌اند (جدول ۱). در مرحلهٔ شناسایی، سازمان‌دهی و تحلیل قراین جمع‌آوری‌شده از اسناد حمام‌ها که متأثر از تصاویر و نقشه‌های برداشت‌شده از آن‌ها پیش از تخریب یا امکان مشاهدهٔ آثار در زمان نگارش مقاله بوده، اقدام به تجرید فضاهای کالبدی شد. منطق نمونه‌گیری در پژوهش، دلایلی هم‌چون «داشتن اطلاعات کالبدی کامل از موضوع»، «امکان برداشت مجدد در جهت سنجش کیفیت فضا»، «شناخته‌شدن حمام در ادبیات معماری کاشان» و «سلامت ساختمان از جنبهٔ تغییرات تا زمان مستندنگاری» در گسترهٔ اقلیم گرم‌وخشک کاشان بوده است.

درخصوص بررسی تطبیقی رفتار حرارتی پوستهٔ خارجی حمام‌های منطقهٔ گرم و خشک، مطالعهٔ منطق محاسباتی و شناخت پارامترهای مؤثر بر رفتار حرارتی جداره‌ها، جهت ارزیابی نمونه‌های مطالعه‌شده، ضرورت داشته است. براین‌اساس پس از انتخاب نمونه‌های این پژوهش و با استناد به مبانی محاسباتی رفتار پوستهٔ خارجی بنا، عملکرد جداره‌های فضاهای مورد بحث در حمام مورد تحلیل قرار گرفت. برای این منظور جهت مدل‌سازی فضای کالبدی حمام‌ها، پس از برداشت میدانی سطوح، نمونه‌های انتخابی به شکل تجریدی از حیث «سطوح مجاور و همسایگی»، «فرورفتگی در زمین»، «مصالح به‌کارگرفته در بنا»، «گسترهٔ سطوح»، «جهت‌گیری نسبت به شمال» و «موقعیت قرارگیری گرم‌خانه» در پروتوتایپ‌های چهارگانه در نرم‌افزار دیزاین بیلدر[۸] مورد سنجش قرار گرفته‌اند. این نرم‌افزار از جمله برنامه‌های تحلیلی به‌شماررفته که با موتور داخلی

جدول ۱. نمونه‌های موردی مورد مطالعه در پژوهش. مأخذ: حاجی قاسمی، ۱۳۸۳.

شماره	نام حمام	دورهٔ ساخت	شمارهٔ ثبت	تاریخ ثبت	آدرس
۱	سلطان میراحمد	قاجاری	۱۳۵۱	۱۳۵۵	خیابان علوی، کوچهٔ سلطان میراحمد
۲	خان	زندیه	۳۶۲۷	۱۳۸۱	میدان فیض، بازار بزرگ
۳	محتشم	قاجاری	۳۳۱۹	۱۳۷۹	میدان کمال‌الملک، خیابان محتشم، کوچهٔ محتشم
۴	باغ فین کاشان	صفوی	۲۳۸	۱۳۱۴	خیابان امیرکبیر

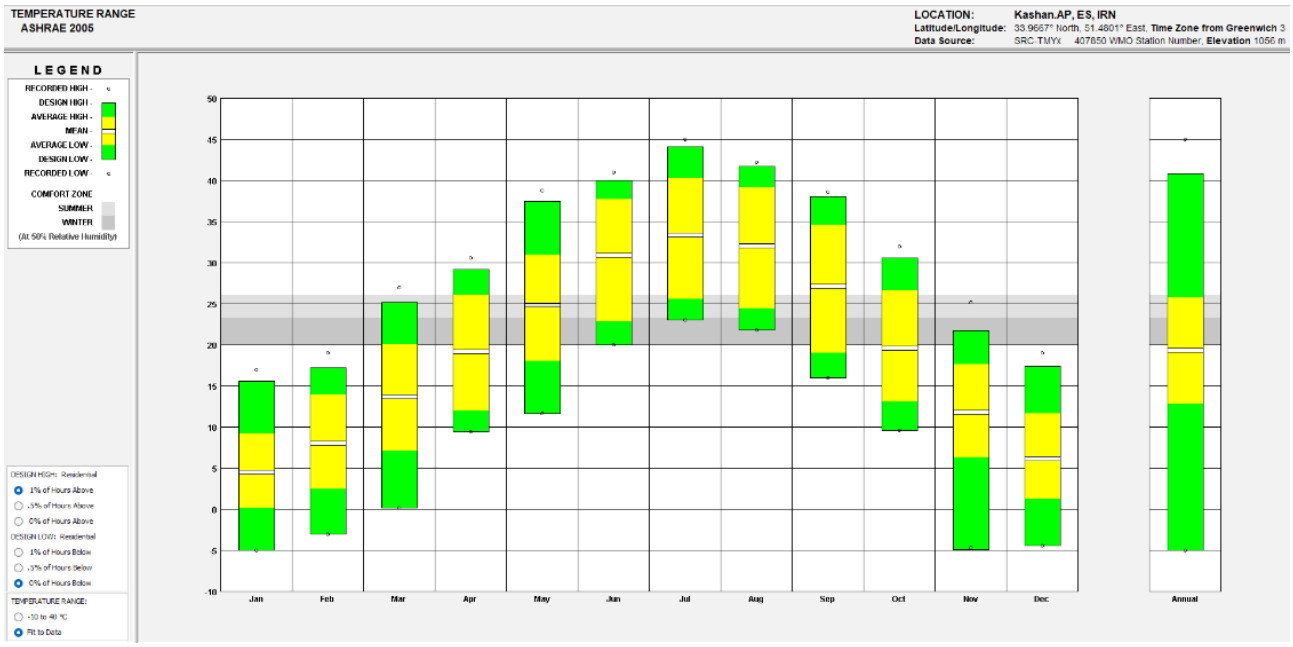
خود، اقدام به محاسبات تعریف‌شده، منطبق با قواعد انرژی و متغیرهای ورودی، خواهد داشت که بی‌شک دارای سرعت و دقت بالاتر از محاسبات معمولی است (Asgari & Fathi, 2022, 106). خاطرنشان می‌شود که جهت تطابق کارکرد حرارتی پوسته‌ها، در این پژوهش اطلاعات آب‌وهوایی شهر کاشان از پایگاه هواشناسی بین‌المللی لیدی باگ[۹] در قالب فایل مرتبط[۱۰] با نرم‌افزار شبیه‌سازی دیزان بیلدر مستخرج از بازهٔ زمانی سی‌ساله، اخذ شده است (تصاویر ۲، ۳ و ۴).

در این راستا در روند کار، ابتدا هریک از نمونه‌های موردی از حیث مساحت کلی، ابعاد و راستا به‌مانند آن‌چه در تصویر ۵ مشاهده می‌شود، خلاصه‌سازی شد. در این حالت، مساحت حمام با مقدار (S)، زاویهٔ راستای کلی نسبت به جهت جغرافیایی شمال با مقدار (a)، طول‌وعرض بنا به شکلی حدودی در حالتی که مساحت شکل تجریدی با پلان واقعی برابر باشد به ترتیب با مقادیر (l) و (d) شبیه‌سازی شد.

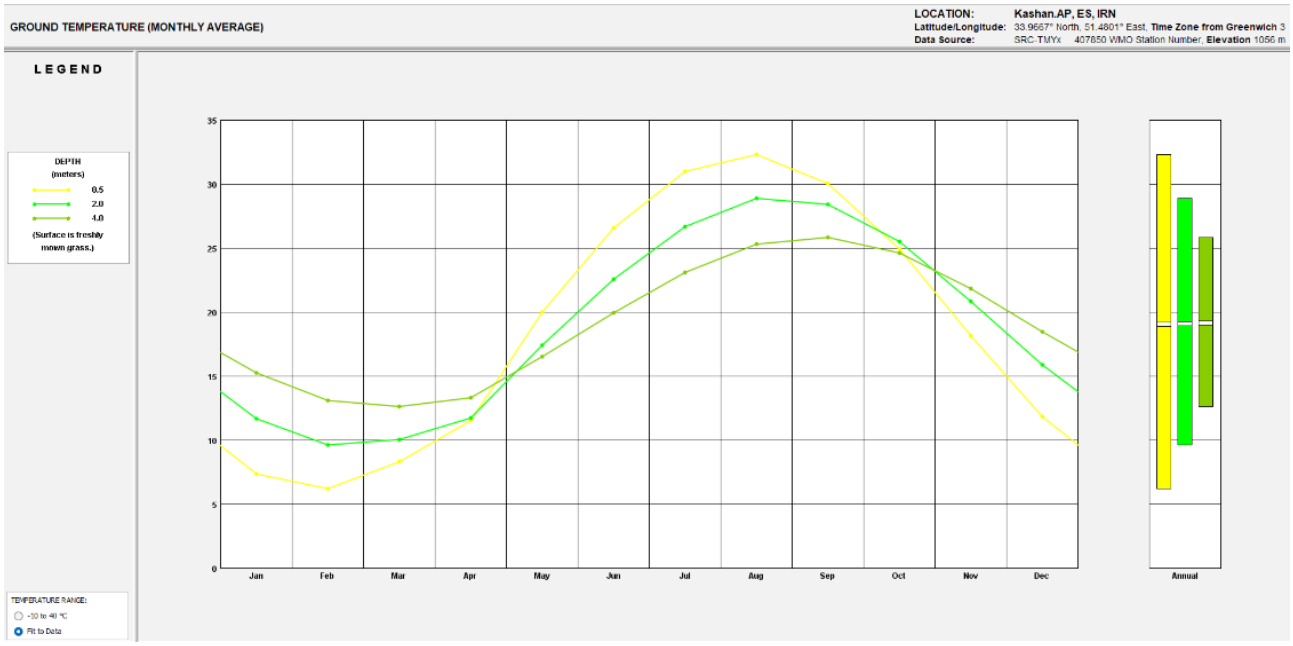
هم‌چنین در بخش‌های مربوط به شرایط گرمایشی[۱۳] نرم‌افزار، گرمایش کلی فضا طبق یافته‌های پژوهش‌های قبلی در خصوص منشأ گرمایش در حمام‌های سنتی و مستندات موجود، ناشی از عبور دود در مسیر دودکش پس از سوختن سوخت‌های فسیلی زغال یا سوخت‌های تجدیدپذیر فضولات حیوانی از زیر گربه‌روهای زیر کف حمام (فخاری تهرانی، ۱۳۷۹، ۱۰۲-۱۰۳) درنظر گرفته شد.

اطلاعات فعالیت[۱۴] در نرم‌افزار، طبق گفته‌های مستند به‌طور میانگین از ساعت ۶ صبح تا ۲۱ شب برای هفت روز هفته و بازهٔ دمایی مورد انتظار[۱۵]، ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد داده شد. لازم به ذکر است متوسط پوشش[۱۶] در این بخش نیم کلو[۱۷] محاسبه شده است.

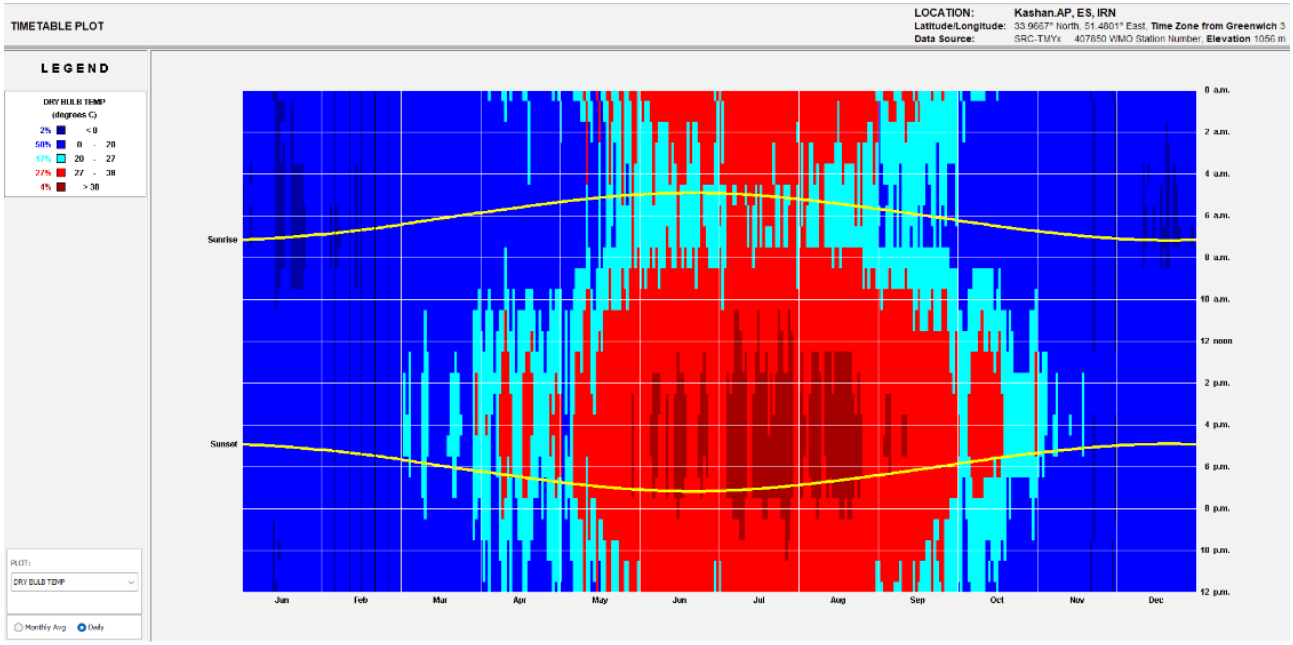
در مرحلهٔ شبیه‌سازی، مکعب‌مستطیل تعریف‌شده به نیابت حجم اصلی، از حیث محیط درگیرشده با فضاهای هم‌جوار (دیوارهای ساختمان‌های همسایه) و عمق میانگین داخل خاک، ترسیم شد. اطلاعات ناشی از ابعاد و مساحت طبق مستندات ارائه‌شده در یافته‌های پژوهش در مدل‌سازی دخالت داده شده است.



تصویر ۲. نمودار نوسان دما خشک در شهر کاشان در مقایسه با شرایط آسایش حرارتی در استاندارد اشری[۱۱]، استخراج‌شده از نرم‌افزار مشاور اقلیمی[۱۲]. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۳. نمودار نوسان دمای زمین در شهر کاشان در عمق‌های ۰/۵، ۲ و ۴ متری از سطح زمین، استخراج‌شده از نرم‌افزار مشاور اقلیمی. مأخذ: نگارندگان.

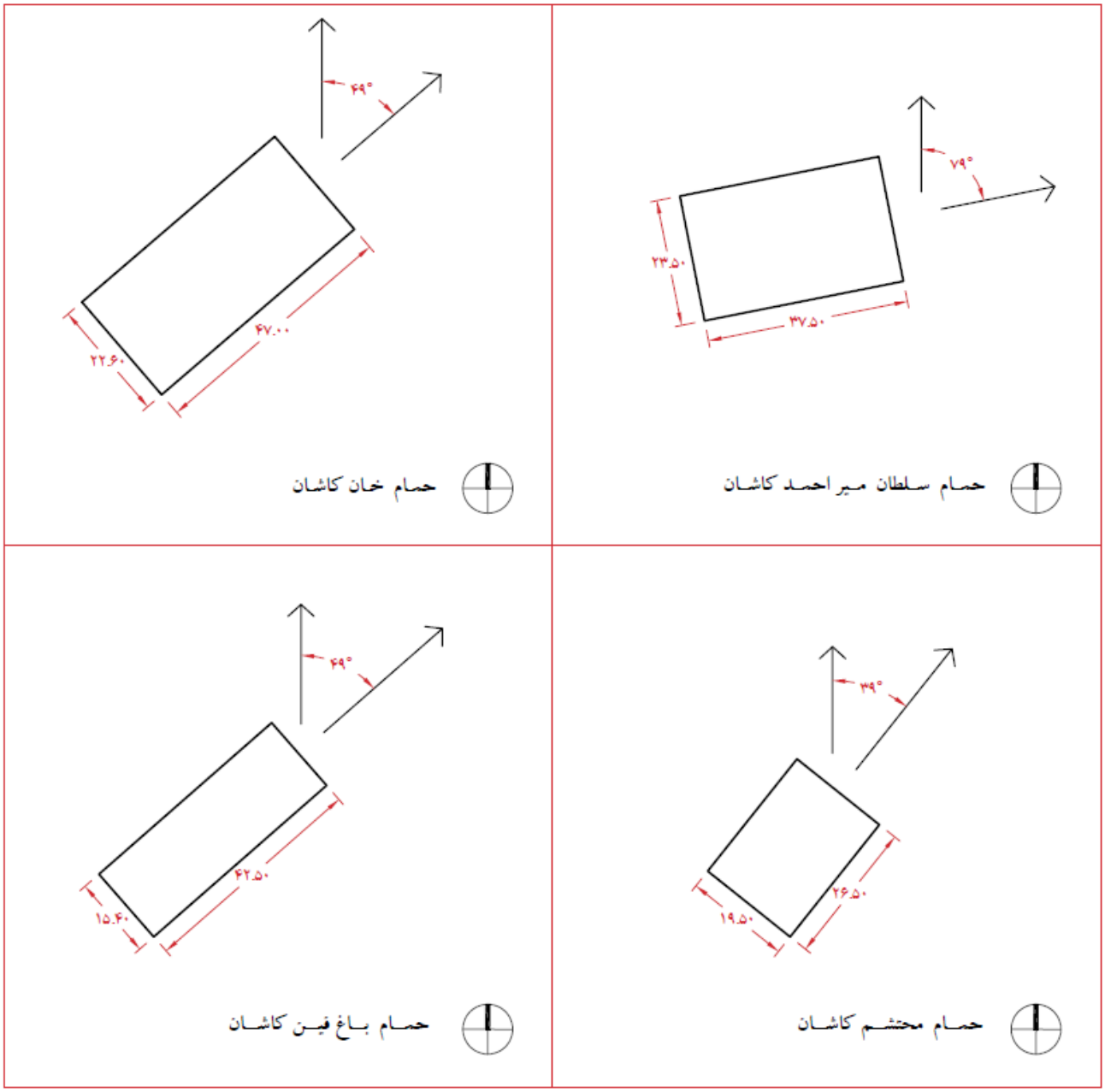


تصویر ۴. نمودار نوسان ساعتی دمای خشک در طی سال در شهر کاشان، استخراج‌شده از نرم‌افزار مشاور اقلیمی. مأخذ: نگارندگان.

ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که مدل‌سازی درنهایت در گام نخست در بازهٔ زمانی کل سال انجام پذیرفت. اما بر پایهٔ مقدار اتلاف صفر در بین ماه‌های آوریل تا سپتامبر و مقدار ناچیز ماه اکتبر، اتلاف حرارتی صرفاً برای ماه‌های نیازمند به گرمایش (پنج ماه سرد سال: نوامبر تا مارس[۱۸]) در جداول نشان داده شده است.

بحث

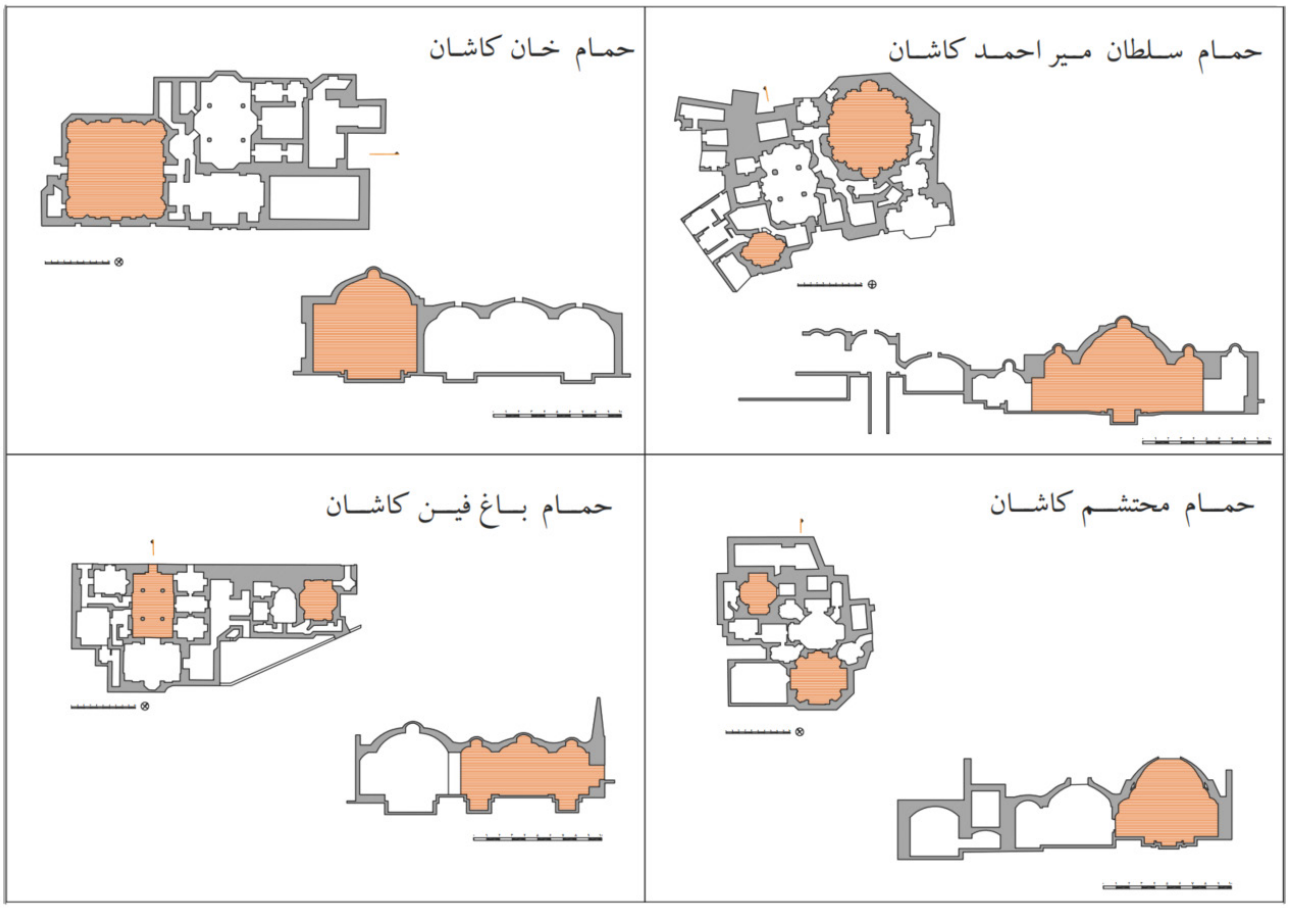
همان‌گونه که در بخش روش تحقیق اشاره شد، در مرحلهٔ آغازین برداشت‌های صورت‌گرفته از چهار حمام تاریخی کاشان به‌عنوان مستندات پایهٔ این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. گرم‌خانه‌های این حمام‌ها که رنگ‌های نارنجی تصویر ۶ مشخص‌شده، در حالت‌های مستطیل و هشت‌ضلعی قابل شناسایی است. راستاهای کلی پلان‌ها با درنظرگرفتن شمال جغرافیایی در بالای کاغذ در تصویر ۷ نمایش داده شده است. در کلیهٔ حمام‌ها، عموماً ساختار جداره‌های فضای گرم‌خانه در پوشش فضاهای کنترل‌نشدهٔ دیگری هم‌چون سربینه، خزینه، هشتی، خلوت، تون، میان در،



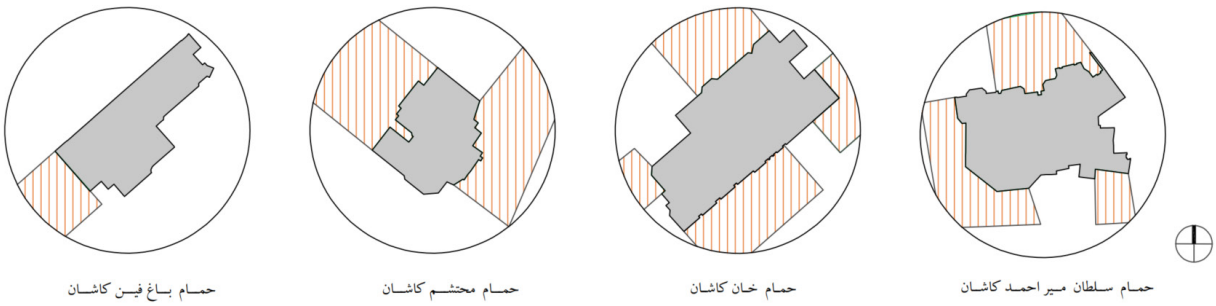
تصویر ۵. راستای کلی و انحراف از محور شمال در نمونه‌های انتخابی پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

چال‌حوض و غیره صورت می‌پذیرد. این موضوع در جدول ۲ برای تدقیق بهتر به‌صورت گراف‌های نحو فضا نمایش می‌شود. همان‌گونه که در تصویر ۸ نمایش داده شده است، نحو فضا در حمام‌های منتخب پژوهش، دارای الگوی مشابهی بوده است. حائز توجه است که فضای گرم‌خانه‌ها در شرایط معاصر به‌دلیل تخریب برخی همسایگی‌های حمام از پوشش فضای کنترل‌نشدهٔ مجاور بی‌بهره شده است. لیکن این مسئله، متناسب با سهم کلی فضاهای موجود در محاسبات تحقیق مورد استناد قرارگرفته و امتیاز همسایگی‌های قدیمی غیر قابل اندازه‌گیری در نتایج بحث لحاظ نشده است.

برداشت ثانویه و بهره‌گیری از بازدید میدانی از حمام‌های مرحلهٔ آغازین کمک کرده تا ابعاد فضاها در کلیهٔ حمام‌ها به شکل قاعده‌مندی صورت پذیرد. مدل‌سازی آغازین نقشه‌ها این امکان را فراهم کرده که مساحت کل و فضاهای تهی حمام جهت مقایسه اندازه‌گیری شود. در این راستا جهت شبیه‌سازی مدل تلخیص‌شدهٔ هریک از حمام‌ها در نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر، نیاز به برآورد محیط درگیر با همسایگی، عمق میانگین مدفون در خاک و مساحت پیرامونی و راستای کلی از بابت میزان دریافت تابش آفتاب از طریق بام و متوسط ابعاد گرم‌خانه بوده که این موضوع در جداول ۲ و ۳ نمایش داده شده است. لازم به



تصویر ۶. نمایش گرم‌خانه در پلان و مقطع حمام‌های کاشان. مأخذ: سهرابی و همکاران، ۱۴۰۲، ۲۸.



تصویر ۷. هم‌جواری‌ها با تأکید بر همسایگی و فضاهای تهی در بافت پیرامونی نمونه‌های انتخابی پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

ذکر است جهت کاهش مدل‌سازی، میانگین ابعاد گرم‌خانه‌ها در حمام‌هایی که دارای دو بخش مجزای گرم‌خانه بوده‌اند، درنظر گرفته شده است.

تحلیل یافته‌ها

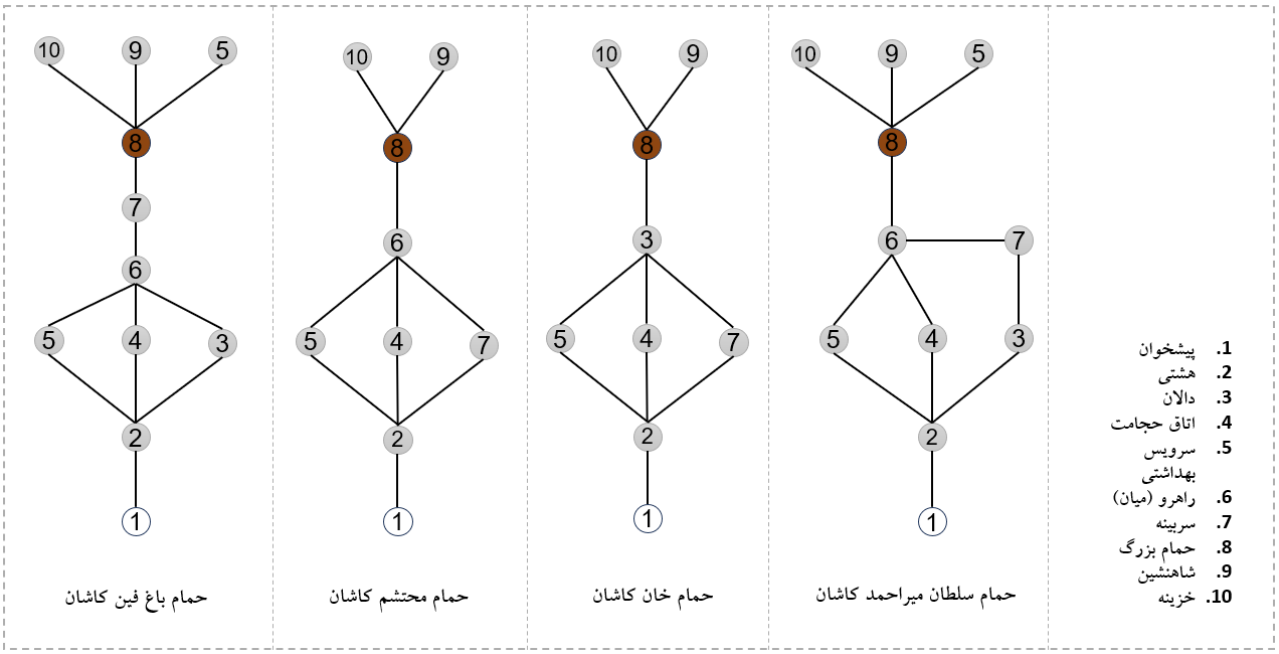
در شبیه‌سازی اولیه بر روی حمام‌ها با درنظرگرفتن هر سه راهکار، یعنی «برخورداری از همسایگی و بافت فشرده»، «واردکردن ساختن در زمین جهت بهره‌گیری از خازن حرارتی زمین» و «قراردادن فضای گرم‌خانه در لایه‌ای از فضاهای کنترل‌شده»، نتایج استخراج‌شده در نرم‌افزار نشان داد (تصاویر ۹ تا ۱۲) که در هر چهار حمام، اتلاف حرارت از جداره‌های حمام‌ها در کم‌ترین حالت و از سمت بام در بیش‌ترین حالت قرار دارد.

در ادامه جهت یافتن سهم هریک از راهکارها در جلوگیری از اتلاف حرارتی، شرایط سه راهکار، به‌صورت مرحله‌به‌مرحله حذف شد و اتلاف حرارتی در پنج ماه سرد ساختمان (ماه‌های میلادی نوامبر تا مارس) چنان‌چه در جداول ۴ تا ۷ نمایش داده شده، شبیه‌سازی و محاسبه شد.

در جمع‌بندی کلام فوق می‌توان چنین مطرح کرد که با توجه به

جدول ۲. ارتفاع و عمق مدفون در زمین حمام‌ها. مأخذ: نگارندگان.

شماره	نام حمام	ارتفاع حمام (سانتی‌متر)	عمق میانگین مدفون در زمین حمام (سانتی‌متر)	طول سطح مجاور همسایگی‌ها (متر)	نسبت سطوح مجاور فضای همسایه بر طول کل پیرامون بنا برحسب درصد	طول متوسط بنا معادل‌سازی‌شده	عرض متوسط بنا معادل‌سازی‌شده	طول و عرض متوسط گرم‌خانه معادل‌سازی‌شده
۱	سلطان میراحمد	۴۷۰	۱۴۰	۱۰۵	۶۰	۳۷/۵	۲۳/۵	۹
۲	خان	۵۲۰	۴۱۰	۳۵	۲۱	۴۸/۵	۲۱/۵	۱۰/۵
۳	محتشم	۴۸۰	۱۲۰	۷۰	۶۳	۲۰/۵	۲۵	۶
۴	فین	۴۱۰	۱۳۰	۱۳	۱۰	۴۳	۱۵	۹
میانگین		۴۷۰	۲۰۰	۵۶	۳۹	۳۷	۲۱	۸/۵



تصویر ۸. بررسی نحو فضا در حمام‌های منتخب پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

میزان کاهش‌یافته از اتلاف حرارت در هر ردیف و مقایسهٔ مقادیر جداول ۴ تا ۷ می‌توان سهم هریک از راهکارها را برحسب درصد در کاهش اتلاف حرارت از پوسته در هریک از حمام‌ها و به‌طور میانگین در جدول ۸ مشاهده کرد.

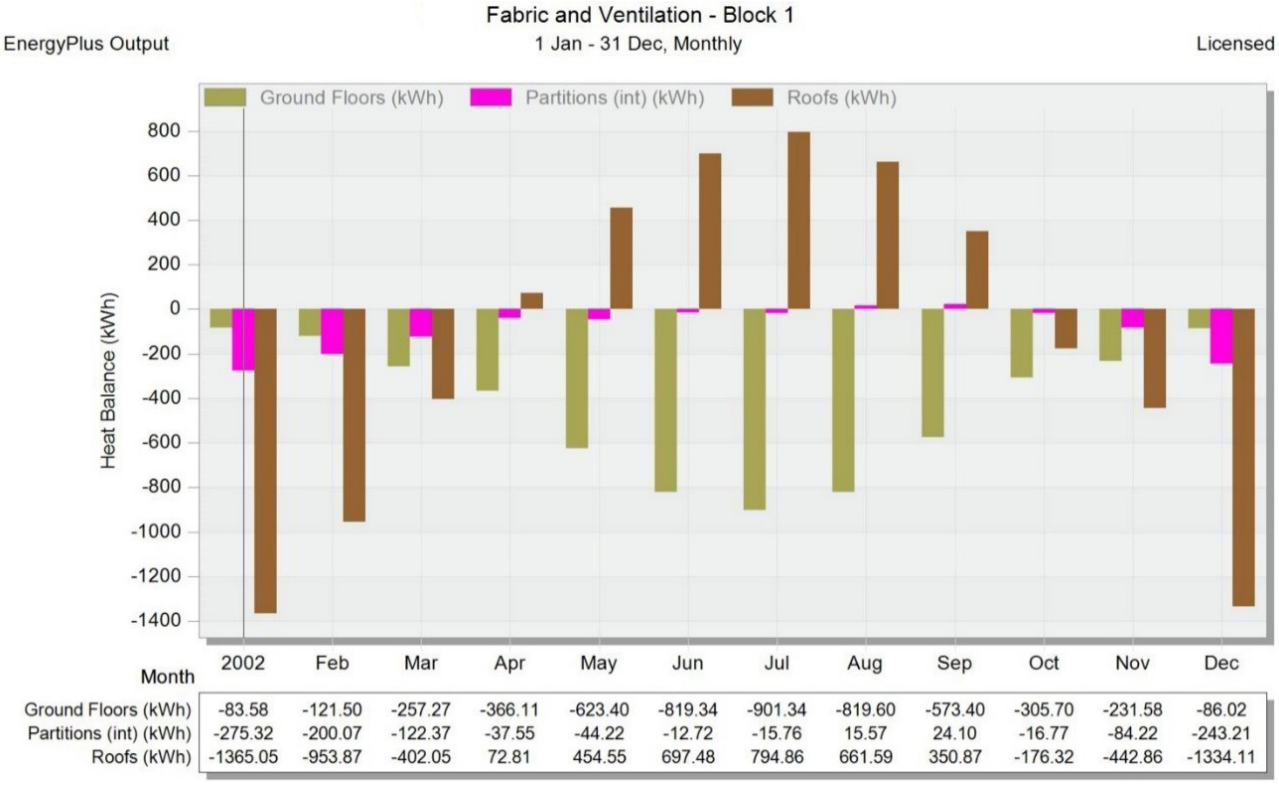
نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در پیشینهٔ پژوهش اشاره شد، عدم شبیه‌سازی انرژی در محیط حمام‌های سنتی که به دلایل مختلفی میسر نشده بود، راهکارهای متنوعی را درخصوص جلوگیری از اتلاف حرارت حمام‌های منطقهٔ گرم‌وخشک در ادبیات معاصر مطرح می‌ساخت. اما با وجود این‌که هریک از راهکارهای «پایین‌رفتن در داخل زمین»، «قرارگیری در بافت فشردهٔ شهری» و «استفاده از فضاهای کنترل‌نشده» در طرح کالبدی در حمام‌های کاشان، در اتلاف حرارت از طریق پوسته مؤثر بوده است. لیکن برخلاف سوابق پژوهش در این خصوص مشاهده شد که «استفاده از فضاهای کنترل‌نشده» بیش از دو راهکار کلی دیگر تأثیرگذار است.

نتایج پژوهش در راستای پرسش اصلی پژوهش نشان می‌دهد،

جدول ۳. توزیع جدارهای پیرامونی برحسب تناسب مساحت گرم‌خانه بر مساحت فضاهای کنترل‌نشدهٔ جانبی حمام‌های کاشان. مأخذ: نگارندگان.

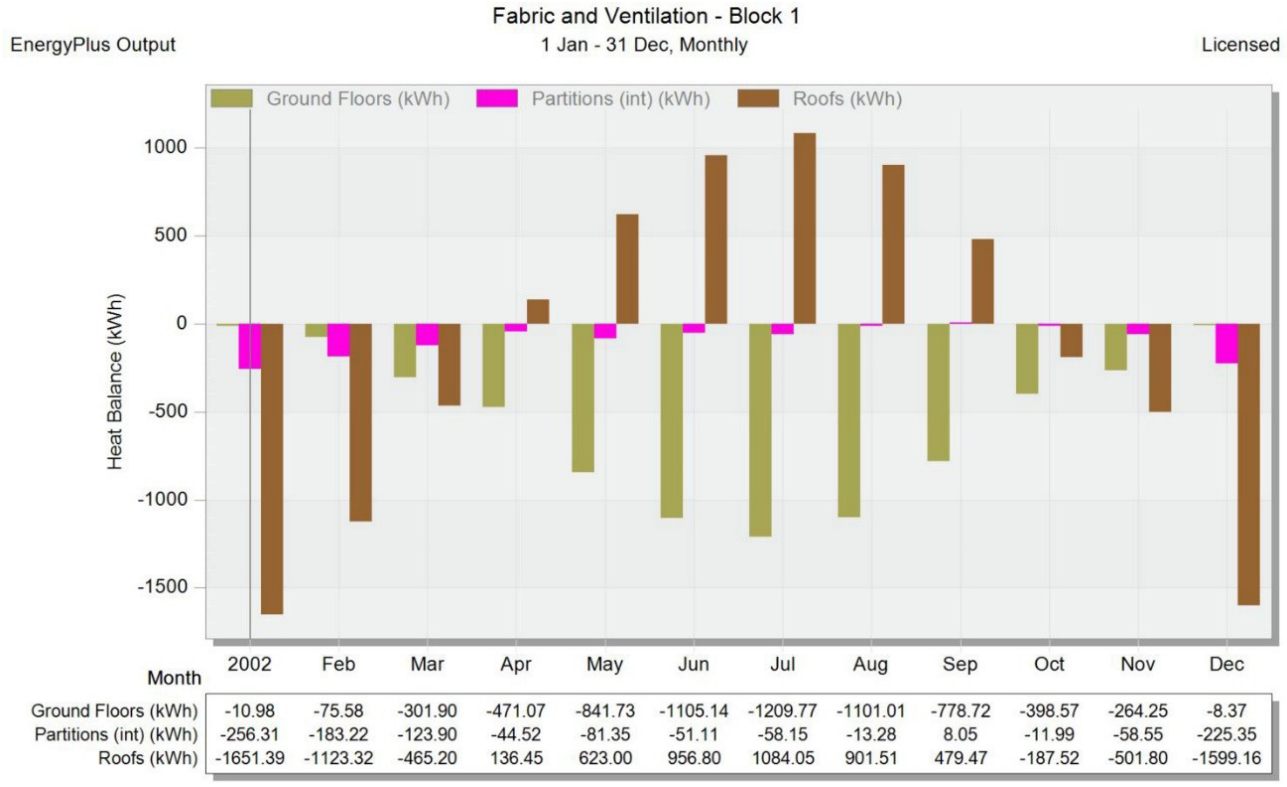
شماره	نام حمام	مساحت کل بنا (مترمربع)	مساحت کل جدارها (مترمربع)	مساحت گرم‌خانه (مترمربع)	مساحت فضاهای کنترل‌نشده(تهی) (مترمربع)	مساحت جدارهای محیط بر گرم‌خانه (مترمربع)	مساحت جدارهای بیرونی (مترمربع)	طول محیط پیرامون بنا
۱	سلطان میراحمد	۸۸۱	۳۴۱	۸۴	۵۴۰	۳۳	۳۰۸	۱۷۵
۲	خان	۱۰۶۴	۲۹۹	۱۰۹	۷۶۵	۳۱	۲۶۸	۱۶۸
۳	محتشم	۵۱۸	۱۸۴	۳۷	۳۳۴	۱۳	۱۷۱	۱۱۱
۴	فین	۶۵۵	۲۳۱	۸۷	۴۲۴	۳۱	۲۰۰	۱۳۱
میانگین		۷۸۰	۲۶۴	۷۹	۵۱۶	۲۷	۲۳۷	۱۴۶



تصویر ۹. مقایسهٔ اتلاف حرارت از طریق زمین، بام و جداره‌ها در حمام سلطان میر احمد- خروجی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر. مأخذ: نگارندگان.

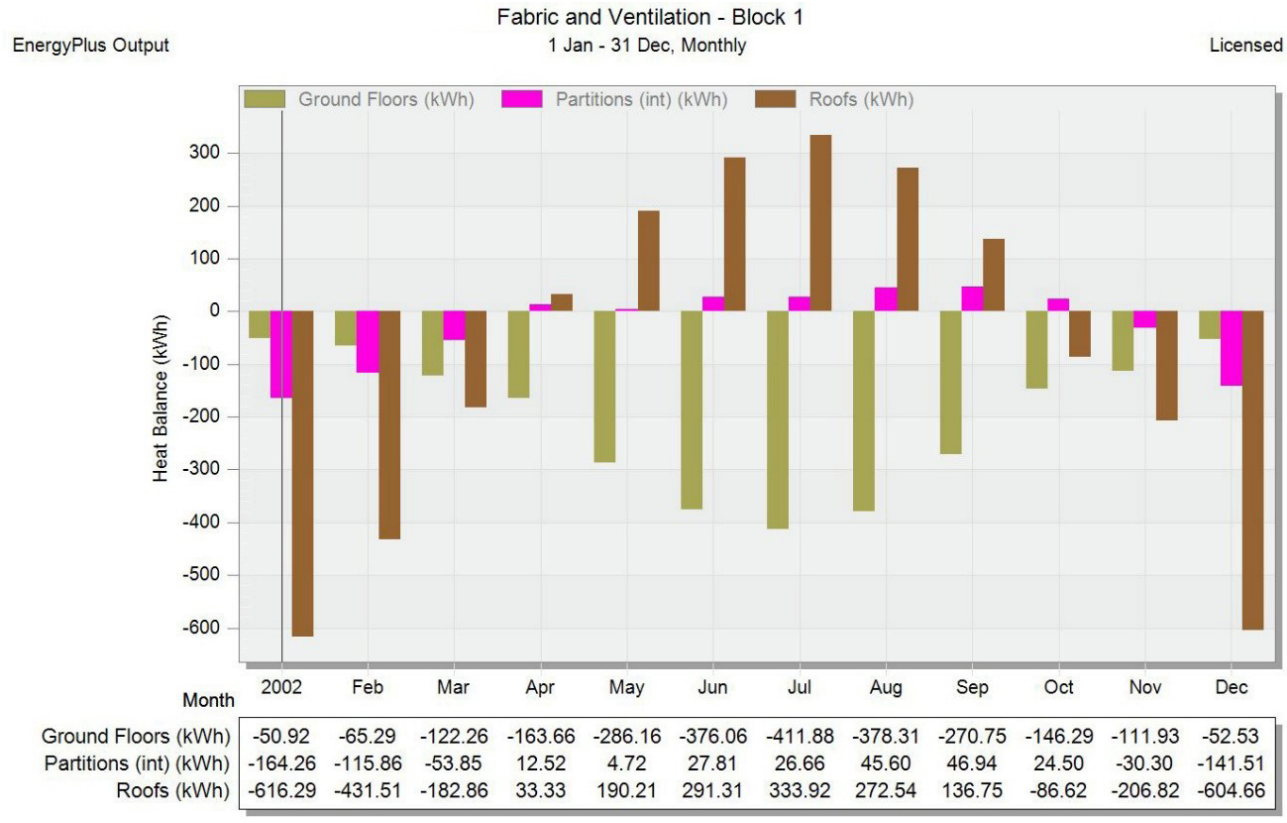
به‌طور میانگین در حمام‌های انتخاب‌شده در شهر کاشان، فضای کنترل‌نشده در ماه‌های سرد سال در این منطقه، به میزان ۳۳/۱۸ درصد در کاهش اتلاف حرارت از پوستهٔ گرم‌خانه‌ها مؤثر بوده است. این رقم در مقایسه با راهکار «پایین‌رفتن در داخل زمین» و «قرارگیری در بافت فشردهٔ شهری»، که به ترتیب ۵/۴۴ و ۰/۶ درصد بوده، نمایانگر اهمیت بالای این راهکار در کنترل اتلاف حرارت است.

همان‌گونه که در جدول ۸ نمایش داده شد، حداقل کارایی فضای کنترل‌نشده، در ماه فوریه در حمام سلطان احمد، به‌واسطهٔ نزدیکی گرم‌خانه با جدارهٔ نهایی حمام، بیش از پنج برابر دو راهکار دیگری بازدهی داشته است. حداکثر کارایی این فضا در چیدمان فضایی حمام خان و حمام محتشم به‌واسطهٔ قرارگیری گرم‌خانه در میان فضاهای حمام به حدود پنجاه درصد نیز رسیده که قابل چشم‌پوشی نیست.



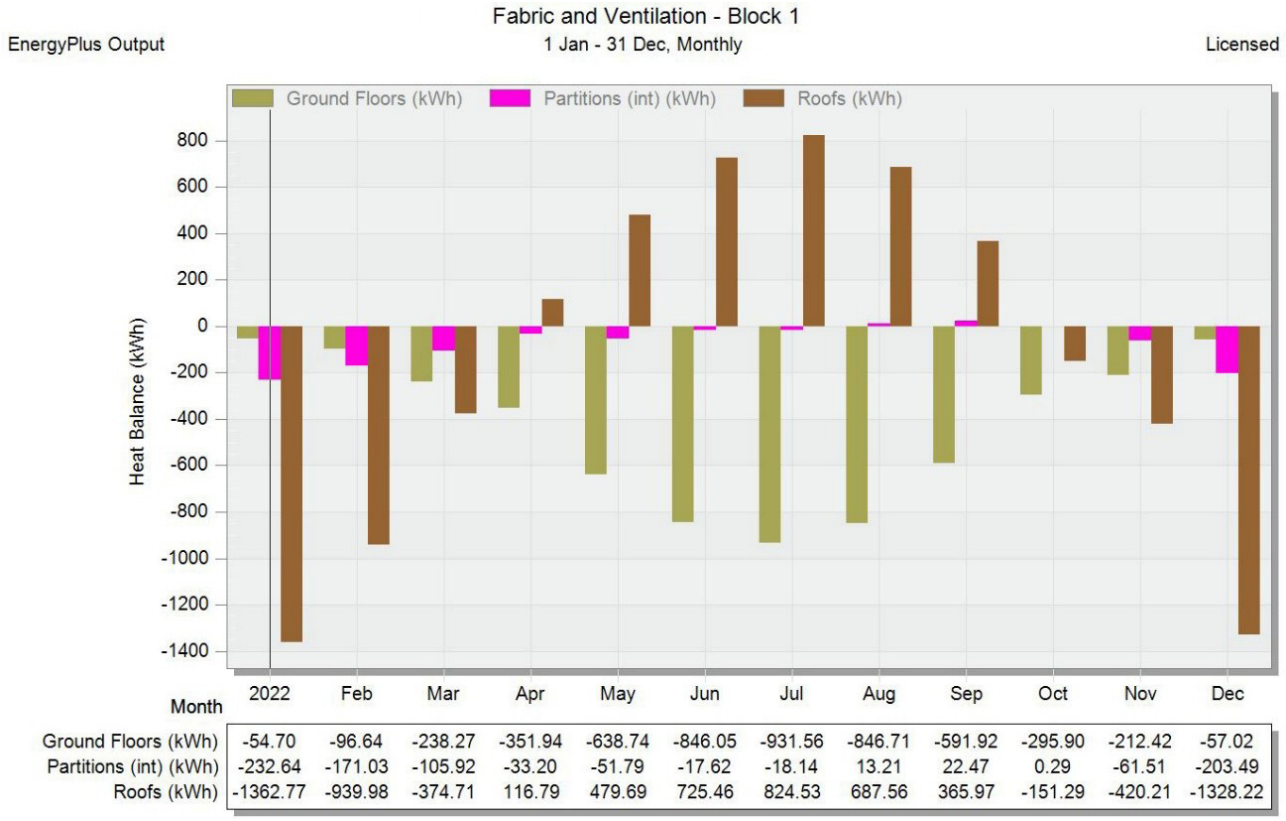
Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Ground Floors (kWh)	-10.98	-75.58	-301.90	-471.07	-841.73	-1105.14	-1209.77	-1101.01	-778.72	-398.57	-264.25	-8.37
Partitions (int) (kWh)	-256.31	-183.22	-123.90	-44.52	-81.35	-51.11	-58.15	-13.28	8.05	-11.99	-58.55	-225.35
Roofs (kWh)	-1651.39	-1123.32	-465.20	136.45	623.00	956.80	1084.05	901.51	479.47	-187.52	-501.80	-1599.16

تصویر ۱۰. مقایسهٔ اتلاف حرارت از طریق زمین، بام و جداره‌ها در حمام خان- خروجی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر. مأخذ: نگارندگان.



Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Ground Floors (kWh)	-50.92	-65.29	-122.26	-163.66	-286.16	-376.06	-411.88	-378.31	-270.75	-146.29	-111.93	-52.53
Partitions (int) (kWh)	-164.26	-115.86	-53.85	12.52	4.72	27.81	26.66	45.60	46.94	24.50	-30.30	-141.51
Roofs (kWh)	-616.29	-431.51	-182.86	33.33	190.21	291.31	333.92	272.54	136.75	-86.62	-206.82	-604.66

تصویر ۱۱. مقایسهٔ اتلاف حرارت از طریق زمین، بام و جداره‌ها در حمام محتشم- خروجی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۲. مقایسهٔ اتلاف حرارت از طریق زمین، بام و جداره‌ها در حمام فین- خروجی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۴. محاسبهٔ میزان اتلاف حرارت برحسب وات از پوسته در گرم‌خانهٔ حمام سلطان احمد کاشان. مأخذ: نگارندگان.

اتلاف حرارت / ماه سال	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس
بدون راهکار	۵۲۵/۹	۵۸/۱۷۴۹	۴۶/۱۸۶۱	۷۱/۱۲۹۸	۹۱/۶۱۸
برخورداری از فضای کنترل‌نشده	۴۹۸/۷۱	۱۴۸۵/۵۵	۱۵۴۹/۹۹	۱۰۸۴/۸۵	۵۱۸/۴۶
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین	۴۹۳/۰۶	۱۳۸۹/۸۱	۱۴۵۱/۳۸	۱۰۳۵/۸۵	۵۱۳/۸۲
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین + همسایگی	۴۹۵/۵۵	۱۳۸۶/۹۲	۱۴۴۷/۵۷	۱۰۳۲/۲۶	۵۱۱

جدول ۵. محاسبهٔ میزان اتلاف حرارت برحسب وات از پوسته در گرم‌خانهٔ حمام خان کاشان. مأخذ: نگارندگان.

اتلاف حرارت / ماه سال	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس
بدون راهکار	۸۷۲/۱۹	۲۵۰۶/۵۲	۲۶۴۷/۲۵	۱۹۲۱/۵۷	۹۸۵/۸۲
برخورداری از فضای کنترل‌نشده	۴۲۳/۹۷	۱۴۳۱/۰۹	۱۵۳۵/۰۶	۱۰۲۳/۳۶	۴۸۵/۷۲
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین	۴۲۶/۴۸	۱۴۰۱/۰۸	۱۴۹۵/۵۹	۹۹۹/۵۷	۴۸۳/۳۵
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین + همسایگی	۴۱۴/۵۳	۱۳۸۰/۲۲	۱۴۶۷/۹۹	۹۸۱/۲۴	۴۷۳/۲۴

جدول ۶. محاسبهٔ میزان اتلاف حرارت برحسب وات از پوسته در گرم‌خانهٔ حمام محتشم کاشان. مأخذ: نگارندگان.

اتلاف حرارت / ماه سال	نوامبر	دسامبر	مارس	فوریه	ژانویه
بدون راهکار	۴۲۵/۹۲	۱۱۹۸/۹۸	۱۲۶۴/۷۲	۹۲۷/۰۲	۴۸۲/۲۹
برخورداری از فضای کنترل‌نشده	۱۴۵/۸۵	۷۱۷/۱۸	۷۵۲/۷۷	۵۴۰/۶۲	۲۶۲/۲۳
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین	۲۲۸/۱	۶۷۷/۳۲	۷۱۰/۸	۵۰۸/۴۳	۲۴۳/۲۲
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین + همسایگی	۲۳۰/۲۷	۶۷۲/۱۹	۷۰۴/۷۸	۵۰۰/۵۷	۲۳۷/۵۷

جدول ۷. محاسبهٔ میزان اتلاف حرارت برحسب وات از پوسته در گرم‌خانهٔ حمام فین کاشان. مأخذ: نگارندگان.

اتلاف حرارت / ماه سال	نوامبر	دسامبر	مارس	فوریه	ژانویه
بدون راهکار	۸۰۷/۳۳	۲۲۳۵/۸۵	۲۳۱۵/۸۶	۱۶۴۴/۱۱	۸۹۳/۲۱
برخورداری از فضای کنترل‌نشده	۵۹۸/۸۹	۱۵۲۷/۵	۱۵۸۸/۰۷	۱۱۵۳/۸۹	۶۲۱/۳۷
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین	۴۳۱/۶	۱۳۱۱/۷۱	۱۳۷۱/۱۳	۹۶۳/۶۶	۴۴۹/۴۴
برخورداری از فضای کنترل‌نشده + ورود به زمین + همسایگی	۴۲۱/۱۷	۱۳۰۱/۴۸	۱۳۶۱/۵۲	۹۵۰/۲۷	۴۳۹/۵۲

جدول ۸. سهم هریک از راهکارهای مورد مقایسه در حمام‌های کاشان در کاهش اتلاف حرارت از پوسته. مأخذ: نگارندگان.

نام حمام	راهکار	سهم راهکار در ماه‌های میلادی					میانگین
		نوامبر	دسامبر	مارس	فوریه	ژانویه	
سلطان احمد	فضای کنترل‌نشده	۵/۲	۱۵/۱	۱۶/۲	۱۶/۵	۱۶/۷	۱۳/۹۴
	ورود به زمین	۱/۱	۵/۵	۰/۷	۳/۸	۵/۳	۳/۲۸
	همسایگی	۰/-۵	۰/۲	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۱۴
خان	فضای کنترل‌نشده	۵۱/۴	۴۲/۹	۵۰/۷	۴۶/۷	۴۲/۰	۴۶/۷۴
	ورود به زمین	۰/-۳	۱/۲	۰/۲	۱/۲	۱/۵	۰/۷۶
	همسایگی	۱/۴	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰۴
محتشم	فضای کنترل‌نشده	۴۲/۳	۴۰/۲	۴۵/۶	۴۱/۷	۴۰/۵	۴۲/۰۶
	ورود به زمین	۴/۲	۳/۳	۳/۹	۳/۵	۳/۳	۳/۶۴
	همسایگی	۰/-۵	۰/۴	۱/۲	۰/۸	۰/۵	۰/۴۸
فین	فضای کنترل‌نشده	۲۵/۸	۳۱/۷	۳۰/۴	۲۹/۸	۳۱/۴	۲۹/۸۲
	ورود به زمین	۲۰/۷	۹/۷	۱۹/۲	۱۱/۶	۹/۴	۱۴/۱۲
	همسایگی	۱/۳	۰/۵	۱/۱	۰/۸	۰/۴	۰/۸۲
میانگین	فضای کنترل‌نشده	۳۱/۲	۳۲/۵	۳۵/۸	۳۳/۷	۳۲/۷	۳۳/۱۸
	ورود به زمین	۶/۴	۴/۹	۶/۰	۵/۰	۴/۹	۵/۴۴
	همسایگی	۰/۴	۰/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۵	۰/۶

پی‌نوشت‌ها

۱. tepidarium/۲. middle space/۳. Indirizzo" Baths of Catania – Sicily"
۴. CFD: Computational fluid dynamics/۵. Borgo Maricchia/۶.
۷. Unconditioned Space/۸. Unheated Space/۹. DesignBuilder v۷.۰۱.۰۰۴ – ۲۰۲۲
۱۰. EPW: EnergyPlus Weather https://www.ladybug.tools/epwmap/
۱۱. File Handbook of Fundamentals Comfort Model ۵۵ ASHRAE Standard
۱۲. Climate Consultant ۶.۰ Beta – ۲۰۱۵/۲۰۰۵ up through
۱۳. HVAC/۱۴.
۱۵. Activity/۱۶. Environmental Control Heating Set Point Temperature/۱۷. Clothing
۱۸. Clo – Clothing and Thermal Insulation/۱۹. خوانش ماه‌های میلادی: نوامبر (۱۰آبان تا ۹ آذر)، دسامبر (۱۰آذر تا ۱۰ دی)، ژانویه (۱۱دی تا ۱۱

بهمن)، فوریه (۱۲بهمن تا ۹ اسفند) و مارس (۱۰اسفند تا ۹ فروردین).

فهرست منابع

• پیرنیا، محمدکریم. (۱۳۷۱). *معماری اسلامی ایران*. تهران: انتشارات علم و صنعت.

• حاجی قاسمی، کامبیز. (۱۳۷۳). کسی نداده نشان در جهان چنین حمام (حمام گنجعلی‌خان). *صفه*، ۵ (۱۴)، ۹۷-۱۰۵.

• حاجی قاسمی، کامبیز. (۱۳۸۳). *گنج‌نامه: فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران* (ترجمهٔ کلود کرباسی). تهران: دانشگاه شهید بهشتی.

• زارعی، محمدابراهیم. (۱۳۹۱). نگاهی به معماری و تأکید بر نقش‌پردازی در آرایه‌های حمام خان سنندج. *هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی*، ۱۷ (۱)، ۷۳-۸۵.

• زارعی، هانی؛ وحیدی، فاطمه و رازانی، مهدی. (۱۳۹۶). تحلیل ویژگی‌های معماری و فضایی حمام‌های قاجاری در اقلیم فارس. *معماری اقلیم گرم و خشک*، ۵ (۵)، ۱-۱۹.

• سهرابی، سپیده؛ عسگری، علی و غفاری، ثمین. (۱۴۰۲). عملکرد حرارتی هندسهٔ داخلی گرمخانه و سربینهٔ حمام‌ها در اقلیم گرم و خشک ایران. *مطالعات میان‌رشته‌ای معماری ایران*، ۲ (۳)، ۲۱-۳۷.

• صادقی، سارا؛ شهبازی شیران، حبیب و فیضی، فرزاد. (۱۳۹۸). تحلیل ارائه و کاربرد حمام‌های دورهٔ قاجار (مطالعهٔ موردی سنندج: حمام خان و حمام عمارت ملالطف‌الله شیخ‌الاسلام). *اثر*، ۴۰ (۳)، ۱۶۴-۱۹۴.

• طبسی، محسن؛ انصاری، مجتبی؛ طاووسی، محمود و فخاری تهرانی، فرهاد. (۱۳۸۵). مطالعهٔ تأثیر اقلیم در طراحی و ساخت گرمابه‌های ایران. *صفه*، ۱۵ (۴۴)، ۱۵۲- ۱۶۶.

• طبسی، محسن؛ انصاری، مجتبی؛ طاووسی، محمود و فخار تهرانی، فرهاد. (۱۳۸۶). بازشناسی ویژگی‌های کالبدی گرمابه‌های ایران در دورهٔ صفوی. *هنرهای زیبا*، ۹ (۲۹)، ۴۹-۵۸.

• فخاری تهرانی، فرهاد. (۱۳۷۹). حمام‌ها در نظرگاه زمان. *صفه*، ۱۰ (۳۰)، ۹۴-۱۰۵.

• مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. (۱۳۸۸). *فصل نوزدهم مقررات ملی ساختمان*. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

• Asgari, A. & Fathi, R. (2022). Examining the Role of Design Tools in Quality of Ideation and Presenting Architectural Designs. *Bagh-e Nazar*, 19 (113), 87-104.

• Bergero, S. & Chiari, A. (2019). Heat Transfer via Unconditioned Spaces: The Influence of the Adjustment Factor Evaluation Method. *TECNICA ITALIANA-Italian Journal of Engineering Science,* 63(2-4), 386-392.

• Fabbri, K. & Brunetti, B. (2015). The attic and its effect on the energy performance of historic buildings. *Energy Procedia*, 7 (78), 1281-1286.

• Gagliano, A., Liuzzo, M., Margani, G. & Pettinato, W. (2017). Thermo-hygrometric behaviour of roman thermal buildings: the "Indirizzo" baths of Catania (Sicily). *Energy and Buildings*, 14 (138), 704-715.

• Ghobadian, V. (2009). *Sustainable Traditional Buildings of Iran: A Climatic Analysis*. Dubai: Islamic Azad University.

• Hoffmann, C. & Geissler, A. (2017). The prebound-effect in detail: real indoor temperatures in basements and measured versus calculated U-values. *Energy Procedia*, 9 (122), 32-37.

• Nepomuceno, M. C., Martins, A. M. & Pinto, H. A. (2022). A Comparison between On-Site Measured and Estimated Based Adjustment Factor Values Used to Calculate Heat Losses to Unconditioned Spaces in Dwellings. *Buildings*, 12 (2), 146.

• Senave, M., Roels, S., Verbeke, S. & Saelens, D. (2020). Analysis of the influence of the definition of the interior dwelling temperature on the characterization of the heat loss coefficient via on-board monitoring. *Energy and Buildings*, 16 (215), 1-20.

COPYRIGHTS
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوهٔ ارجاع به این مقاله:
هاشمی، علی و عسگری، علی. (۱۴۰۲). واکاوی علل بهره‌گیری از فضای کنترل‌نشده در پوستهٔ حرارتی گرمخانهٔ حمام‌های کاشان. *باغ نظر*، ۲۰(۱۲۵)، ۶۵-۷۸.

DOI:10.22034/BAGH.2023.368417.5285
URL:https://www.bagh-sj.com/article_178206.html