نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۱۰۸ – ۸۹

سنجش عملکرد آسایش حرارتی در تلفیق بادگیر و دودکش خورشیدی (نمونه موردی: خانه رسولیان یزد)

[۱] علیرضا افشون، [۲] زهرا برزگر *

تاریخ دریافت:
۱۳۹۷/۷/۲۵

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۸/۹/۹

کلمات کلیدی:
آسایش حرارتی،
شبیه‌سازی رایانه‌ای،
دودکش خورشیدی،
بادگیر، خانه رسولیان یزد.

چکیده

سرمایش یکی از تأثیرگذارترین فاکتورهادر تأمین آسایش حرارتی است. سیستم‌های خنک کننده منفعل برای فضاهای مسکونی می‌توانند به مصرف منابع طبیعی غیر قابل تجدید کمک کند. هدف این پژوهش بررسی عملکرد تلفیق بادگیر و دودکش خورشیدی، صرفه جویی در میزان مصرف انرژی و کاهش مشکلات زیست محیطی می‌باشد. این مطالعه با بررسی انجام گرفته روی خانه رسولیان در شهر یزد به عنوان نمونه موردی و شبیه سازی، شیوه عملکرد بادگیر و تأثیر الحاق دودکش خورشیدی در بهبود عملکرد تهویه طبیعی، و تأثیر آن بر میزان آسایش حرارتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که الحاق دودکش خورشیدی و ایجاد مکش هوابه صورت طبیعی و بهره‌گیری از آب در مسیر حرکت هوا، تأثیر به سزایی بر روی دما و رطوبت نسبی، به‌صورت طبیعی و بدون استفاده از هر گونه انرژی غیر طبیعی، به ایجاد آسایش حرارتی در آن مکان داشته است.

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه ازاد اسلامی، واحدشیراز ali.rezaafshon89 @gmil.com
۲. استادیاردانشکده هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، واحد تهران (نویسنده مسئول) zahrabarzegar86@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

۱. مقدمه

در ابتدای قرن جدید، مصرف انرژی به موازات توسعه اقتصادی و تکنولوژیک افزایش یافته و انتظار می‌رود در چند دهه دیگر این نیاز همچنان بیشتر گردد (مهدی نژاد، جوانرودی، ۱۳۹۰، صفحه ۷۰-۴۸). انرژی در دستیابی به توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیطی در راستای توسعه انسانی محوریت دارد. در این میان ایران با جمعیت یک درصدی از جمعیت جهان، حدود ۹ درصد از نفت و فرآورده‌های آن را مصرف می‌کند. بنابراین امروزه بعلت رشد روز افزون مصرف انرژی در جهان و با توجه به کمبود منابع سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از احتراق آنها، ضرورت به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیرجهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، افزایش یافته است. یکی از راه‌های کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، ساخت واحدهای مسکونی به گونه‌ای است که دارای کمترین نیاز به مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش آنها باشد. این مهم با بهره گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل داشتن ظرفیت بی پایان و قابلیت ارائه انرژی با کمترین آلودگی محیطی قابلیت تحقق خواهد داشت. استفاده از روش‌های غیر فعال و پاک در معماری سنتی در غیاب وسایل مکانیکی تأمین کننده آسایش حرارتی، در طول هزاران سال تجربه بومی به‌دست آمده است. بهره‌گیری از این روش‌های در ساختمان‌های امروزی، می‌تواند بهترین راه برای تأمین آسایش حرارتی این ساختمان‌های مدرن باشد (مهدی نژاد، جوانرودی،۱۳۹۰، صفحه ۴۸،۱۶). بنابر نظر اشری (۲۹:۲۰۰۱) آسایش حرارتی؛ درجه حرارت هوا، رطوبت، سرعت و شدت باد، درجه حرارت تابشی و شرایط محیطی مانند پوشش، جنسیت، سن فرد و فعالیت‌های فیزیکی است. ترکیب عوامل یاد شده منطقه‌ای را بوجود می‌آورد که افراد در آن احساس آسایش کنند (برزگر، زهراو مریم رسایی پور. ۱۳۹۳، ۲) آسایش حرارتی را می‌توان از جمله مهمترین معیارها در طراحی ساختمان براساس صرفه‌جویی در مصرف انرژی در نظر گرفت که در صورت عدم توجه به آن با افزایش مصرف مواجه می‌شویم؛ آنگاه ضرری جبران ناپذیر به اقتصاد مملکت زده و تداوم تخریب محیط زیست را زمینه ساز خواهیم بود (حیدری ،۱۳۸۸؛۶).

گرمای طاقت فرسای تابستان در مناطق کویری ایران و عدم دسترسی راحت به منابع انرژی ناشی از سوخت‌های فسیلی در گذشته باعث شده که انسان به فکر تهویه طبیعی و خود به‌خودی ساختمان‌ها بدون استفاده از انرژی فسیلی بیفتد، در این راستا بناهای برج مانند باریک، بلند و چهارپهلو

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

و شش پهلو یا هشت پهلویی به نام بادگیر را ساخته است (کلانتر، ۲۰۰۵). بادگیرها برج‌هایی هستند که از قرن‌ها پیش در مناطق کویری ایران برای انتقال هوای بیرون به داخل فضای مسکونی و مکش هوای درون به بیرون جهت کمک به برقراری آسایش حرارتی در تابستان از آن‌ها استفاده می‌شده است (بهادری، ۱۹۹۷). این برج‌ها ارتفاع و سطح مقطع‌های متفاوت دارند. متداول ترین سطح مقطع مربع– مستطیل است، درحالی که مقطع مربعی شکل و ۸ وجهی نیز استفاده شده است (نایبی،۱۳۸۱). بادگیر همان گونه که از اسمش پیداست جزیی از کالبد مناطق گرم و خشک یا گرم و مرطوب ایران به شمار می‌رود، که با هدایت جریان باد و بهره گیری از انرژی پاک طبیعت در تعدیل دما و رساندن دمای فضای سکونتی به دمای در حد آسایش انسان نقش مؤثری داشته است (محمودی،۱۳۸۷،۲۹). با قراردادن سیستم‌های تبخیری مناسب در محل ورود هوا به داخل بادگیر می‌توانیم فضای مطبوع و راحتی را در داخل از نظر دما و رطوبت بوجود آوریم (کلانتری، ۲۰۰۵).

استفاده بهینه از انرژی در ساخت بنا، توجه به جنبه‌های بومی و فرهنگی محل از مفاهیم اصلی کاربرد اکولوژی و پایداری در طراحی معماری است (پورکریم، علی و سمیرا کوهی، ۱۳۹۷). مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان تنها مقررات موجود این حوزه است که نتوانسته پوشش کافی نیاز انرژی بخش ساختمان را بدهد. لذا إجماعی بین ارگان‌های مرتبطه جهت تدوین مقررات مورد نیاز لازم می‌باشد. آنچه بایستی مورد توجه قرار گیرد تدوین مقررات محلی برای هر بخش فرهنگی و إقلیمی متفاوت است که احیا کننده تکنیک‌های إقلیمی معماری بومی باشد. دراین مسیر یکی ازتکنیک‌های اقلیم گرم و خشک اجرای همزمان بادگیر و دودکش خورشیدی است. از این رو لزوم تدوین مقررات و استانداردهای ساختمانی و تدوین مقررات و استاندارد با توجه به خصوصیات مناطق چهارگانه اقلیمی ایران امکان بهره گیری از استانداردهای کشورهای پیشرو که با مناطق مختلف ایران تشابه اقلیمی دارند. با استفاده از معماری بومی که متأثر از اقلیم و شرایط جغرافیایی است، می‌توان به سطح بهینه‌ای از طراحی در ساختمان‌ها دست یافت. معماری سنتی کمترین تأثیر منفی را بر محیط زیست و اکوسیستم می‌گذارد و در راستای ساخت و ساز پایدار بوده است (نصراللهی،فرشاد،۱۳۹۰). بدین منظور در این پژوهش، ابتدا نقشه‌های مورد نیاز تهیه و سپس به اجرای شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار Design buipder پرداخته شد. در ادامه با توجه به عدم وجود دودکش خورشیدی در خانه مورد مطالعه، الحاق مکانی صورت پذیرفت و شبیه‌سازی مجدد صورت گرفت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

۲. پیشینه پژوهش

فنگر[1] (۱۳۷۲)، مکینتایر [2](۱۹۸۰) و گاگ [3](۱۹۸۶) از جمله پیشتازان مبحث آسایش حرارتی‌انـد و آن را در ارتباط با توازن حرارتی بدن انسان در نظر گرفته‌انـد. مفهـوم دودکـش خورشـیدی در ابتـدا توسـط پروفسور شلایل[4] از اشتوتگارت در اواخر سال (۱۹۷۰) مطرح شد. کمتر از چهار سال بعد ایده خود را در یک کنفرانس مطرح کرد. در اواخر دهه ۱۹۳۰ علاقه فراوانی در زمینه مهندسی تهویه طبیعی بـه‌وجـود آمد (برگرس، ۱۹۹۵). مطالعات نشان می‌دهد که در دو دهه گذشته توجه بـه جریـان هـوای داخـل، در قالب دانشی نوین به طور چشمگیری افزایش یافته است (عمیدی‌پور ،۱۳۸۸).

دهقانی و آقانجفی (۱۳۸۳،۱۴،۲۵) با محاسبه سه پارامتر دمـا، دبـی جرمـی و رطوبـت در بـادگیر شهریار تهران از روش تجربی به این نتیجه رسیدند که استفاده از این روش سنتی با تغیراتی کوچک در عصر امروز نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد. مزیدی (۳۹،۴۶،۱۳۸۷). با تحلیل عددی باغ دولت آباد یـزد مزایا و معایب این روش تهویه طبیعی را با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری برشـمرده اسـت. از جملـه اینکه دمای وارده به بادگیر با دمای محیط بیرون حتی با استفاده از سطوح خیس شونده برابر می‌باشـد. بهادری با مدلسازی رایانه‌ای دمای هوا را درتمامی طول یک بادگیر سنجیده است وتغییرات این پارامتر را ثبت نموده است (بهادری، ۱۹۸۷، ۲۴). محمودی از طریق مدل‌سازی بادگیرهای یزد به بررسی رفتار سرمایشی انواع بادگیرهای این شهر پرداخته وگونه شناسی از بادگیرهای این شهررا بر اساس آنالیز ارائه نموده است (محمودی، ۲۰۰۹، ۵۴۵). مفهوم دودکش خورشیدی در ابتـدا توسـط پروفسـور شـلایل[5] از اشتوتگارت در اواخر سال (۱۹۷۰) مطرح شد. کمتر از چهار سال بعد ایده خود رادر یک کنفرانس مطرح کرد. سپس ساخت یک نیروگاه آزمایشی در مانزانارس اسپانیا آغاز شد. دولت آلمان و اسپانیا در راستای این سرمایه گذاری سودمند با یکدیگر همکاری کردند. در سال (۱۹۹۳) توسـط بنسـال و همکـارانش[6]، مطالعه برروی دودکش خورشیدی انجام دادند. آنها به کمک یک مـدل ریاضـی، افـزایش تهویـه را در

1. Fanger
2. Mcintyre
3. Gagge
4. Professor Scheppy
5. Professor Scheppy
6. Bansap et al.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

صورت استفاده از دودکش خورشیدی وطراحی صحیح سیستم، اثبات کردند (بانسل و همکاران، ۱۹۹۴). آفونسو و الیویرا[1]، با مقایسه بین دودکش خورشیدی و دودکش معمولی، تأثیر انرژی خورشید را بر افزایش تهویه تأکیدکردند و نشان دادند که دودکش خورشیدی به طور مؤثری تهویه را بهبود می‌بخشد. همچنین ثابت کردند که افزایش جرم حرارتی، تهویه را در طول روز کاهش می‌دهد، اما باعث افزایش تهویه در طول شب می‌شود (آفونسو و الیویرا، ۲۰۰۰). بوچیر، عرض بهینه حفره هوا را در یک دودکش خورشیدی بررسی کرد ونشان داد که در الجزایر عرض بهینه H/10 است که Hارتفاع دودکش است (بوچاری، ۱۹۹۴).

چارت و همکارانش[2]نشان دادند که با افزودن جرم حرارتی، سرعت هوا و در نتیجه قدرت تهویه در ساعات شب افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از دودکش خورشیدی در طول ساعات روز باعث ۲۵درصد افزایش سرعت هوا می‌شود (چارت و همکاران، ۲۰۰۴). فونیاسومپن و همکارانش[3]، عملکرد دودکش خورشیدی را در یک ساختمان چند طبقه در شهر بانکوک به صورت آزمایشی و عددی بررسی کردند. آنها دو مدل کوچک از یک ساختمان سه طبقه را ارائه دادند و دودکش خورشیدی را در حالتی که برای هر طبقه به صورت مجزا عمل کند با حالتی که بین هر سه طبقه به صورت مشترک باشند، مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در صورتی که دودکش خورشیدی به تمام طبقات متصل باشد و برای همه طبقات یک دودکش سراسری درنظر گرفته شود، عملکرد بهتری دارد (فونیاسومپن و همکاران، ۲۰۰۹). خداری و همکارانش[4] نیز انواع مختلف دودکش‌های خورشیدی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دودکش‌های خورشیدی به طور مؤثری در تولید جریان هوا مؤثرند. عملکرد دودکش خورشیدی در ساختمان‌های اداری با تهویه مطبوع نیز توسط وی آزمایش مورد بررسی قرارگرفت و این نتیجه حاصل شد که مصرف روزانه الکتریسیته دستگاه‌های تهویه با استفاده از دودکش خورشیدی کاهش می‌یابد (خداری و همکاران، ۲۰۰۰). میازاکی و همکاران[5] به

1. afonso&Opiveira
2. Charvatetap
3. Punyasompun et al.
4. khedari et al.
5. Miyazaki et al.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

کمک شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی، عملکرد گرمایی دودکش خورشیدی ، شکاف هـوایی m ۰/۳ میتوان بیشترین تأثیر (نرخ تهویه) را با هزینه نسبتا کم ایجاد کند. در بیشتر تحقیقات انجـام شـده برای دودکش‌های خورشیدی در اقلیم‌هایی با تابش ناکافی خورشید یا شار گرمایی نسبتا پـایین، نتـایج مناسبی ارایه نشده است. با این حال دروری و همکاران (میزاکی و همکاران، ۲۰۰۰). نشـان دادنـد کـه دودکش خورشیدی، حتی در شرایط شار گرمایی پایین (حدود ۵۰–۶۰v/m2) توانایی تهویه خانـه‌هـای کوچک را دارد. کروگر[1] و بایس[2] با استفاده از شبیه‌سازی عددی به مطالعه عملکرد یک نیروگاه دودکش خورشیدی در سایتی در آفریقای جنوبی پرداختند، نتایج نشان داد که مقدار توان تولید شده در طول روز متغیر می‌باشد و از طرف دیگر به دلیل ظرفیت حرارتی زمین زیر کلکتور، در شب نیز می‌توان مقـداری توان تولید نمود (کروگر و بایس، ۲۰۰۱). با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه کاربرد بادگیر و نیـز دودکش خورشیدی، فرض برآن گذاشته شد که با تلفیق عملکرد دودکش خورشیدی با بادگیر، گامی در جهت بهبود عملکرد بادگیر در جهت افزایش راندمان و آسایش حرارتی منازل مسکونی برداشـته شـود. ولی کلانتر در پژوهشی با عنوان شبیه‌سازی تهویه وتأمین سرمایش خود بخودی ساختمان با استفاده از ترکیب بادگیر و دودکش خورشیدی (کلانتر، ولی، ۱۳۸۸). مطابق با نتایجی که به‌وسیله شبیه‌سازی، در حالت‌های مختلف به‌دست آورد ملاحظه گردید، کـه اضـافه نمـودن آب در مسـیر حرکـت هـوا، تـأثیر به‌سزایی روی کمیات مختلف از جمله دما، رطوبت نسبی، سرعت سیال، جرم حجمی و غیره می‌گـذارد، مثلاً دما به صورت قابل توجهی کاهش میابد و رطوبت نسبی یا جرم سیال افـزایش میابـد، کـه بـرای شرایط آب و هوایی شهرهای گرم و خشک نظیر یزد، هردو مناسب می‌باشد. علـی بخـش کسـائیان در پژوهشی تحت عنوان بهینه‌سازی دودکش خورشیدی جهت حصول به ماکزیمم توان خروجـی بـه ایـن نتیجه رسیدند که افزایش دودکش خورشیدی سبب افزایش توان خواهد شد. در مطالعات پیشین عموماً به بررسی نقش حرارتی و رطوبتی بادگیر و یا دودکش خورشیدی به صورت مجزا پرداختـه شـده اسـت (کسائیان وهمکاران، ۱۳۹۶). اما در این پژوهش شبیه‌سازی به‌وسیله نرم افزار و شیوه عملکـرد بـادگیر

1. Kroger
2. Buys

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

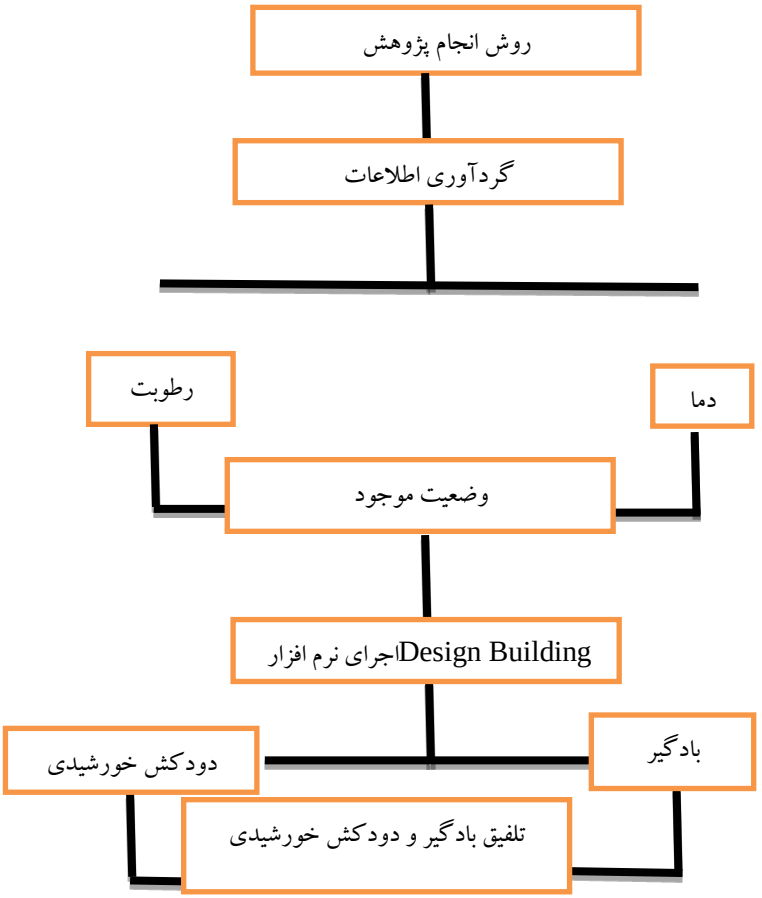
در خانه‌های سنتی قدیمی و بررسی تأثیرالحاق دودکش خورشیدی در بهبود عملکرد تهویه طبیعی، و تأثیر آن بر میزان آسایش حرارتی به صورت تلفیقی انجام شده است.

۳. روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع تحلیلی – محاسباتی است. به منظور گردآوری اطلاعات از روش میدانی و کتابخانه‌ای استفاده شد. جهت مدل‌سازی از نرم افزار Design Buipding استفاده گردید و تحلیل داده‌ها به‌وسیله نرم افزار Excep2013 انجام پذیرفت. نوع تحقیق در بخش معماری کیفی و در بخش‌های تحلیلی و رفتار حرارتی، کمی است.

برای اجرای این پژوهش و محاسبه تأثیر الحاق دودکش خورشیدی در بهبود عملکرد ساختمان دارای بادگیر، یک ساختمان مسکونی مربوط به دوره قاجار در شهر یزد، که به لحاظ دسترسی و سلامت بنا وضعیت مناسبی داشته است، به نام خانه رسولیان و مشخصات فیزیکی آن برداشت شد. پس از آن حجم کلی خانه به انضمام کلیه فضاهای داخلی و بیرونی توسط نرم افزار Design Buipding نسخه ۴،۲،۰،۵۴ با موتور انرژی پلاس ۸/۱ شبیه‌سازی شد. با توجه به اینکه این نرم افزار، مصالح سنتی استفاده شده در معماری ایران (مانند خشت و اندود کاهگل) را در پیش فرض خود ندارد، مصالح جدید، با وارد کردن مشخصات مصالح (ضخامت، چگالی ،گرمای مؤثر و ضریب هدایت) برای نرم افزار تعریف شده است و متغیرهای محیطی ماه‌ها و روزهای سال در تمامی فصول نیز از سازمان هواشناسی اخذ و به نرم افزار داده شد. سپس با همین نرم افزار، رفتار حرارتی اتاق بادگیر خانه مد نظر در وضعیت موجود، در طول سال محاسبه و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. بعد از آن نتایج حاصل از عملکرد حرارتی سالانه فضای انتخابی با ویژگی‌های معماری آن مورد مقایسه قرارگرفته‌است. در گام بعدی طبق خواسته تحقیق با توجه به اینکه خانه فوق فاقد دودکش خورشیدی بود. این الحاق مکان‌یابی صورت پذیرفت که پس از شبیه‌سازی مجدد خروجی و تحلیل مجدد رفتار ساختمان با اضافه شدن دودکش خورشیدی به ساختمان شبیه‌سازی توسط نرم افزار انجام گرفت و مورد بررسی مجدد قرارگرفت. شکل (۱) مراحل کلی روش انجام پژوهش را نشان می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]



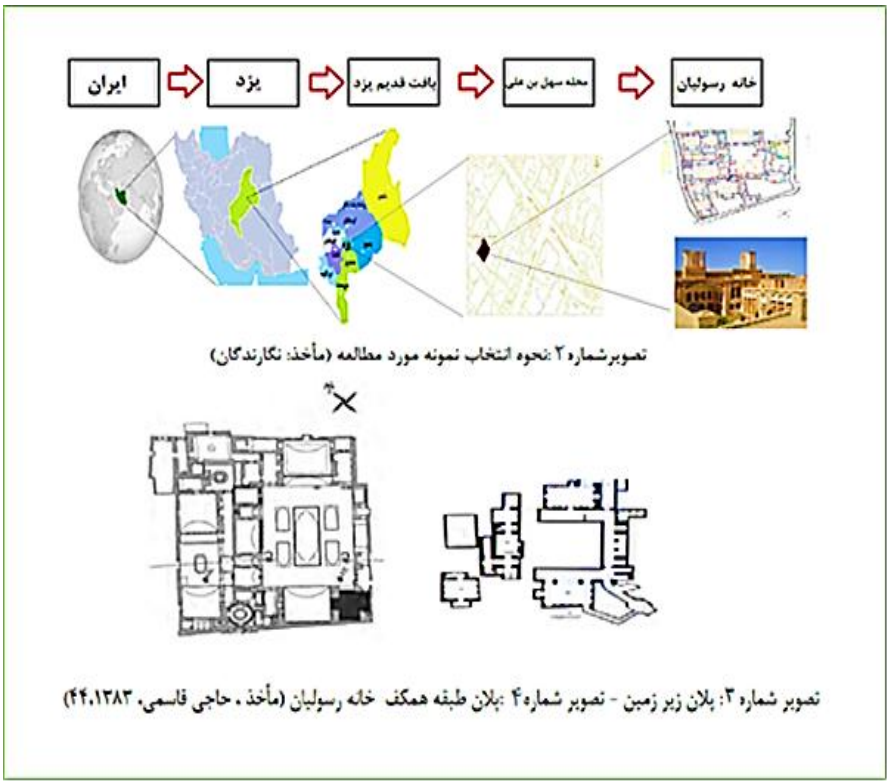
شکل ۱. نمودار روش انجام پژوهش

۴. محل انجام پژوهش

استان یزد در مرکز ایران بین عرضی‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی از نصف النهار مبدأ قرارگرفته‌است. این استان از شمال و غرب به استان اصفهان، از شمال شرقی به استان خراسان، از جنوب غربی به استان فارسی و از جنوب شرقی به استان کرمان محدود می‌شود. استان یزد در حدود ۷۲۱۵۶ کیلومتر مربع وسعت دارد که تقریباً ۳۷/۴ درصد از وسعت کل خاک کشور را در بر می‌گیرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

استان یزد مابین سلسله جبال مرکزی ایران و از پستی و بلندی و چاله‌ها و کفه‌های کویری متعدد واقع شده است. در بررسی مربوط به یک دوره هشت ساله (۱۹۸۴–۱۹۹۲)، متوسط دمای هوا برابر ۹/۱۸ درجه سانتی گراد گزارش شد. حداکثر مطلق دما در تیرماه برابر ۴۳ درجه سانتی گراد و حداقل آن در دی ماه برابر ۲/۷ درجه سانتی گراد گزارش شده و اختلاف درجه حرارت سالانه حوالی یزد ۵۰ درجه سانتیگراد است. به استثنای منطقه کوهستانی شیرکوه، سایر نقاط استان یزد اقلیم گرم و خشک و بیابانی دارد که از مغرب و جنوب غربی به سمت شمال شرقی و شرق خشک‌تر می‌شود. به این ترتیب، آب و هوای استان یزد به علت قرار گرفتن در کمربند خشک جهانی، دارای زمستان‌های سرد و نسبتاً مرطوب و تابستان‌های گرم و طولانی و خشک است.



تصویرشماره ۲ :نحوه انتخاب نمونه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

تصویر شماره ۳: پلان زیر زمین - تصویر شماره۴ :پلان طبقه همکف خانه رسولیان (مأخذ ، حاجی قاسمی، ۴۴،۱۳۸۳)

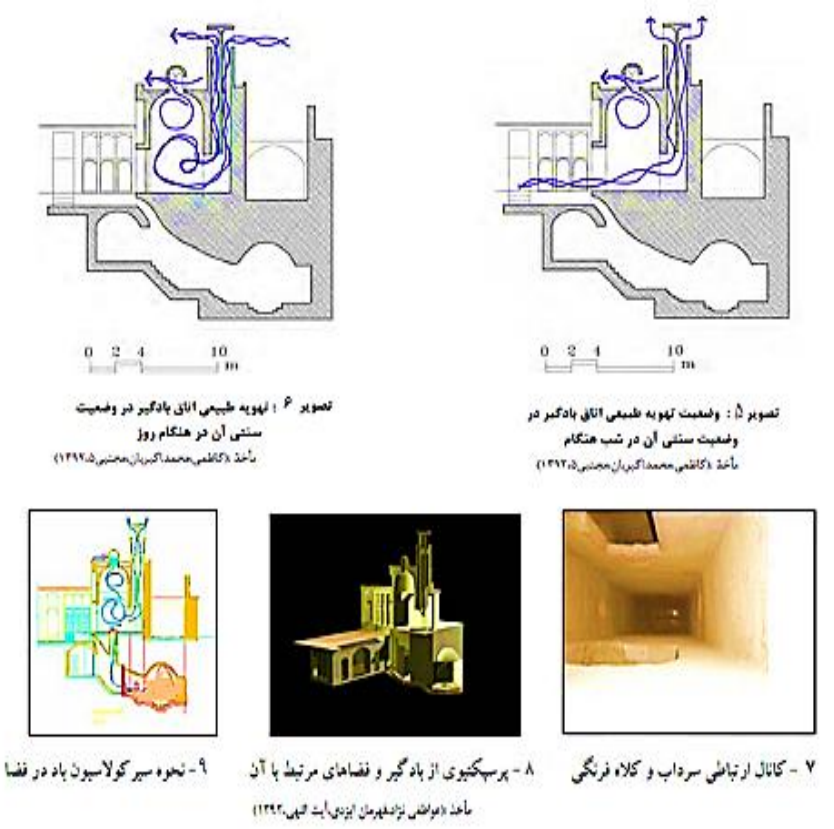
شکل ۲. موقعیت خانه مورد مطالعه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

شهر یزد به عنوان یکی از شهرهای اقلیم گرم وخشک ایران کـه بیشـترین بادگیرهـا را داشـته و به‌عنوان شهر بادگیر معروف است، به عنوان شهر مورد مطالعه انتخاب گردیده اسـت، موقعیـت کنـونی خانه حاج کاظم رسولیان یزد، در محله سهل بن علی یزد قرار گرفتـه اسـت و متعلـق بـه جـد خانـدان رسولیان است. خانه حاج کاظم رسولیان در سال ۱۲۸۳ ه.ش بـه همـت مرحـوم «حـاج میـرزا کـاظم رسولیان» و به دست استاد «محمد حسن محمد رحیم» بنا شـد. کـه هـم اکنـون دانشـگاه معمـاری و شهرسازی یزد است. این خانه از دو بخش متمایز به صورت بیرونی و اندرونی تشکیل شده است. حیاط بیرونی محل پذیرایی از میهمانان بوده است، اتاق بزرگ ارسی با شیشه‌های رنگی، حوض خانه، تـالار، زیر زمین و بادگیر فضای اصلی بخش بیرونی خانـه را تشـکیل مـی‌دهنـد. حیـاط داخلـی کـه قسـمت خصوصی خانه است از اتاق‌های سه دری، پنج دری، ارسی، تالار، کلاه فرنگی و بادگیر تشکیل شده که یک حیاط بزرگ همراه با حوضی بزرگ در وسط آن قرار دارد (حاجی قاسمی،۱۳۸۳: ۴۲). اتاق بـادگیر خانه رسولیان در وضعیت سنتی خود دارای عناصر و ویژگی‌های خاصی جهـت تـأمین شـرایط آسـایش حرارتی بوده است. حضور عناصری همچون بادگیری و کلاه فرنگی، ارتباط درهای ارسی بـا فضـاهای تالار و حیاط مرکزی و ارتفاع زیاد این فضا، همگی در کنار یکدیگر جریان ممتد هوا را فراهم می‌کـرده و منجر به کاهش نسبی دمای اتاق می‌گشته است (کاظمی، محمد. اکبریان، مجتبی، ۱۳۹۲). در ساعت پایانی روز و در طول شب تابستان پنجره‌ها ارسی به سمت تالار و حیاط مرکـزی بـاز و بـادگیر کـه در طول روز بر اثر تابش خورشید گرم می‌گردد به عنوان یک دودکش خورشیدی عمل مـی‌کنـد. لازم بـه ذکر می‌باشد که کلاه فرنگی نیز در شب هنگام باعث مکش هوای اتاق می‌شود. بنابر این هوای داخـل حیاط مرکزی که به دلیل حضور حوض آب و درختان خنک و مرطوب می‌بوده به داخـل فضـای اتـاق منتقل می‌گردید (شکل ۳). در طول روز تابستان و بالاخص در ساعات میانی روز پنجره‌های ارسی اتاق بادگیر بسته بوده و بادگیر و کلاه فرنگی در کنار یکدیگر جریان یافتن هـوا و تهویـه طبیعـی را باعـث می‌گردند. بدین ترتیب در طول روز در هنگام وزش باد، کانال‌هایی از بادگیر که رو به وزش باد هستند، هوای خنک و مطبوع را دریافت می‌کنند و کانال‌های دیگری که به پشت به وزش باد قراردارند، طبـق اثر برنولی نقش بادکش ایفا می‌نمایند و هوای گرم فضای اتاق را به فضای بیرون منتقـل مـی‌کننـد. از سویی دیگر حضور کلاه فرنگی و عبور جریان هوا از آن بر طبق اثر برنولی عاملی دیگر بـرای مکیـدن هوای گرم موجود در اتاق می‌باشد. با ویژگی‌های مذکور می‌توان چنین بیـان داشـت کـه در طـول روز

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

تابستان، باد خنک و مطبوع در برخورد با بدنه‌های بادگیر و با از دست دادن بخشی از دمای خود به داخل اتاق منتقل و رفتار مکنده سایر کانال‌های بادگیر و کلاه فرنگی منجر به ایجاد تهویه طبیعی می‌شده است (شکل ۳)، (کاظمی، محمد. اکبریان، مجتبی، ۱۳۹۲). تصویر شماره ۳ پرسپکتیوی از بادگیر و اتاق بادگیر خانه رسولیان را نشان می‌دهد (عواطفی نژاد، قهرمان ایزدی، آیت اللهی، ۱۳۹۲).



شکل ۳. بادگیر خانه مورد مطالعه

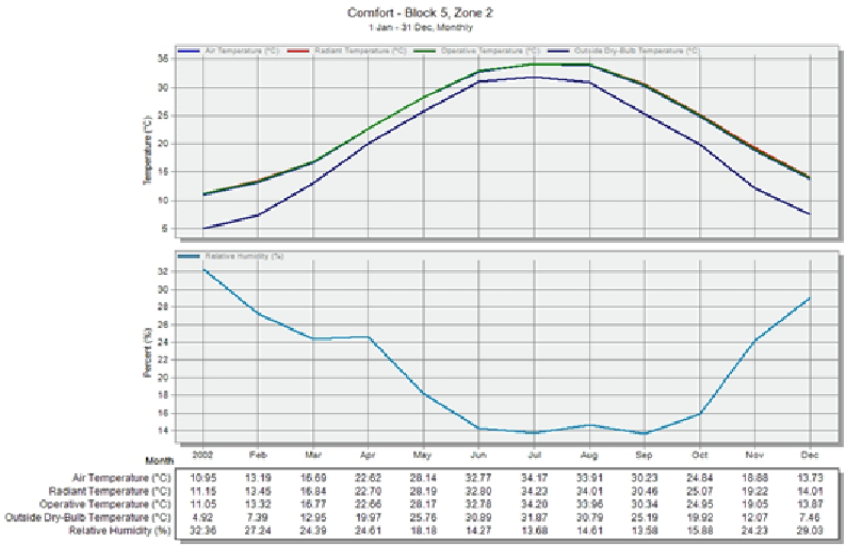
۵. بدنه پژوهش

در این بخش به ارائه یافته‌های پژوهش در قالب عملکرد بادگیر و عملکرد تلفیقی بادگیر با دودکش خورشیدی پرداخته می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

۶. تحلیل عملکرد بادگیر

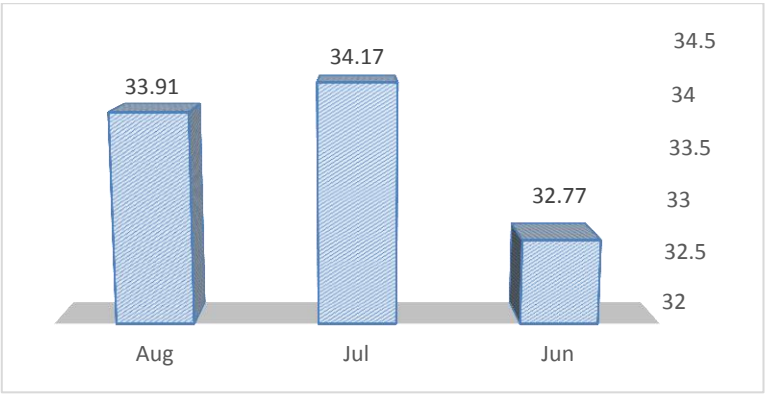
نتایج حاصل از خروجی نرم افزار برای میـزان دمـا و رطوبـت سـاختمان در کـل سـال در نمـودار شماره(۱) ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه مـی‌شـود فصـل تابسـتان در سـاختمان و شـهر یـزد بالاترین میزان دما و کمترین میزان رطوبـت نسـبی را دارا مـی‌باشـد. از آنجـا کـه بـادگیر و دودکـش خورشیدی بیشترین کارایی را در فصل تابستان دارد در این پژوهش مورد توجه و بررسی قرار گرفت.



نمودار ۱. میزان درجه حرارت و رطوبت نسبی شهر یزد در طول یک سال

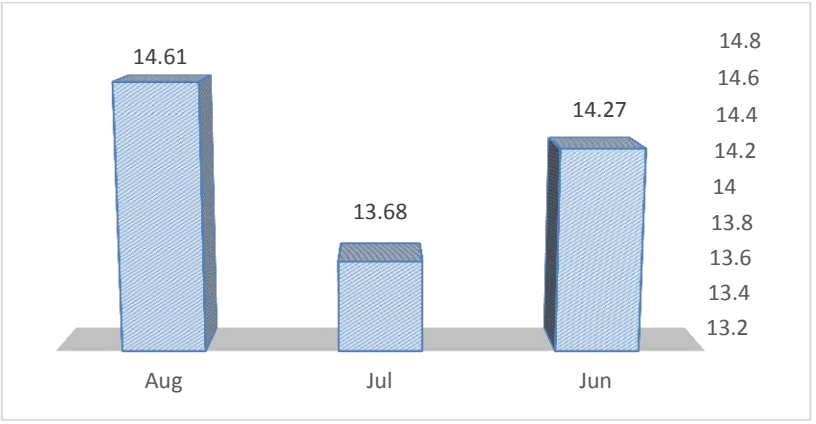
نمودار شماره (۲) میزان دمای سـاختمان را در فصـل گـرم سـال در شـهر یـزد نشـان مـی‌دهـد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود وجود بادگیر باعث شده که دمای در هریک از ماه‌های تابستان به شـرح زیر باشد. تیر ماه (Jun) برابر با ۳۲/۷۷ درجه سانتیگراد، مرداد ماه (Jul) برابر با ۳۴/۱۷ درجه سانتیگراد و شهریور ماه (Aug) برابر با ۳۳/۹۱ درجه سانتیگراد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]



نمودار ۲. دمای ساختمان در وضعیت موجود

همچنین نمودارشماره ۳ میزان طروبت نسبی ساختمان را در طول فصل گرم سال نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود رطوبت نسبی به ترتیب برای ماه‌های تیر (JUN)، مرداد (Jul) و شهریور (Aug) برابر با ۱۴,۲۷، ۱۳,۶۱ و ۱۴,۶۱ درصد است. تغییرات شبانه روزی رطوبت نسبی برعکس تغییرات شبانه روزی درجه حرارت است، ماکزیمم آن کمی قبل از طلوع آفتاب و مینیمم آن در حدود ساعت ۲ بعد از ظهر است، تغییرات سالانه رطوبت نسبی منظم نیست و نسبت به موقعیت منطقه تغییر می‌کند، هر چه هوا گرمتر باشد، بخار آب بیشتری می‌تواند در هوا ذخیره شود، میزان رطوبت در تیرماه بیشتر از مرداد و شهریور است.

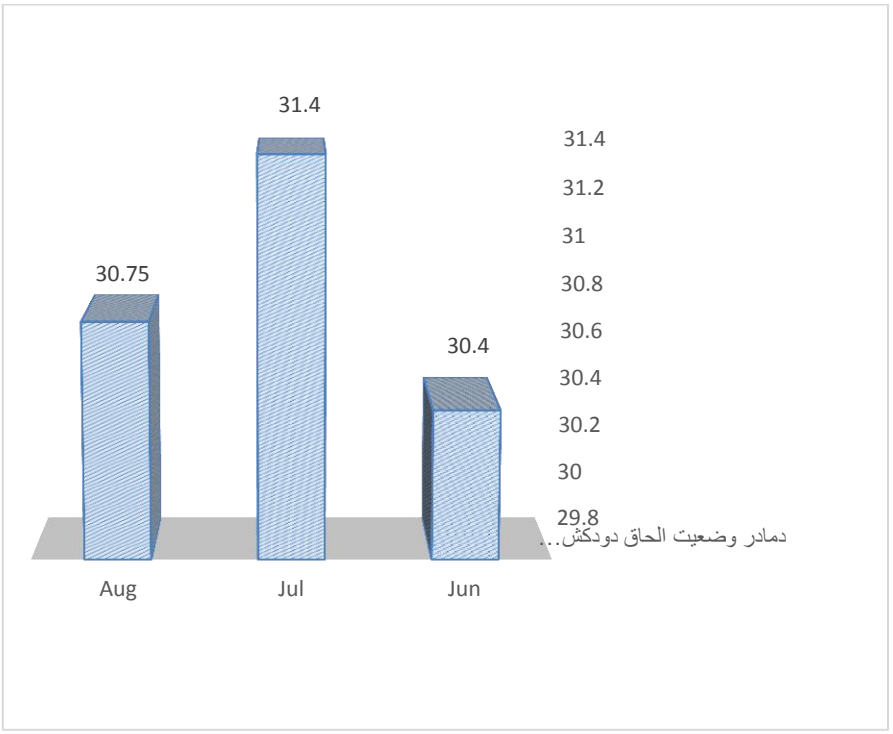


نمودار ۳. رطوبت ساختمان در وضعیت موجود

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

۷. تحلیل عملکرد تلفیق بادگیر و دودکش خورشیدی

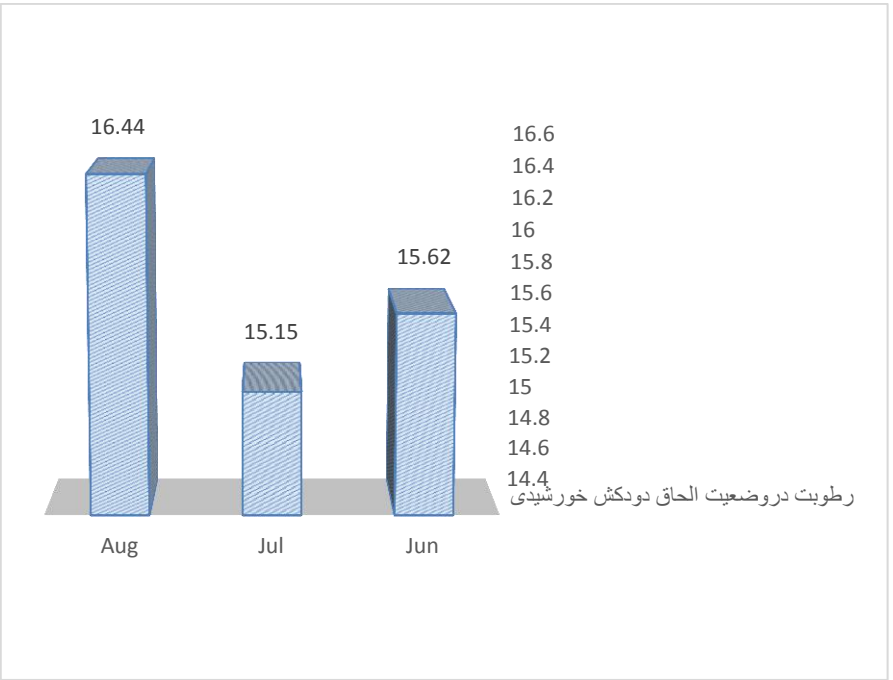
نمودارشماره ۴ وضعیت تهویه و رفتار حرارتی اتاق بادگیر خانه رسولیان را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دما در ماه‌های گرم نسبت به وضعیت موجود با الحاق دودکش خورشیدی تغییر محسوسی پیدا کرده است. میزان درجه حرارت حدود ۳ تا ۴ درجه کاهش داشته است. میزان دما در ماه Jul (مرداد)، بیشتراز ماه‌های ، Aug (شهریور) و Jun (تیر) است، در ماه Jul (مرداد)، میزان حرارت ۳۱/۴۰ درجه سانتیگراد بوده که با قیاس با وضعیت موجود تغییرات محسوس و قابل مشاهده داشته است.



نمودار ۴. وضعیت دما با الحاق دودکش خورشیدی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

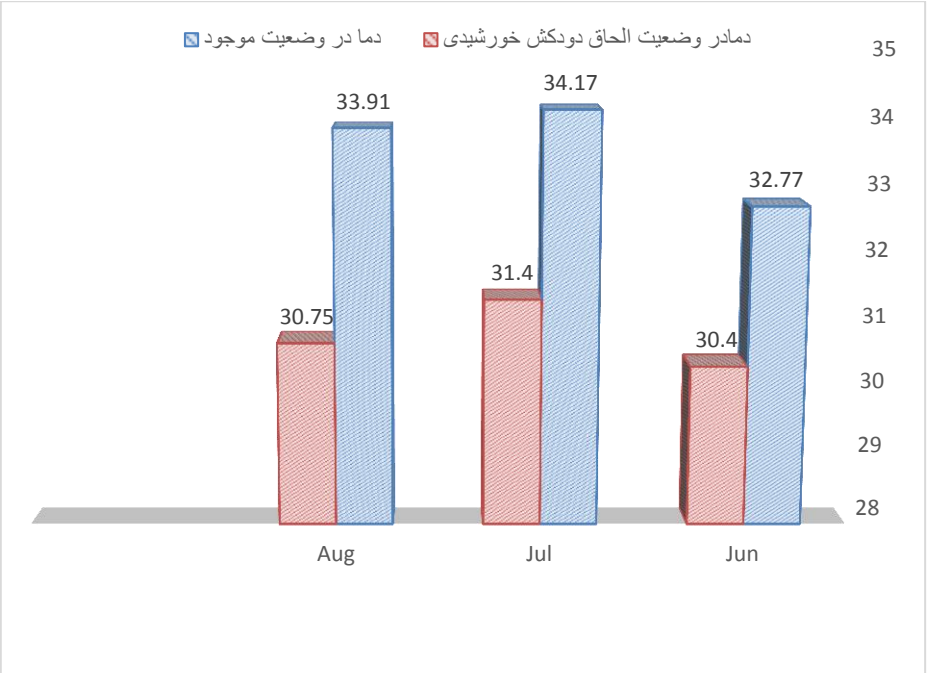
با الحاق دودکش خورشیدی، علاوه بر تغییرات دمایی میزان رطوبت هوا نیز تغییرات محسوسی نسبت به وضعیت موجود داشته است. نمودارشماره ۵ وضعیت میزان رطوبت را با الحاق دودکش خورشیدی نشان می‌دهد.



نمودار ۵. وضعیت رطوبت با الحاق دودکش خورشیدی

بین خانه رسولیان یزد و اکثر خانه‌های سنتی در شهر یزد و مناطق کویری شباهت‌های بسیاری از نظر کالبد، فرم و عملکرد بادگیر وجود دارد، که در صورت تداوم تحقیق با انتخاب موارد مشابه در شهر یزد یا بقیه شهرهای کویری، نتیجه قابل تعمیم خواهد بود، که این اعتبار بیرونی تحقیق را افزایش می‌دهد. نتایج الحاق دودکش خورشیدی به ساختمان در به حرکت درآوردن جریان هوا در ساختمان، بهره گیری از گرمای نهان آب و تبخیر آن در مسیر عبور جریان هوا و ایجاد رطوبت در مسیر کوران هوا باعث شد که میزان دمای هوای خانه در فصل‌های گرم سال به مقدار چشمگیری تغییر کند، نمودار(۶) تغییرات را نشان می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

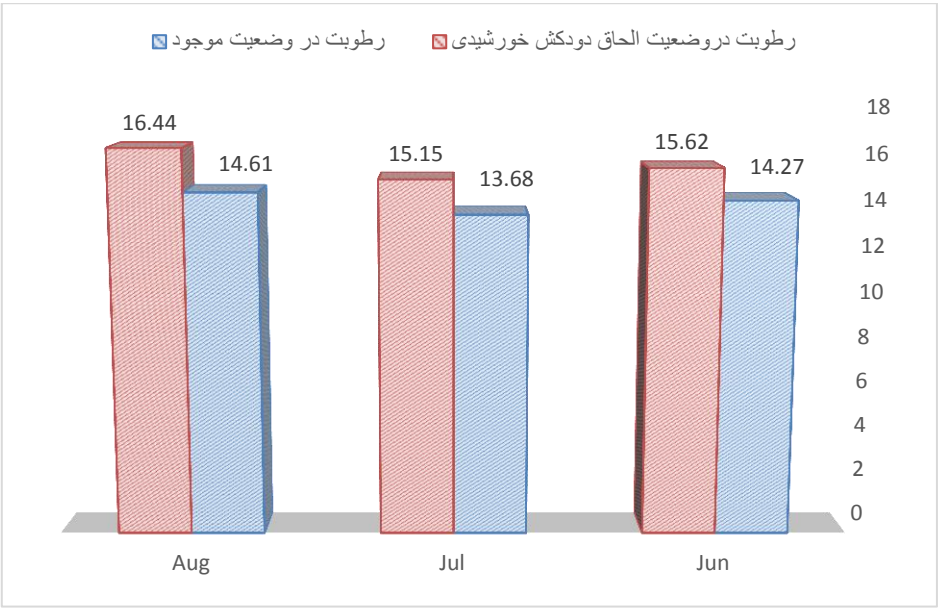


نمودار ۶. وضعیت دمای ساختمان باالحاق دودکش خورشیدی

همانگونه که نمودار (۶) نشان می‌دهد، در ماه Aug دمای هوای داخل ساختمان در حالت موجود و بدون استفاده از دودکش خورشیدی حدود ۳۳/۹۱ درجه سانتیگراد است که با استفاده از دودکش خورشیدی دمای ساختمان به حدود ۳۰/۷۵ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد (حدود ۱۰ درصد)، در ماه Jul در وضعیت موجود دمای ساختمان ۳۴/۱۷ درجه سانتیگراد است، که با الحاق دودکش خورشیدی دما به حدود ۳۰/۴۰ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کرده است، در ماه Jun نیز دما از ۳۲/۷۷ به ۳۰/۴۰ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کرده است.

همان‌طور که نمودار (۷) نشان می‌دهد. رطوبت نسبی ساختمان در ماه Aug در وضعیت موجود ۱۴/۶۱ درصد است که با الحاق دودکش خورشیدی این مقدار به ۱۶/۴۴ درصد افزایش یافته است، این تغییر در ماه Jul نیز مشهود است، به نحوی که رطوبت هوا در اتاق بادگیر از ۱۳/۶۸ درصد به ۱۵/۱۵ درصد افزایش می‌یابد و در ماه Jun رطوبت از ۱۴/۲۷ درصد به ۱۵/۶۲ درصد رسیده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]



نمودار ۷. وضعیت رطوبت ساختمان باالحاق دودکش خورشیدی

۸. نتایج اجرای مدل

سرمایش یکی از تأثیرگذارترین فاکتورهای در تأمین آسایش حرارتی است، کـه یکـی از روش‌هـای آن سرمایش غیرفعال است. سیستم‌های خنک کننده منفعل برای فضاهای مسکونی می‌توانند بـه مصـرف منابع طبیعی غیرقابل تجدید کمک کند. با توجه به معیارهای اقلیمـی و پایـداری کـه هـر روز اهمیـت بیشتری می‌یابند.

هدفِ پژوهش حاضر بررسی عملکرد تلفیق بادگیر و دودکش خورشیدی و صرفه‌جـویی در میـزان مصرف انرژی وکاهش مشکلات زیست محیطی می‌باشد. به منظور انجام پژوهش، خانه رسولیان شـهر یزد به عنوان نمونه موردی انتخاب و شیوه عملکرد بادگیر و بررسی تأثیر الحاق دودکش خورشـیدی در بهبود عملکرد تهویه طبیعی وآسایش حرارتی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که در ماه Aug دمای هوای داخل ساختمان در حالت موجود و بدون استفاده از دودکش خورشیدی حدود ۳۳/۹۱ درجه سانتیگراد است که با اسـتفاده از دودکـش خورشـیدی دمای ساختمان به حدود ۳۰/۷۵ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد (حدود ۱۰ درصد)، در ماه Jul در

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

وضعیت موجود دمای ساختمان ۳۴/۱۷ درجه سانتیگراد است، که با الحاق دودکش خورشیدی دما به حدود ۳۰/۴۰ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کرده است، در ماه Jun نیز دما از ۳۲/۷۷ به ۳۰/۴۰ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کرده است. همچنین نتایج نشان داد رطوبت نسبی ساختمان در ماه Aug در وضعیت موجود ۱۴/۶۱ درصد است که با الحاق دودکش خورشیدی این مقدار به ۱۶/۴۴ درصد افزایش یافته است، این تغییر در ماه Jul نیز مشهود است، به نحوی که رطوبت هوا در اتاق بادگیر از ۱۳/۶۸ درصد به ۱۵/۱۵ درصد افزایش می‌یابد و در ماه Jun رطوبت از ۱۴/۲۷ درصد به ۱۵/۶۲ درصد رسیده است.

۹. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج به‌دست آمده تأثیر بادگیر و دودکش خورشیدی بر ایجاد تعادل حرارتی در ماه‌های گرم کاملا مشهود است، اما متأسفانه نه تنها در معماری متداول این تکنیک جایگاه خود را از دست داده است، بلکه متولیان امر ساختمان و انرژی نیز منافع این تکنیک‌ها را در نظر نگرفته‌اند. لذا تدوین شیوه نامه‌های اجرایی در سیاست‌های روز ساختمان سازی کشور توسط سازمان‌ها مربوطه و با کمک متخصصان امر بسیار ضروری است. از آنجا که مصرف انرژی در هر ریز اقلیم محلی و معماری بومی متفاوت است، جای توجه به تکنیک‌های محلی و بومی مورد نیاز هر اقلیم در شیوه نامه‌ها خالی است.

منابع

[۱] برزگر، زهرا و مریم رسائی پور (۱۳۹۳)، "بررسی آسایش حرارتی در طراحی خیابان تجاری با رویکرد پایداری شهری نمونه موردی: خیابان ملاصدرا در شیراز"، *اولین همایش ملی عمران، معماری و توسعه پایدار*، یزد: دانشگاه پیام نور یزد.
https://www.civilica.com/Paper-CEASD01-CEASD01_026.html

[۲] پورکریم، علی و سمیرا کوهی (۱۳۹۷)، "مدیریت معماری و شهرسازی کاهش دهنده مصرف‌انرژی در ساختمان‌ها"، *اولین همایش ملی مدیریت راهبردی و کاربردی*، سقز: دانشگاه علمی کاربردی مرکز سقز.
https://www.civilica.com/Paper-ASMCONF01-ASMCONF01_034.html

[۳] حیدری، شاهین (۱۳۸۸)، "دمای آسایش حرارتی مردم شهر تهران". *نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*. (۳۸)۱، صص ۱۴-۵.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

[۴]دهقانی، علیرضا و سیروس آقانجفی (۱۳۸۳)، "بررسی تجربه کارآیی دو طرح جدید بادگیر و مقایسه آنها با بادگیرهای سنتی"، *نشریه انرژی ایران*، شماره۲۱، سال نهم، صص۲۷-۱۴.
[۵]عمیدی پور، مجید (۱۳۸۸)، "بررسی اثرات بخاری‌های بدون دودکش بر روی کیفیت هوای داخل". *پروژه تحقیقاتی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مکانیک*. کارفرما: شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران.
[۶]کسائیان، علیبخش؛ یوسفی مقدم، فهیمه؛ محمدزاده، پرویز؛ راضی آستارایی، فاطمه و رضا علائی (۱۳۹۶)، "بهینه‌سازی دودکش خورشیدی جهت حصول به ماکزیمم توان خروجی"، *نشریه انرژی ایران*، دوره۲۰، شماره۱، صص۹۹.
[۷]کلانتر، ولی (۱۳۸۸)، "شبیه‌سازی تهویه و تأمین سرمایش خودبخودی ساختمان با استفاده از ترکیب بادگیر و دودکش خورشیدی (حالت سه بعدی با دیدگاه دیفرانسیلی)"، *اولین کنفرانس بین المللی گرمایش، سرمایش، و تهویه مطبوع*، تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. https://www.civipica.com/Paper-HVAC01-HVAC01_037.htmp
[۸]مزیدی، محسن و محمد مزیدی (۱۳۸۷)، "تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم‌های سرمایش انفعالی در مناطق گرم و خشک". *نشریه انرژی ایران*، ۱۱(۲)، صص ۴۶-۳۹.
[۹]مهدوی‌نژاد، محمدجواد و کاوان جوانرودی (۱۳۹۰)، "مقایسه تطبیقی اثر جریان هوا بر دوگونه بادگیر یزدی و کرمانی"، *نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی*. (۴)۳، صص ۸۰-۶۹.
[۱۰] نایبی، فرشته (۱۳۸۱)، *حیات در حیاط، حیاط در خانه‌های سنتی ایران*. تهران: انتشارات نزهت.
[۱۱] نصراللهی، فرشاد (۱۳۹۰)، "ضوابط معماری و شهرسازی کاهش دهنده مصرف انرژی ساختمان‌ها"، *نشست کمیته ملی انرژی ایران*، صص۴۰.

[12] Afonso C. and A. Olivera (2000), "Solar Chimneys: Simulation and Experiment", *Energy and Buildings*, Vol. 32, pp71-79.
[13] Bahadory M.N. (1977), Passive Cooling Systems in Iranian Architecture, *Scientific American*,vol.238, No.2, pp.144-154.
[14] Bahadory M.N. (1977), Passive Cooling Systems in Iranian Architecture, *Scientific American*, vol. 238, No.2, pp144-154.
[15] Bahadory M.N. (1987) *Natural Cooling in hot arid regions in building*, edited by A.A.M. Saying, Academic Press Inc., New York, pp. 195-225.
[16] Bahadory M.N. (1987), *Natural Cooling in hot arid regions in buildings*, edited by A.A.M. Sayigh, Academic Press Inc., New York,pp.195-225.
[17] Bansap N.K., Mathur R. and M.S. Bhandari (1994) "A Study of Solar Chimney Assisted Wind tower system for Natural Ventilation in the Building", *Building and Environment*, Vol. 28, No 3. pp. 373-377.
[18] Bouchair A. (1994), "Solar Chimney for Promoting Ventilation in Southern Algeria", *BupdServEng Res Technol*, No. 15, pp.81-93.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]

[19] Burgess W.A. (1995). *Recognition of Health Hazards in Industry*. New York: Wiley.
[20] Charvat P., Jicah M. and J. Stetina (2004), Solar Chimneys for Ventilation and Passive Cooling, Denver (U S A): World Renewable Energy Congress.
[21] Drori U., Dubosvsky V. and G. Ziskind (2005) "Experimental Verification of Induced Ventilation", *J Environ Eng –ASCE*, 131(5), pp. 820-826.
[22] Kalantar V. (2005), "Natural Ventilation the Building with Wind power and Renewable Energy without using Fuel Oil", the Third Conference on Fuel Conservation in a Building, Tehran, Iran. pp.1566-1577.
[23] Khedari J., Boonsri B. and Jongjit (2000), "Ventilation Impact of a Solar Chimney on Indoor Temperature Fluctuations and Air Change in a School Building", *Energy and building*, vol 32, pp 89-93.
[24] Kroger D.G. And J.D. Buys (2001), "Performance Evaluation of a Solar Chimney Power plant". ProcIses, *Solar World Congress*, pp. 907-918.
[25] Mahmoud Zarandi M. (2009), "Analysis OfIranian Wind Catcher and its Effect on Natural Ventilation as a Solution towards Sustainable Architecture (Case study: Yazd)", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol.54, pp574-579.
[26] Punyasompun S., Hirunpabh J., Khedari J. and B. Zeghmat (2009), Investigation on the Application of Solar Chimney for multi-story Buildings, *Renewable Energy*, vol 34, pp. 2545-2561.
[27] Rubin E.S. and C.I. Paridson (2002), Introduction to Engineering and Environment, McGraw Hill.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-22]