

# تبیین ساختار بادگیر در ایجاد تهویه طبیعی در اقلیم گرم و مرطوب؛ مطالعه موردی: بندر پهل-استان هرمزگان

منیر شریفی\*، ژاله صابر نژاد\*\*، سید هادی قدوسی فر\*\*\*

۱۴۰۱/۰۳/۰۴

۱۴۰۱/۱۰/۱۲

تاریخ دریافت مقاله:

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده

یکی از مؤثرترین عوامل در ایجاد آسایش حرارتی، تهویه طبیعی است، از این جهت مهم ترین دستاوردهای معماری سنتی ایرانی، بادگیر تلقی می‌شود. بحث تهویه طبیعی بهخصوص در اقلیم گرم و مرطوب از ملزومات مهم تلقی می‌شود، زیرا رطوبت را از فضای دور کرده و باعث خنک شدن و بالا رفتن آسایش حرارتی می‌شود. در این پژوهش به بررسی بادگیرهای بندر پهل پرداخته شده است. با استفاده از طراحی مناسب عناصر معماری به بهترین شیوه از هدایت انرژی‌های تجدیدناپذیر جلوگیری می‌شود. با این روش می‌توان علاوه بر فهم بیشتر مفاهیم معماری سنتی، راهکارهای سنتی را مورد تحلیل قرار داده و به مهندسان عصر حاضر به طور کامل معرفی کرد. بادگیر در بندر پهل از راهکارهای دستیابی به آسایش حرارتی در مقابل گرما و رطوبت طاقت‌فرسای حاشیه خلیج فارس است. پژوهش پیش رو به معرفی بادگیر و پارامترهای مؤثر بر آن می‌پردازد. تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در خصوص بادگیر و افزایش عملکرد آن انجام شده است که از مهم‌ترین آن‌ها تغییر در تناسبات موجود بوده است. در این مطالعه با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی به بررسی نمونه‌ای از بادگیرهای اقلیم گرم و مرطوب پرداخته و آن را مورد تحلیل قرار می‌دهد. داده‌ها به روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است، سپس با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر، مدل‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفته است. هدف این پژوهش بررسی عملکرد دقیق بادگیر در ایجاد تهویه طبیعی در اقلیم گرم و مرطوب است تا بتوان با الگویی از این عناصر شاخص در طراحی معماری‌های مدرن، آسایش حرارتی را در بنا بالا برده و استفاده از مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر را به حداقل رسانده تا گامی در جهت حفظ محیط‌زیست که رو به نابودی است برداشته شود. نتایج پژوهش حاکی از آن است که آسایش حرارتی اتفاق بادگیر نسبت به اتفاق مجاور به طور قابل توجهی افزایش یافته و دمای اتفاق کاهش یافته است که این خود نشانگر تأثیر مستقیم بادگیر بر آسایش حرارتی اتفاق بادگیر را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: بادگیر، اقلیم گرم و مرطوب، تهویه طبیعی، بندر پهل.

\* دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد بین‌الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران.

\*\* استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. jsabernejad@yahoo.com

\*\*\* استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

این مقاله برگفته از رساله دکترا نویسنده اول تحت عنوان «دستیابی به الگوی بهینه بادگیر با مقطع مربع شکل در بندر پهل در راستای توسعه پایدار»، به راهنمایی دکتر ژاله صابر نژاد و مشاوره دکتر سید هادی قدوسی فر است.

روند رو به رشد جمعیت و افزایش تقاضا که پیامدهای جبران ناپذیری چون افزایش منابع، هزینه‌ها، انتشار آلاینده‌ها و غیره که تشدید پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین را به همراه دارد غیرقابل انکار است (گرجی معلمانی و همکاران، ۱۳۹۹، ۴۳). افزایش الودگی محیط‌زیست در سال‌های اخیر به علت مصرف بی‌رویه انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر را مورد توجه جهانیان قرار داده است. سرانه مصرف نهایی انرژی ایران ۱/۷ برابر متوسط سرانه مصرف نهایی جهانی و ۰/۳ برابر کشورهای OECD و ۳/۵ و ۱/۵ برابر شدت مصرف نهایی انرژی ایران (بر اساس نرخ ارز و برابری قدرت خرید) نسبت به متوسط جهانی است (ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۸). این موضوع کاهش مصرف انرژی در بحث ساختمان را ضروری می‌سازد (Diba, 1999, 5). شرایط اقلیمی امروز دچار تحولاتی شده که آسایش حرارتی را نسبت به گذشته دشوارتر ساخته است (صادقی و همکاران، ۱۴۰۰، ۳۴).

در سود بردن از انرژی‌های طبیعی، هماهنگ نمودن محیط‌زیست با شرایط اقلیمی حاکم بر آن، اولین قدم محسوب می‌شود. به عبارتی شرط لازم برای بهره‌گیری از شرایط طبیعی، هماهنگی و انطباق ساختمان‌ها با شرایط اقلیمی است (بلوهری و همکاران، ۱۳۹۹، ۹۱). تهویه طبیعی در معماری سنتی ایران با تأکید بر عملکرد عناصر شاخص معماری همچون بادگیرها، پوشش گیاهی و حیاط مرکزی، فاصله گرفتن از زمین و استفاده از ایوان در دور تادور بنا از مشخصه‌های اقلیمی معماری در این منطقه است (کرمی و دامیار، ۱۳۹۶). یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های معماری که تأثیر بسزایی در تهویه دارد، بادگیر است. بدون شک پیشرفت تکنولوژی ضروری است و نمی‌توان از آن چشم‌پوشی کرد.

(ملت‌پرسن، ۱۳۸۸، ۱۲۲)، اما با مطالعه بر روی زمینه‌های پایداری در معماری سنتی ایران می‌توان راه حل‌هایی نوین برای بالا بردن آسایش حرارتی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون باد، خورشید و ... را یافت. لذا راهکارهای فراموش شده در طراحی محیط مسکونی پایدار، شناسایی و با نیازهای روز انسان کنونی به روزرسانی شود تا با استفاده از تکنولوژی روز، ساختمانی پایدار با عملکردی بهتر از گذشته دست یافت.

از این رو هدف این پژوهش، بررسی و مطالعه ایده‌ها و دیدگاه‌های معماری سنتی در حوزه تهویه طبیعی به وسیله بادگیر در خانه مسکونی واقع در بندر پهل است و برای پاسخ به چگونگی عملکرد بادگیر در منطقه و تأثیر مستقیم آن بر فضای زیر بادگیر صورت می‌گیرد تا از این طریق بتوان علاوه بر فهم بیشتر مفاهیم معماری سنتی، راهکارهای سنتی را مورد تحلیل قرار داده و به مهندسان عصر حاضر به‌طور کامل معرفی شود. این مسئله که ساختمان سنتی در هر اقلیم تا چه میزان آسایش ساکنان خود را تأمین می‌کرده، با تحلیل و بررسی مشخص می‌شود. این نوع صرفه‌جویی که از طریق شناخت معماری بومی، طی سده‌ها با تجربه معماران حاصل شده، می‌توان جهت دستیابی به معماری پایدار راهگشا باشد. هدف این پژوهش تکرار معماری گذشته نیست، زیرا این امر ممکن نیست و جوابگوی اقلیم و نیاز امروز انسان نیست و با تقلید راهگشا نخواهد بود؛ بنابراین هدف پی بردن به چگونگی نوع عملکرد دقیق بادگیرها و ایجاد آسایش حرارتی است تا در جهت به کارگیری اصولی از تجربه معماری پیشینیان به شکلی اساسی نه صرفاً ظاهری بهره برد. نتایج حاصل نشان‌دهنده عملکرد بادگیر مدنظر در اقلیم گرم و مرطوب حاشیه خلیج فارس است.

## سؤالات پژوهش

۱. عملکرد بادگیرها در پهنه‌بندی منطقه گرم و مرطوب روستای بندرپهله به چه صورت است؟
۲. چگونه بادگیرها عملکرد بهتر و مؤثری از لحاظ بهینه‌سازی انرژی نسبت به سیستم‌های سرمایشی دارند؟

## ادیبات موضوع

معماری گذشته ما دارای ریشه‌ای قوی متناسب با فرهنگ و اقلیم مردم هر منطقه است. متأسفانه امروز با وجود تکنولوژی‌های گوناگون هیچ رنگ و بویی از آن مشاهده نمی‌شود (قاسمی اصفهانی، ۱۳۸۳، ۱۵). رابطه معماری بومی و معماری پایدار، به طورکلی امری بدیهی است، اما عدم وجود ساختاری سازمان یافته معماری امروز را دچار چالشی عظیم ساخته است. ترجیح معماران در این است که قواعد سودمند از معماری بومی را در کارهای نو به کار گیرند. دست یافتن به این اصول نیازمند بررسی ساختار یافته رابطه معماری پایدار و بومی است (کرمی و دامیار، ۱۳۹۶، ۳۷). در بناءای سنتی، حیاط مرکزی، نیروی باد و سایر عوامل دیگر در جهت ایجاد آسایش حرارتی عمل می‌کنند. می‌توان شاخص‌ترین شاخصه معماری اقلیم گرم و مرطوب را استفاده از بادگیر دانست. بادگیر در ساختار سنتی برای تهویه هوا به کار گرفته می‌شد. با این حال به نظر می‌رسد که ساخت بادگیر به دلیل فرآگیر شدن سیستم تهویه مطبوع متوقف شده است، اما شکل ساختاری آن هنوز هم به عنوان یک عنصر نمادین در پروژه‌های معاصر Behnejad & etc, 2012, (۱۳۹۰) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶). بادگیرها سیستم خنک‌کننده غیرفعال ساختمانی هستند که از آن‌ها برای تأمین آسایش افراد در مناطق گرم و خشک و گرم و مرطوب استفاده می‌شود. بادگیرها با دریافت هوا تازه فضای داخلی را خنک کرده و گاهی برای خارج کردن هوا گرم استفاده

## پیشینه پژوهش

مهدوی نژاد و جوانرودی (۱۳۹۰) به مقایسه تطبیقی اثر جریان هوا بر دو گونه بادگیر بزدی و کرمانی پرداختند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از دو گونه بادگیر دوطرفه و چهار طرفه، افزایش توان برودتی و کارایی بهینه یکی از مهم‌ترین اصول به کارگیری بوده (ابوسیاع و خدادکرمی، ۱۳۹۰) (تصویر شماره ۱).

مهدوی نژاد و جوانرودی (۱۳۹۰) به مقایسه تطبیقی اثر جریان هوا بر دو گونه بادگیر بزدی و کرمانی پرداختند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از دو گونه بادگیر دوطرفه و چهار طرفه، افزایش توان برودتی و کارایی بهینه یکی از مهم‌ترین اصول به کارگیری بوده

است، به نحوی که در بادگیر یزدی این اصل در طول سال‌ها حاکم است اما در کرمان در تابستان صدق می‌کند. با تحلیل این بادگیرها می‌توان دریافت که از تکنیک‌های گوناگون برای ایجاد کوران و افزایش سرعت باد و درنتیجه تهویه بهتر در این بادگیرها استفاده شده است. گرجی مهلهانی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای، مروری بر سامانه‌های ترکیبی بادگیر با سیستم سرمایش و گرمایش جهت بهبود طراحی و افزایش بهره‌وری انرژی داشتند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که بادگیر یا سامانه‌های ترکیب شده ضمن همراه داشتن مزایا، معایبی نیز به همراه داشتند، از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به ایجاد رطوبت درصالح به دلیل استفاده از آب قطران اشاره کرد. با این حال این سیستم‌ها می‌تواند بازدهی بهتری نسبت به نمونه‌های قبلی داشته باشد. بلوهری و همکاران (۱۳۹۹) با مطالعه بر روی بادگیرهای یزد به آموزه‌هایی از معماری سنتی برای آینده معماری انرژی کارا در کشور پرداخته‌اند. بر اساس این پژوهش معماری سنتی را بسیار ارزشمند تلقی کرده و توجه آن به انرژی‌های اقلیمی در طراحی ساختمان را موردستایش قرار داده است و این آموزه‌ها را راهکاری مناسب برای به کارگیری در معماری معاصر می‌دانند. صادقی و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله‌ای به بررسی عملکرد حرارتی بادگیر در اقلیم گرم و خشک (اصفهان) پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اجرای استراتژی‌های تهویه طبیعی در ساختمان اقلیم گرم و خشک و تأمین آسایش حرارتی ساکنان بدون استفاده از خنک‌کننده مکانیکی امکان‌پذیر است. پتانسیل استراتژی‌های کاهش مصرف انرژی در نمونه موردی از طریق شبیه‌سازی‌های CFD به اثبات رسید. بر اساس نتایج شبیه‌سازی نمونه موردی بادگیر می‌توان دمای هوای داخلی را تا ۹ درجه نسبت به دمای بیرون

کاهش می‌دهد.

واتسون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خود خنکسازی را از مهم‌ترین چالش‌های ساختمان مرکز فناوری اطلاعات می‌دانند. به همین دلیل به بررسی و تحلیل دقیق ساختمان و انواع تهویه‌های موردنیاز آن و مدل‌سازی با نرم‌افزار و بررسی عوامل محیطی در افزایش حرارت محیط و راه حل‌های مقابله با آن می‌پردازنند. متظری و متظری (۲۰۱۸) در این پژوهش به بررسی تهویه طبیعی با استفاده از بادگیر پرداخته شده است و عوامل آثرودینامیکی بادگیر، شرایط جریان، رویکرد و هندسه آن را مورد بررسی قرار داده‌اند. ارزیابی مفصلی بر روی تأثیر دهانه خروجی بر عملکرد بادگیر بر اساس سه عامل میزان جریان هوا، سن هوا و بازده تغییر هوا انجام داده‌اند. این اطلاعات با استفاده از مدل‌سازی دقیق با نرم‌افزار و خروجی CFD بر اساس توپول باد معتبر و مطابق با اقلیم انجام شده است. مک‌گراد<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی تهویه طبیعی ساختمان‌های مسکونی پرداخته‌اند. این پژوهش با مدل‌سازی خانه‌ها و داده‌های اقلیمی دقیق منطقه صورت گرفته است. ویدرا<sup>۳</sup> (۲۰۲۱) در پژوهش خود به بررسی چالش‌ها و فرسته‌های اقلیمی در غرب صحrai آفریقا و به بررسی شرایط آسایش حرارتی در ۶ گونه از خانه‌های این منطقه پرداخته است. سطح عملکرد و راحتی کاربر در این خانه‌ها به‌طور قابل توجهی بالا بوده و از این جهت به مطالعه و مدل‌سازی این خانه‌ها پرداخته و راه حل‌های متفاوت رویارویی را با دمای محیط را مورد بررسی قرار داده است.

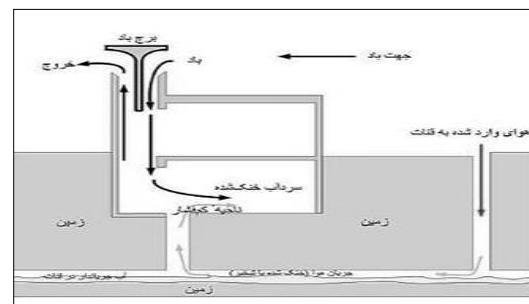
تمامی این پژوهش‌ها به صورت مشخص و موردی بر روی بادگیرهای منطقه گرم و خشک کار شده و نمونه کارشده در این پژوهش در نوع خود نوآوری جدید است.

## روش تحقیق

روش این پژوهش ترکیبی است، زیرا ماهیتی میان رشته‌ای دارد. روش تحقیق توصیفی - تحلیلی است و به صورت کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این پژوهش برای گردآوری داده‌های از روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. بدین صورت که بخشی از داده‌ها با استناد معتبر کتابخانه‌ای شامل مقالات، کتب و پایان‌نامه‌های معتبر جمع‌آوری گردیده، سپس نمونه موردی انتخاب و به روش میدانی برداشت و نقشه‌های مربوط به آن ترسیم شده است. روش برداشت اطلاعات با متر لیزری و به صورت دقیق صورت گرفته است و این خانه از خانه‌های ثبت‌شده میراث فرهنگی انتخاب شده و دارای ارزش تاریخی - معماری است. صفات متغیرهای تحقیق بررسی و توصیف شده و نمونه موردی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. متغیرهای وابسته به اقلیم و محیط توسط داده‌های هواشناسی گرفته شده و وارد نرم‌افزار شده، سپس خانه مدنظر مدل‌سازی شده است. روند تحلیل و مدل‌سازی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر صورت گرفته و خروجی آن مورد تحلیل قرار گرفته است. با بررسی دقیق و شیوه‌سازی رایانه‌ای به‌وضوح می‌توان دریافت که سیستم تهویه سنتی ما همچون بادگیرها نکات قابل توجهی و رازهای نامکشوفی دارد که پژوهش‌های بیشتری را در این زمینه می‌طلبد.



ت.۲. قرارگیری بندر پهل در شمال جزیره قشم (منبع: [googlemap.com](http://googlemap.com))



ت.۱. بادگیر منطقه گرم و مرطوب

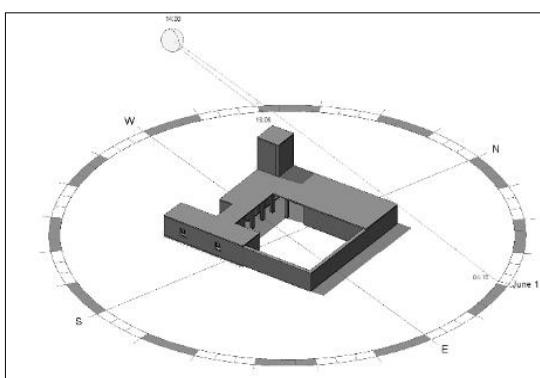


ت.۳. قرارگیری خانه مغاليشاه در بافت تاریخی بندر پهلو

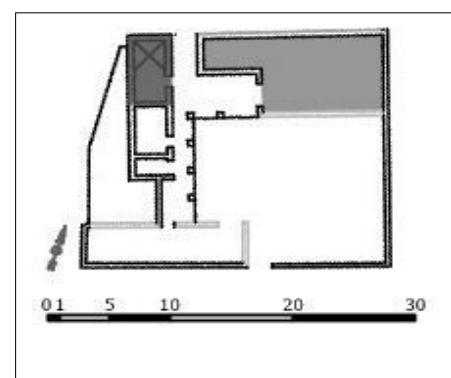
## یافته‌ها

اطلاعاتی، دسترسی به بنا و برداشت، قرارگیری در اقلیم مدنظر (گرم و مرطوب) و وجود بادگیر در خانه اشاره کرد. خانه مغاليشاه مریع شکل است. اتاق‌ها در سمت شمال و غرب حیاط قرار گرفته‌اند، همچنین در دو سمت ایوان وجود دارد. مساحت کل خانه ۴۵۶ مترمربع و مساحت حیاط ۱۹۷ مترمربع است. اتاق بادگیر در شمال غربی حیاط واقع شده است (تصاویر شماره ۴ و ۵).

مطالعه نمونه موردی به عنوان ابزاری برای دستیابی به اهداف و همچنین روش کار می‌تواند به محقق کمک کند. بنابراین انتخاب مطالعات موردی از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند موفقیت هر پژوهه تحقیقاتی را تحت تأثیر قرار دهد. از عوامل مهمی که در انتخاب این نمونه تأثیرگذار بود می‌توان به دسترسی به منابع



ت.۵. مدل‌سازی خانه مغاليشاه



ت.۴. پلان خانه مغاليشاه

است که جایگاه ورود و خروج هوا را موردنرسی قرار می‌دهد. CFD خارجی دو آیتم کانتور سرعت<sup>۴</sup> و فشار<sup>۵</sup> را مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. هر جا سرعت هوا صفر و فشار هوا مثبت باشد، مناسب برای بازشوند ورودی هوا و هر جا سرعت هوا زیاد و فشار منفی باشد، مناسب برای خروج و تخلیه هوا است که باید بازشوند خروجی تعییه شود.

با مشاهده خروجی سرعت هوا در خانه مغالیشاه و تحلیل تصاویر، می‌توان بیان نمود که جبهه جنوب شرقی بادگیر دارای کمترین میزان سرعت هوا نزدیک به صفر و بیشترین میزان مربوط به جبهه شمال شرقی و جنوب غربی بادگیر است. بیشترین فشار مربوط به شمال غربی و کمترین آن مربوط به شمال شرقی و جنوب غربی بادگیر است. با بررسی نمودارهای زیر می‌توان مشاهده کرد که جبهه جنوب شرقی به دلیل صفر بودن سرعت و فشار متوسط محل مناسی برای ورود هوا و پس از آن جبهه شمال غربی با فشار بالا وسعت متوسط نقطه بعدی برای ورود است و نقاط شمال شرقی و جنوب غربی را می‌توان برای خروج هوا مناسب دانست؛ بنابراین دو جبهه روبروی هم در این بادگیر عملکردی مشابه دارند و دو جبهه (جنوب شرقی و شمال غربی) عمل مکش هوا و دو جبهه (شمال شرقی و جنوب غربی) عمل دمش را انجام می‌دهد (جدول شماره ۱).

CFD داخلی در دو قسمت بادگیر و اتاق بادگیر موردنرسی قرار می‌گیرد. کانتور سرعت<sup>۶</sup> هوا در خود بادگیر رو به صفر است و در نقاط قسمت میانی بادگیر زیاد می‌شود. کانتور فشار<sup>۷</sup> در بدنه بادگیر متوسط رو به بالا است و با مشاهده بالا بودن فشار و صفر بودن سرعت هوا می‌توان بادگیر را محل مناسبی برای ورود هوا در نظر گرفت و بادگیر را از اصلی‌ترین فضاهای ورودی هوا معرفی کرد.

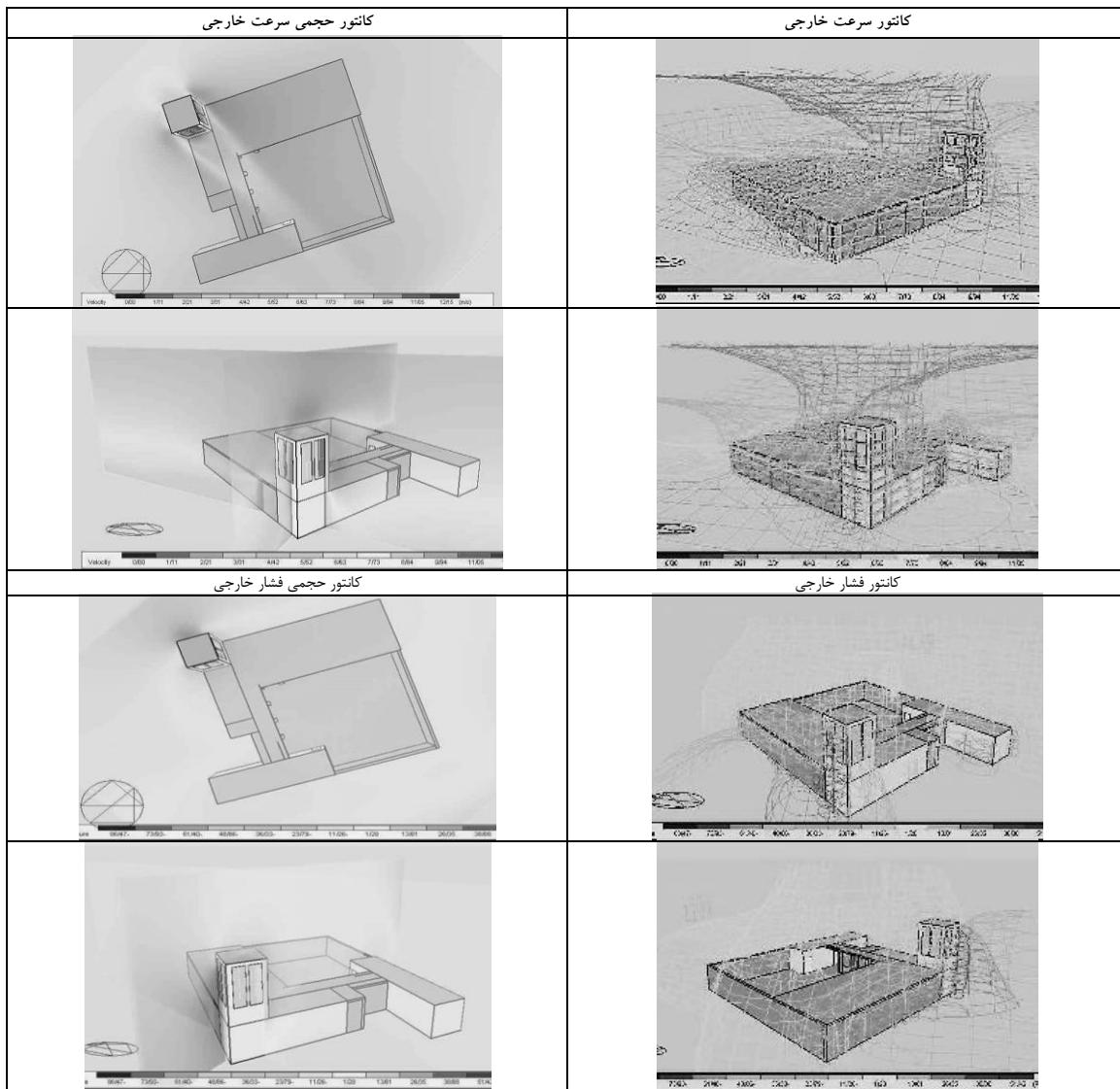
بادگیر در شمال غربی خانه قرار گرفته است. این بادگیر در عرض جغرافیایی  $37^{\circ}48'47''$  و طول جغرافیایی آن  $29^{\circ}87'46''$  قرار دارد. طول پلان بادگیر  $272\text{ m}$  و عرض آن  $26\text{ m}$  است. این بادگیر چهار طرفه و در هر سمت دارای دو دهانه است. مساحت بادگیر  $707\text{ m}^2$  و مساحت اتاق بادگیر به بادگیر  $4\text{ m}^2$  است. ارتفاع بادگیر از سطح زمین  $4/8\text{ m}$  و قفسه بادگیر  $3/27\text{ m}$  است. ساقه بادگیر  $1/74\text{ m}$  و جرز دیواره آن  $52/0\text{ m}$  است.

### شبیه‌سازی بادگیر و اتاق بادگیر

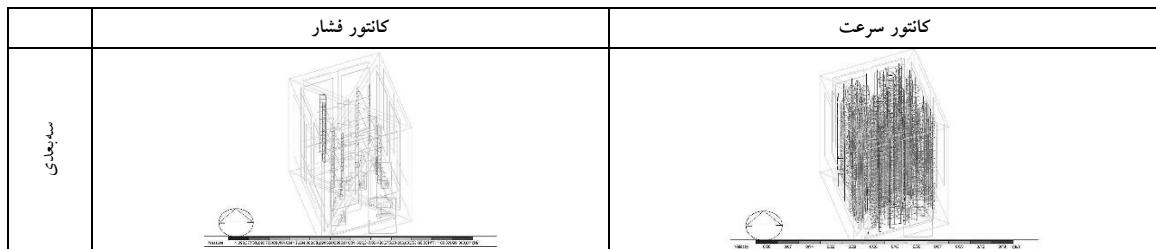
روستا دارای اقلیم گرم و مرطوب است. باتوجه به برخی ارتفاعات و وجود نواحی جلگه‌ای بارندگی در این نواحی کم اما با شدت زیاد و رگباری است. از مهم‌ترین ویژگی‌های آب و هوایی برخورداری از زمستان با نوعی هوای مطلوب و دارای هوای اکثراً گرم در بقیه سال است.

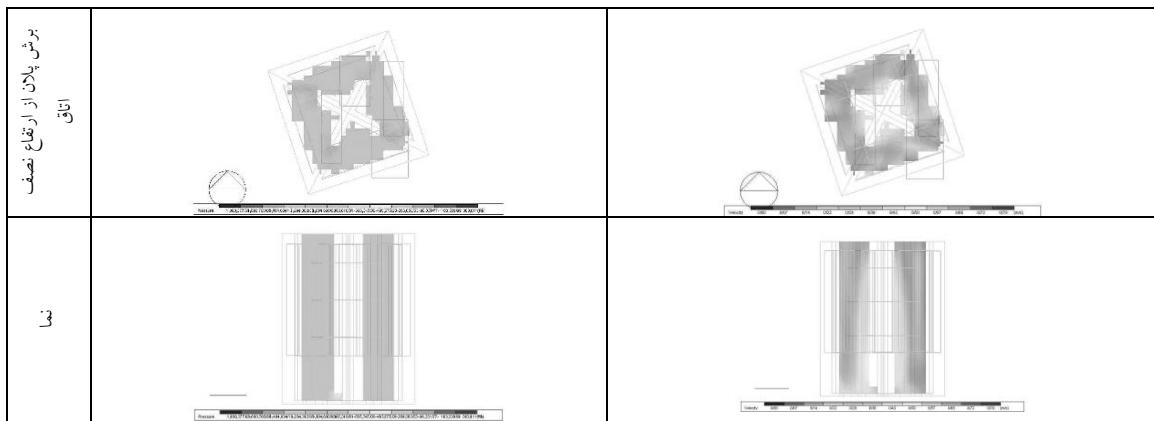
در ابتدا اطلاعات اولیه به نرمافزار وارد شده است. این اطلاعات شامل فعالیت ساکنان است که از ۷ صبح تا ۱۲ شب در نظر گرفته شده است. همچنین نوع تصرف را مسکونی و استفاده را برای انسان در نظر گرفته و حضور زن، مرد و بچه در خانه تعیین می‌شود. سپس اطلاعات مربوط به مصالح ساخت وارد شده که در هدایت حرارتی تأثیر مستقیم دارد. پنجره‌ها و روزنه‌ها را جاگذاری و خانه به طور کامل مدل شده و اطلاعات دقیق مربوط به ورزش باد، تهویه، دمای محیط، رطوبت هوا و سایر عوامل اقلیمی نیز به نرمافزار داده شده. سپس خروجی‌های نرمافزار اطلاعاتی در زمینه CFD گرفته شده که شامل دو خروجی داخلی و خارجی است. هر کدام از این آیتم‌ها، خروجی‌های مربوط به خود را داشته و پارامترهایی را موردنرسی قرار می‌دهند که مهم‌ترین آن‌ها پارامتر سرعت و فشار هوا

### ج.۱. کانتور خارجی سرعت و فشار در خانه مغالیشا



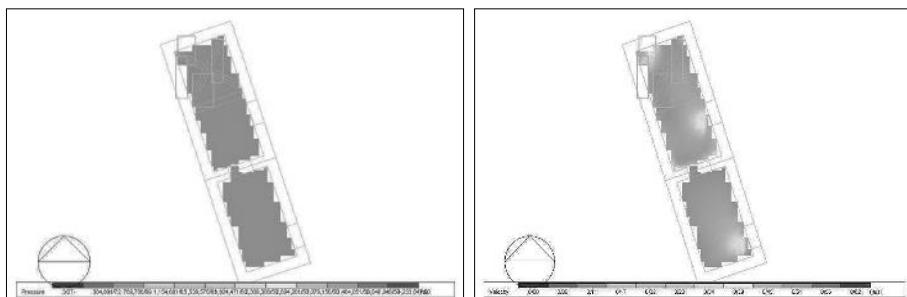
### ج.۲. آیتم‌های کانتور داخلی بدنه بادگیر خانه مغالیشا





کانتور فشار<sup>۹</sup> در تمام اتاق‌ها به صورت یکسان و مایل به صفر است. با توجه به بالا رفتن کانتور سرعت در نقاط روزنه‌ها و پایین بودن کانتور فشار این روزنه‌ها را می‌توان نقاط اصلی خروج هوا در اتاق‌ها در نظر گرفت. علاوه بر ورودی سمت شرق اتاق روزنه شمال غربی آن نیز محلی برای خروج هوا است (تصویر شماره ۷).

کانتور داخلي اتاق بادگير نيز قابل توجه است؛ زيرا بادگير برای هدایت باد به اين فضا ساخته مي شود. سرعت هوا<sup>۱۰</sup> در اتاق بادگير نزديك به صفر است و در جاهایی که روزنه وجود دارد مقدار آن بيشتر مي شود. در نمودار زير کانتور سرعت هوا در اتاق بادگير و اتاق مجاور آن قابل بررسی است (تصویر شماره ۶)



ت.۷. کانتور فشار

۰/۸۱ بیشتر از اتاق مجاور آن است و نقش بادگير در این اتاق در ایجاد آسایش حرارتی کاملاً مشهود است. همان‌طور که در نمودار مشخص است میزان آسایش حرارتی افراد در نزدیکی روزنه‌های خروج هوا کاهش یافته است (تصویر شماره ۹).

دمايی<sup>۱۱</sup> که بدن احساس می‌کند<sup>۱۲</sup> در اتاق بادگير حدود ۲۱ درجه سانتي گراد و در اتاق مجاور بادگير ۲۵ درجه سانتي گراد است. دماي اتاق بادگير در مقایسه با اتاق مجاور آن ۴ درجه خنک‌تر بوده و در مقابل دماي

ت.۶. کانتور سرعت

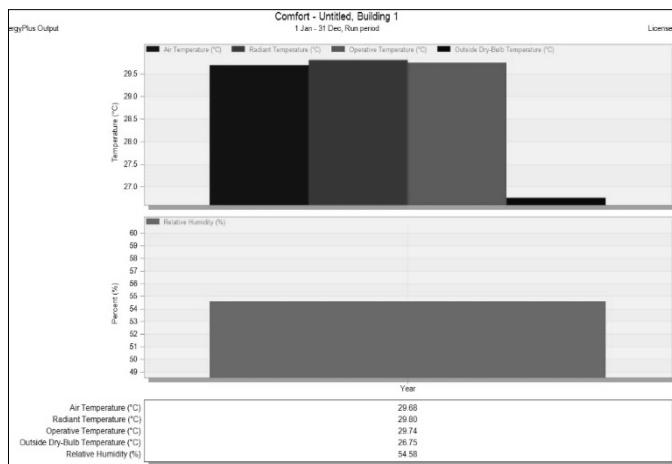
بخش آسایش حرارتی: شامل دمای هوا، درجه حرارت تابشي، ميانگين دمای هوا و تابش، دمای خشك و رطوبت نسبی به تفکيك ماههای سال است (تصویر شماره ۸).

آسایش حرارتی افراد<sup>۱۰</sup> به طور نسبی در تمام اتاق متوسط رو به بالا و در اتاق کنار بادگير بسيار كمتر است. شاخص آسایش حرارتی افراد در اتاق بادگير ۰/۵۳ و در اتاق مجاور ۱/۳۴ است. اين شاخص نشان‌دهنده اين است که آسایش حرارتی در اتاق بادگير

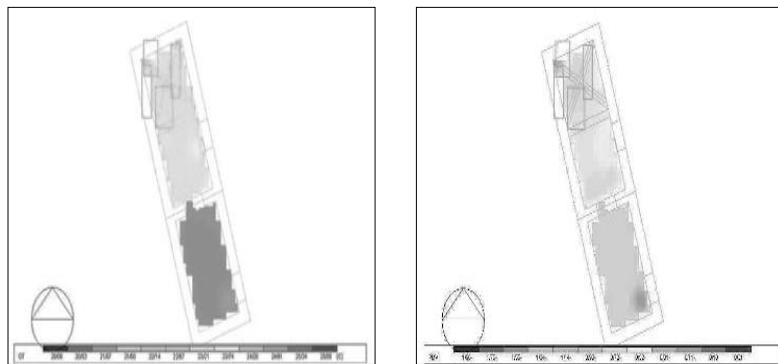
فضای بیرون ۹ درجه خنک‌تر است که این موضوع اهمیت سایه‌اندازی و همچنین کوران‌ها در این اقلیم را بیان می‌کند (تصویر شماره ۱۰).

سن‌ها<sup>۱۳</sup> بر اساس اشری ۵۵ در اتاق بادگیر نزدیک

به صفر است. به دلیل کوران مکرر‌ها در این اتاق اکثرآ هوای تازه وجود دارد و سن اتاق مجاور بادگیر در بیشترین حالت ممکن است که این تفاوت را به خوبی نشان می‌دهد (تصویر شماره ۱۱).



ت ۸. نمودار آسایش حرارتی



#### ت ۱۰. دمایی که بدن احساس می‌کند

موجود و بهره‌مندی از منابع تجدیدپذیر می‌توانند به طور چشمگیری به کاهش میزان مصرف انرژی کمک کنند. با بررسی و مشاهده معماری سنتی مشاهده می‌شود که این معماری علاوه بر احترام به طبیعت، راهکارهایی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به کار گرفته است. امروزه طراحان به تقلید ظاهری از اسلوب معماری سنتی اکتفا کرده‌اند که راهگشاشی برای این مسئله نبوده است. با مطالعه اقلیم گرم و مرطوب می‌توان مهم‌ترین

#### ت ۹. شاخص آسایش حرارتی افراد

CFD‌های دریافتی نشان می‌دهد برای ورود هوا به اتاق بادگیر، در هیچ اتاقی کوران‌ها به این خوبی صورت نمی‌پذیرد. همچنین آسایش حرارتی اتاق بادگیر نسبت به اتاق مجاور به طور قابل توجهی افزایش یافته و دمای اتاق کاهش یافته است که این خود نشانگر تأثیر مستقیم بادگیر بر آسایش حرارتی اتاق بادگیر است.

#### نتیجه

معماران در طراحی ساختمان با استفاده از پتانسیل‌های

8. contours velocity
9. contours pressure
10. contours PMV
11. کلیه اطلاعات مربوط به داده‌های آب و هوا، از جمله دمای هوای بیرون در فصل تابستان از فایل epw توسط نرم‌افزار متونورم استخراج شده است.
12. contours operative temperature
13. contours age of air

## فهرست منابع

- ابوسیاع، محمد رضا؛ خداکرمی، جمال. (۱۳۹۰)، بررسی فیزیک بادگیر سنتی و معایب آن‌ها با رویکرد بهینه‌سازی عملکرد، اولین کنفرانس رویکردهای نوین در نگهداری انرژی در سال ۱۳۹۰.
- بلوه‌هایی، ساقی؛ واریو باربراء، لوچو؛ اعتصام، ایرج. (۱۳۹۹)، آموزه‌هایی از معماری سنتی برای آینده معماری انرژی کارا در کشور؛ مطالعه موردی: شهر یزد، فصلنامه علمی پژوهشی نقش جهان، دوره ۱۰، شماره ۹۳-۲۸۶.
- صادقی، نگار؛ گرجی مهلبانی، یوسف؛ نظیف، حمید رضا. (۱۴۰۰)، بررسی عددی عملکرد حرارتی بادگیر در ایجاد تهویه طبیعی در اقلیم گرم و خشک، فصلنامه علمی انرژی‌های تجدید پذیر و نو، سال هشتم، شماره اول.
- قاسمی اصفهانی، مروارید. (۱۳۸۳)، اهل کجا هستیم: هویت بخشی به بافت‌های مسکونی، تهران، انتشارات تهران.
- کرمی، غلامرضا؛ دامیار، سجاد. (۱۳۹۶)، رویکردی نو به معماری بومی در رابطه ساختاری آن با معماری پایدار، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، دوره ۲۲، ۴۰-۲۹.
- گرجی مهلبانی، یوسف؛ یعقوبی مقدم، مریم؛ حکیم آذری، محمد؛ ترابی، فرشاد. (۱۳۹۹)، مروی بر سیستم‌های ترکیبی بادگیر با سیستم‌های سرمایش و گرمایش جهت بهبود طراحی و افزایش بهره‌وری انرژی، مجله علمی مهندسی مکانیک، شماره ۱۳۳، ۵۳-۴۳.
- ملت‌پرست، محمد. (۱۳۸۸)، معماری پایدار، در شهرهای کویری ایران، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۲، ۱۲۸-۱۲۱.
- مهدوی نژاد، محمدمجود، جوانرودی، کاوان. (۱۳۹۰)، مقایسه تطبیقی اثر جریان هوای دو گونه بادگیر بزدی و کرمانی، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، شماره ۴۸، ۷۹-۶۹.

عامل در ایجاد آسایش حرارتی در این منطقه را تهويه طبیعی قلمداد کرد. لذا نتایج حاصل از این پژوهش برای دستیابی به تجارب معماران سنتی این اقلیم نشان می‌دهد که استراتژی استفاده از بادگیر در این اقلیم به طور قابل توجهی در بالا رفتن آسایش حرارتی تأثیر داشته است. این استراتژی‌ها موجب کاهش مصرف انرژی گشته و از طریق مدل‌سازی به اثبات رسیده است. با توجه به بهره‌گیری از جهت وزش باد دریا به خشکی و بر عکس، با بررسی کانتور هوای فشار، دو جبهه روبه‌روی هم در این بادگیر عملکردی مشابه دارند و دو جبهه (جنوب شرقی و شمال غربی) عمل مکش هوای دو جبهه (شمال شرقی و جنوب غربی) عمل دمش را انجام می‌دهد. کانتور داخلی اتاق بادگیر نیز قابل توجه است؛ زیرا بادگیر برای هدایت باد به این فضا ساخته می‌شود. با توجه به بالا بودن کانتور سرعت در نقاط روزنه‌ها و پایین بودن کانتور فشار این روزنه‌ها را می‌توان نقاط اصلی خروج هوای در اتاق‌ها در نظر گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، آسایش حرارتی در اتاق بادگیر بیشتر از اتاق مجاور آن است و نقش بادگیر در این اتاق در ایجاد آسایش حرارتی کاملاً مشهود است. دمای اتاق بادگیر در مقایسه با اتاق مجاور آن درجه خنک‌تر بوده که این موضوع اهمیت سایه‌اندازی و همچنین کوران هوای در این اقلیم را بیان می‌کند. به دلیل کوران مکرر هوای در این اتاق اکثرًا هوای تازه وجود دارد و سن اتاق بادگیر بسیار پایین است و همواره از هوای تازه برخوردار است.

## پی‌نوشت

1. Watson
2. McGrath
3. Widera
4. contours velocity
5. contours pressure
6. contours velocity
7. contours pressure

- وزارت نیرو. (۱۳۹۸)، ترازname انرژی سال ۱۳۹۸، معاونت امور برق و انرژی.

- Behnejad, S. A. Mottaghi Rad, A. R. M. I. N. & Jamili, H. (2012). Traditional Components of Iranian Vernacular Architecture in Contemporary Projects. *The Journal of the International Society for Interdisciplinary Study of Symmetry (ISIS-Symmetry)*, (1-2), 24-29.
- Diba D.(1999). Inspired by the impressions of the fundamental concepts of Iranian architecture. *Archit Cult*;1(1):1-62.
- Hejazi, M. & Hejazi, B. (2012), Cooling performance of Persian wind towers. In Proceedings of the 4th International
- McGrath, James A. Aghamolaei, Reihaneh, Donnell, James O, Byrne, Miriam A. (2021), Factors influencing radon concentration during energy retrofitting in domestic buildings: A computational evaluation, *Building and Environment* 194,1-9, Contents lists available at ScienceDirect.
- Montazeri, F, Montazeri, H, (2018), CFD simulation of cross-ventilation in buildings using rooftop windcatchers: Impact of outlet openings, Contents lists available at ScienceDirect, *Renewable Energy* 118, Contents lists available at ScienceDirect.
- Watson, Bryony, Kumar Venkiteswaran, Vinod, (2017), Universal Cooling of Data Centres: A CFD Analysis, 9th International Conference on Applied Energy, ICAE2017, 21-24 August 2017, Cardiff, UK.
- Widera, B. (2021), Comparative analysis of user comfort and thermal performance of six types of vernacular dwellings as the first step towards climate resilient, sustainable and bioclimatic architecture in western sub-Saharan Africa, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 140, Contents lists available at ScienceDirect.
- Yarshater, E. (1989). Persia or Iran. *Iranian Studies*, 22

DOI: [10.22034/41.180.31](https://doi.org/10.22034/41.180.31)