

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:  
The role of the effective parameters of Tareh in improving natural ventilation in the courtyard houses of Bushehr in the historical context  
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

مقاله پژوهشی

## نقش پارامترهای مؤثر طارمه در بهبود تهویه طبیعی در خانه‌های حیاط مرکزی بافت تاریخی بوشهر\*

ندا قهرمان ایزدی<sup>۱</sup>، ملیحه تقی‌پور<sup>۲\*</sup>، حمید اسکندری<sup>۳</sup>، خسرو موحد<sup>۴</sup>

۱. پژوهشگر دکتری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

۲. دانشیار معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

۳. استادیار معماری، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۴. دانشیار معماری، گروه معماری و شهرسازی پایدار، دانشگاه کلمبیا، واشینگتن، آمریکا.

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۳

### چکیده

**بیان مسئله:** بوشهر در کرانه شمالی خلیج فارس یکی از بحرانی‌ترین اقلیم‌های گرم‌مرطوب ایران است. همواره، تهویه طبیعی یکی از روش‌های متداول تأمین آسایش حرارتی ساکنان بوده است. معماری بافت تاریخی بوشهر به دلیل درون‌گرایی و برون‌گرایی توأمان و بهره‌گیری از انواع فضاهای نیمه‌باز درونی و بیرونی نمونه‌های شاخص در معماری ایران است. یکی از فضاهای نیمه‌باز مؤثر در تهویه طبیعی، طارمه است. این پژوهش در صدد است با مبنای قرار دادن طارمه و پارامترهای آن به بررسی تهویه، در فضای مسکونی بوشهر بپردازد.

**هدف پژوهش:** این پژوهش با هدف بررسی تهویه طبیعی ناشی از پتانسیل‌های طارمه صورت گرفته است.

**روش پژوهش:** به منظور تحقق اهداف پژوهش با روش تحقیق ترکیبی، ابتدا با استفاده از بررسی میدانی، مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی اسناد و مدارک بناهای تاریخی، داده‌های ۲۹ بنای طارمه‌دار که واجد ارزش تاریخی و ثبت در میراث فرهنگی بوشهر هستند را جمع‌آوری کرده است. در ادامه، با استفاده از راهبردی تجربی، متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر کیفیت تهویه طبیعی شناسایی و متغیرهای وابسته توسط دستگاه‌های دقیق دیجیتال در یک نمونه موردی (عمارت دهدشتی) اندازه‌گیری و سپس داده‌های آن برای اعتبارسنجی نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفته است. پس از اعتبارسنجی نرم‌افزار، شبیه‌سازی مدل‌ها در نرم‌افزار cfd Autodesk 2018 و با تکیه بر روش ICFD صورت گرفته است. سنجش شبیه‌سازی مدل‌های طارمه به صورت درونی، میانی و بیرونی برای مؤلفه‌های سرعت جریان و عمر هوا و نیز کلیات گردش باد، با لحاظ کردن اجزای پایه‌ای معماری شامل: ابعاد و اندازه (طول، عمق)، تأثیر اتاق و باز شو (باز شو و بدون باز شو)، مکان باز شو اتاق، تعداد و فاصله بین ستون‌ها و فرم قرارگیری آن‌ها در بنا (خطی I-شکل، U-شکل و ۴ طرفه)، انجام شده است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان می‌دهد، «طارمه درونی» به فرم خطی در حالتی که جزئی از مساحت حیاط است، بیشترین طارمه ۴ طرفه، کمترین سرعت جریان هوا در حیاط و فضای نیمه‌باز را دارد. اهمیت و تأثیر تغییرات توده به مراتب بیش از سایر مؤلفه‌ها است. گردش باد در محدوده میانی کمتر و به سمت جداره‌ها بیشتر می‌شود. و طارمه درونی U-شکل بیشترین سرعت را در اتاق ایجاد کرده است. با کاهش تعداد ستون‌ها و افزایش ابعاد ستون‌ها در طارمه، سرعت جریان هوا در فضای طارمه کاسته می‌شود. با افزایش ارتفاع از طبقه همکف به اول و دوم در تمامی حالت‌ها سرعت جریان هوا در طارمه بیشتر می‌شود. در «طارمه میانی» عمق مهم‌ترین عنصر کالبدی مؤثر بر تهویه است و افزایش عرض طارمه سرعت جریان هوا تا حدودی کاهش می‌یابد. افزودن «طارمه‌های بیرونی» باعث بهبود قابل توجه در کیفیت هوای فضای نیمه‌باز بیرونی شده است. از منظر عمق، عمق متناسب برای طارمه ۳/۵ و فرم I-شکل بهینه‌ترین تهویه را از بابت سرعت جریان و کمترین عمر هوا و فرم خطی بدترین تهویه شامل کمترین سرعت جریان و بیشترین عمر هوا را دارد.

**واژگان کلیدی:** بوشهر، تهویه طبیعی، طارمه، روش CFD.

\*این مقاله برگرفته از رساله دکتری «معماری» با عنوان «بهبود بهره‌وری تهویه طبیعی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم گرم‌مرطوب با اولویت‌بخشی به پارامترهای مؤثر فضاهای نیمه‌باز (نمونه موردی: شهر بوشهر)» است که به راهنمایی دکتر «ملیحه تقی‌پور» و مشاوره دکتر «حمید اسکندری» و دکتر «خسرو موحد» در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز در حال انجام است.  
\* نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۳۱۴۶۳۷۹، Malihe.Taghipour@iau.ac.ir

## مقدمه و بیان مسئله

تهویه طبیعی در مناطق گرم و مرطوب از مهم‌ترین عوامل ایجاد آسایش حرارتی است (هدایت و ضیایی، ۱۳۹۱). کیفیت این تهویه در فضاهای داخلی خانه‌های حیاط‌مرکزی بافت تاریخی بوشهر، مسئله‌ای بوده که علاوه بر شرایط جوی و اقلیمی به فرم بنا و هندسه اجزای معماری آن نیز بستگی داشت. به همین دلیل، فرم متداول بناهای تاریخی این شهر اغلب کشیده، کم‌عرض، با پلان‌هایی گسترده و باز و استفاده از فضاهای نیمه‌باز همچون طارمه، برای ایجاد کوران بیشتر و استفاده حداکثری از نسیم دریا و بادهای غالب بوده است. در بوشهر رطوبت نسبی هوا حداقل ۳۵ تا ۵۵ درصد و حداکثر ۷۰ تا ۸۵ درصد و مشکل اصلی، گرمای توام با رطوبت زیاد است (شاهی و تکاپومنش، ۱۳۸۵). از همین روست که، طارمه با قابلیت‌های خود در ورود جریان هوای بیرون به درون ساختمان و نیز توزیع باد در فضاهای داخلی نقشی اساسی در این فرایند ایفا کرده است. همچنین، معماری بوشهر به گونه‌ای شکل گرفته است که جریان هوا به بهترین شکل صورت بگیرد و گویی تمام بافت بوشهر در خدمت باد است تا جایی که برای دستیابی به این هدف در جبهه‌های غربی و شمالی ارتفاع ساختمان‌ها کمتر است تا زمینه ورود جریان باد به درون بافت فراهم شود (انصاری، ۱۳۹۳). وجود طارمه‌ها و ایوان‌های وسیع در به داخل کشاندن باد مطلوب و ایجاد تهویه داخلی سهم مؤثری دارد (کریمی، ۱۳۹۱). از این رو در پژوهش حاضر، هدف اصلی، بهبود تهویه فضای داخلی با توجه به فضاهای نیمه‌باز (طارمه) بوده است. با قرارگیری فضاهای نیمه‌باز در کنار فضاهای بسته و نفوذپذیری بیشتر نمای ساختمان‌ها از راکد ماندن دما جلوگیری خواهد شد. بنابراین تردد هوا، ایجاد سایه و جذب حداقلی دما حاصل چنین راهبردی خواهد بود. فرم و تناسب کالبدی عناصر اقلیمی پاسخگو همچون ایوان‌ها و واکنش آن‌ها به شرایط آب‌وهوایی محیط پیرامون مهم‌ترین ساختار تشکیل‌دهنده این پژوهش بوده است. بر این اساس شناخت عملکرد حرارتی عناصر اقلیمی بوم‌گرا و تأثیرگذاری آن‌ها در بهبود تهویه از اهمیت و ضرورت پژوهش بوده است. این نوشتار مؤلفه‌های تأثیرگذار طارمه و نقش آن‌ها در بهبود تهویه طبیعی را مورد بررسی قرار می‌دهد. با هدف تحلیل بهینه‌ترین حالت بهره‌مندی از وزش باد جهت تهویه طبیعی در فضاهای نیمه‌باز، متداول‌ترین شاخصه‌های معماری خانه‌های حیاط‌مرکزی بافت تاریخی بوشهر از لحاظ فرم اتاق، فرم حیاط، فرم فضای نیمه‌باز، نوع بازشوهای ورودی و خروجی اتاق، عمق فضای نیمه‌باز، تعداد و ابعاد ستون‌های طارمه و نیز ترازهای ارتفاعی، دسته‌بندی و در مرحله شبیه‌سازی مدل‌ها اعمال شده است. چنین پژوهش‌هایی

پیش‌زمینه تدوین الگوهایی جهت ارائه تهویه بهینه در ساختمان‌ها خواهد بود. لذا شناخت مؤلفه‌های کالبدی فضاهای نیمه‌باز (طارمه) و مؤثر بر تهویه طبیعی از نتایج بدیع این تحقیق بوده است. در این پژوهش داده‌های آب و هوایی در خانه انتخابی از طریق روش تحقیق کمی مبتنی بر آزمون میدانی به همراه دستگاه‌های بادسنج، دماسنج و رطوبت‌سنج مورد برداشت قرار گرفته است و اعتبارسنجی برای اطمینان از صحت خروجی‌های نرم‌افزار صورت گرفت و سپس با یاری گرفتن از روش CFD با استفاده از نرم‌افزار Cfd Autodesk داده‌های میدانی وارد و مدل‌ها شبیه‌سازی و ارزیابی شدند که در نهایت نتایج مستخرج از تحقیق در جداول و نمودارها ارائه شده است.

## پیشینه تحقیق

پژوهش‌هایی که به مقوله تهویه طبیعی در بافت‌های تاریخی می‌پردازند در سال‌های اخیر افزایش یافته است. در زمینه موضوعات، مسائل و کاربردهای جریان‌های باد و هوا پژوهش‌های متعددی انجام شده است. ولیکن، پژوهش‌هایی که با استفاده از شبیه‌سازی CFD انجام شده‌اند، بیشتر به واسطه پیشرفت نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای رایانه‌ای طی دهه اخیر، توسعه یافته‌اند. الهینی و همکاران (Al-Hinai, Batty & Probert, 1993) در بررسی معماری بومی عمان نشان می‌دهند که فرم‌های ساختمانی اتخاذ شده در مناطق مختلف به طور خاص به تأمین آسایش حرارتی مربوط می‌شود. اویکونومو (Oikonomou, 2005) در ساختمان‌های سنتی فلورینا، در فصول تابستان و زمستان از طریق شبیه‌سازی به مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده تحت خروجی نرم‌افزار کامپیوتری می‌پردازد. به این ترتیب درک کاملی از رفتار حرارتی و بررسی دما در خانه‌های سنتی در شهر فلورینا حاصل می‌شود. آنکاریکانادا (Antarikananda, Douvrou & McCartney, 2006) با استفاده از نرم‌افزار عملکرد حرارتی انواع ساختمان‌های سنتی و معاصر در تایلند با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی و بر اساس مجموعه‌ای از معیارهای عملکرد حرارتی مؤلفه شکل ساختمان و مصالح مورد بررسی قرار داده است. ریو و همکاران (Ryu, Kim & Lee, 2009) ایجاد جریان هوای سرد در ساختمان‌های سنتی کره در اقلیم گرم و مرطوب، در فضای نیمه‌باز Daechung برای تفسیر اثرات ویژگی‌های باد بر آسایش حرارتی را بررسی کرده‌اند. رملی (Ramli, 2012) به بررسی عناصر طراحی آسایش با تمرکز بر فاکتورهایی مانند جهت‌گیری ساختمان، فضای چیدمان داخلی، تهویه و روشنایی طبیعی، طرح‌های پنجره‌ها و اثر پشته بر روی طراحی پرداخته است. کریستیانو و همکاران (Kristianto, Utama & Fathoni, 2014) شرایط آسایش

عملکرد تهویه طبیعی اندازه‌گیری شدند. محمدی و همکاران (Mohammadi, Saghafi, Tahbaz & Nasrollahid, 2017) با قراردادن فضاهاى نیمه‌باز و تولید سایه و ایجاد تهویه متقاطع از طریق اجرای دهانه‌های مناسب از نظر ابعاد و تعداد، آسایش حرارتی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار DesignBuilder را مورد پژوهش قرار داده‌اند. کی‌سنا و همکاران (Cuce, Sherc, Sadiq, Cuce & Besir, 2019) اثرات طراحی معماری را بر تهویه غیرفعال مانند جهت، عمق اتاق، دهلیز و دودکش خورشیدی در ساختمان‌های مدارس ارزیابی می‌کند و بر عوامل بالقوه مؤثر بر آسایش در ساختمان مدرسه به عنوان رطوبت نسبی، دما، سرعت جریان هوا، نویز، بو، هوای تازه و CO<sub>2</sub> تأکید دارند. وای تاک (Wai Tuck, 2021) تز دکتری خود را بر روی ساختمان‌های مسکونی تراس‌دار در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب با هدف ارزیابی عملکرد انواع ساختمان‌ها و فرم‌های ساختمانی بر روی شرایط حرارتی (دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت هوا) انجام داده است. کومار و همکاران (Kumar, Kubota, Bardhan & Tominaga, 2020) با استفاده دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) با کمک آزمایش تونل باد به مطالعه اثر تهویه فضاهاى خالی با اندازه‌های مختلف، بادگیر و اندازه پنجره پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که ایجاد فضای خالی می‌تواند تهویه طبیعی را در واحدهای بادگیر ساختمان افزایش دهد. کوچکترین اندازه فضای خالی بیشترین سرعت باد را نشان داد. تهیه بادگیر و پنجره با اندازه بزرگتر باعث افزایش تهویه طبیعی در واحدهای بادگیر ساختمان شد. شو و همکاران (Xu, Li & Tang, 2022) با استفاده از شبیه‌سازی برای بهبود محیط حرارتی داخلی آتریوم‌های بزرگ نیمه‌بسته در مناطق گرم و مرطوب فاکتورهایی مانند انتقال و جذب سقف، مساحت دهانه‌های بالا، نسبت ابعاد مقطع و نسبت سطح بالا به پایین دهلیز، با شبیه‌سازی و اندازه‌گیری دما تحلیل شدند. جدول ۱ مؤلفه‌های مستخرج از پژوهش‌های گذشته را به طور خلاصه نمایش می‌دهد. برابر مطالعات انجام‌شده در پیشینه تحقیق با توجه به جدید بودن مباحث مربوط به تهویه طبیعی و روش CFD هنوز پژوهشی با این عنوان که تأثیر ریز مؤلفه‌های طارمه را بر بهبود تهویه داخلی در اقلیم‌های گرم و مرطوب مورد بررسی قرار دهد، صورت نگرفته است؛ بنابراین تکراری نبودن موضوع و برخورداری از نگاهی نو به فضای نیمه‌باز، به ویژه جزئیات و فرم طارمه و بهبود تهویه طبیعی ضرورت بررسی حاضر را موجه می‌سازد. همچنین می‌توان گفت در بررسی تجارب مختلف در مورد وضعیت و یا عوامل داخلی و خارجی تأثیرگذار بر بهبود تهویه طبیعی، علاوه بر این که مطالعات چندانی صورت نگرفته، بیشتر به بحث کاهش بار سرمایشی

حرارتی در محیط داخلی خانه‌های سنتی میناهاسا را بررسی کرده‌اند. خانه‌هایی که تراس مسقف دارند و ارتفاع بیشتری از سطح زمین دارد، در مقایسه با خانه‌هایی که تنها دارای پنجره به عنوان باز شو هستند و ارتفاع کمتری از سطح زمین دارند، سرعت باد بیشتری را تجربه می‌کنند (Martinez-Molina & Dupont, 2022). در این تحقیق رابطه بین تهویه طبیعی و میکرو اقلیم داخلی را در یک ساختمان تاریخی در سن آنتونیو، تگزاس، بررسی کرده‌اند. پیشنهاد خنک‌کننده غیرفعال با استفاده از تهویه طبیعی به منظور کنترل و کاهش دمای هوای داخلی و رطوبت نسبی با روش CFD از نتایج این پژوهش است. در رابطه با معماری همساز با اقلیم و نیز اهمیت باد در طراحی معماری بافت سنتی بوشهر در گذشته تحقیقاتی صورت گرفته است. از جمله این که هدایت و طبائیان (۱۳۹۱) نیز در مقاله‌ای با عنوان «بررسی عناصر شکل‌دهنده و دلایل وجودی آن‌ها در خانه‌های بافت تاریخی بوشهر» به معرفی مسکن بومی بوشهر پرداخته‌اند و بیان می‌کند، طراحی بر اساس جریان وزش باد در این محدوده ارزشمند در ویژگی‌هایی از قبیل جهت‌گیری گذرها، نسبت عرض معابر به ارتفاع جداره‌های کناری (مقطع عرضی گذر)، تراکم و ارتفاع بنا، فضاهاى پر و خالی، مکانیابی معابر و میداين، شکل‌گیری عناصر معماری از قبیل شناسیر، بام، طارمه و با بالاترین کیفیت تبلور می‌یابد. رنجبر، پورجعفر و خلیجی (۱۳۸۹) در مقاله «خلافت‌های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر» به این نتیجه دست یافته‌اند که فضای معماری و جزئیاتی همچون اتاق، حیاط، پنجره، شناسیر، طارمه، بون و پیش‌بون در تهویه و سرعت باد مؤثرند. زارعی و بهبودی (۱۳۹۵) در بررسی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال سیستان با روش cfd بیان می‌کنند که فضای حیاط مرکزی به عنوان یک هواکش طبیعی با عبور جریان باد، باعث کاهش محسوس سرعت و فشار حرکت باد در فضاهاى داخلی شده‌است. سلیقه و سعادت‌جو (۱۳۹۸) با شبیه‌سازی design builder بحث تخلخل و تراس و طراحی فرم‌های سایه‌انداز به عنوان اولین و مؤثرترین گام طراحی پایدار را برای سایه‌اندازی و پرهیز از انرژی تابشی دریافتی بررسی کرده‌اند. کریم‌زاده، مهدی‌نژاد درزی و کریمی (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) شناخت عملکرد حرارتی ایوان را با توجه به تناسب کالبدی و اثر تعدیل‌گر ایوان بر شاخص آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی مدنظر قرار داده‌اند. سعادت‌جو، سلیقه و سعادت‌جو (۱۳۹۸) با تجزیه و تحلیل CFD اثر نفوذپذیری به شکل تراس را بر رفتار باد و راندمان تهویه طبیعی در یک ساختمان متوسط مقایسه می‌کند. پارامترهای ارزیابی تهویه مانند میانگین سرعت هوا و میانگین سن هوا برای مقایسه

جدول ۱. شاخصه‌های تأثیرگذار و متغیرهای مورد بررسی توسط محققین و پژوهشگران جهت بررسی تهویه طبیعی محیط. مأخذ: نگارندگان.

پارامترهای ارزیابی تهویه (متغیر وابسته پژوهش)	شاخصه‌های تأثیرگذار بر تهویه طبیعی (متغیر مستقل پژوهش‌ها)	محققان و پژوهشگران
سرعت باد	فرم‌های ساختمان - بازشوها	الهی‌نی و همکاران Al-Hinai et al., 1993
سرعت باد	خانه سنتی	اویکونومو Oikonomou, 2005
دما	ساختمان و مصالح	آنکاریکانادا Antarikananda et al. 2006
جریان باد	فضای نیمه‌باز	ریو و همکاران Ryu et al., 2009
سرعت و فشار باد		زارعی و بهبودی ۱۳۹۵
سرعت هوا	جهت‌گیری، بازشو، نوع تهویه	رملی Ramli, 2012
سرعت باد	فرم، ارتفاع، فضای نیمه‌باز	کریستیان‌تو Kristianto et al, 2014
سرعت، دما، رطوبت نسبی	خنک‌کننده غیرفعال	بی Bay et al., 2022
-	جهت‌گیری، تناسبات، فضاها، پر و خالی، فضای نیمه‌باز (شناشیر، بام، طارمه)	هدایت و طبائیان ۱۳۹۱
-	اتاق، حیاط، پنجره، شناشیر، طارمه، بون و پیش‌بون	رنجبر و همکاران، ۱۳۸۹
فشار و سرعت جریان هوا	فرم، هندسه، تناسبات، جهت‌گیری مناسب توده‌ها، فضاها، باز	معصومی، نجاتی و امین الله Masoumi, Nejadi & Amin Alah 2016
دما و باد، آسایش حرارتی، مصرف انرژی	تناسبات، فضای نیمه‌باز	محمدی و همکاران Mohammadi et al., 2017
رطوبت نسبی، دما، سرعت جریان هوا، نویز، بو، هوای تازه و CO <sub>2</sub>	جهت، عمق	شو و همکاران Xu et al., 2022
سرعت باد جریان باد	فضای خالی، بازشو	کومار و همکاران Kumar et al., 2020
میانگین سرعت هوا و میانگین سن هوا سایه‌اندازی جریان باد	فضای نیمه‌باز ایوان	سلیقه و سعادت‌جو ۱۳۹۸
دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت هوا	مساحت، تناسبات کالبدی	وای تاک Wai Tuck, 2021
دمای متوسط تابشی		کریم‌زاده و همکاران ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

مشترک سازمان دهی می‌شوند. پژوهشگران مختلف به بحث گونه‌شناسی بنا و عناصر معماری بوشهر پرداخته‌اند. رئیسی (۱۳۸۵) به ریخت‌شناسی حیاط‌های بوشهر، هدایت و عشرتی (۱۳۹۵) به گونه‌شناسی شناشیر و همچنین به گونه‌شناسی طارمه پرداخته‌اند. در معماری بوشهر ایجاد کوران و تهویه اهمیت بالایی دارد و باد در معماری بوشهر مهم‌ترین عامل اقلیمی به شمار می‌رود و چنان به نظر می‌رسد که اغلب عناصر معماری در این بافت ارزشمند در خدمت باد هستند (مقیمی، کیانی‌بrazجانی، امیرزاده، بحرینی و قنوتی، ۱۳۹۸). در مورد این پژوهش که با تمرکز بر عنصر طارمه شکل گرفته است و مطالعات و بررسی‌های میدانی و کتابخانه‌ای انجام شده بر روی ۲۹ عمارت تاریخی طارمه‌دار بوشهری نشان می‌دهد که طارمه‌ها را براساس محل استقرار در بنا می‌توان به سه گونه «بیرونی»، «میانی» و «درونی» تقسیم کرد که نمونه‌پرکاربرد آن طارمه درونی است (جدول ۲). همچنین طارمه‌های بوشهری از نظر شکلی به چهار دسته خطی (مستطیل)، ال شکل، یوشکل و چهاربر قابل تقسیم هستند که گونه خطی مستطیل شکل، گونه غالب برشمرده می‌شود. جهت غالب طارمه‌ها رو به جنوب و غرب است و در تمامی بناهای جداره ساحلی حداقل یک طارمه دید به دریا دارد که این امر بر نقش اقلیم و دریا در جهت‌گیری طارمه تأکید می‌کند. طارمه‌ها غالباً عریض و از یک تا سه طرف باز هستند. کف غالباً مستطیل شکل، طول برابر با طول اتاق هم‌جوار یا کل نماست. عرض طارمه بین ۲ تا ۵ متر، ارتفاع جان‌پناه حدود ۱ متر و دارای آفتابگیر با ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر هستند.

### روش تحقیق

تحقیق حاضر ماهیت بین‌رشته‌ای و ترکیبی دارد که دارای دو بخش کیفی و کمی است. در مرحله شناخت مؤلفه‌های مؤثر از روش کیفی و در مرحله شبیه‌سازی و تحلیل داده‌ها از روش‌های کمی بهره برده است. در ابتدا به روش کیفی با گردآوری اطلاعات از منابع کتابخانه‌ای و نیز برداشت‌میدانی از خانه‌های بوشهر، دانش پایه پیرامون معماری، مسکن و فضای طارمه در این اقلیم تکمیل و پارامترهای مؤثر بر کیفیت تهویه طبیعی هوای داخل اتاق شناسایی شد. سپس با استفاده از یک راهبرد تجربی، آزمون‌هایی اجرا و متغیرهای مستقل تعیین شدند. در نتیجه طارمه و مشخصه‌های فضایی آن شامل ابعاد و اندازه (طول، عمق)، تأثیر اتاق و بازشو (با بازشو و بدون بازشو)، تعداد و فاصله بین ستون‌ها و نحوه قرارگیری در جبهه‌های مختلف حیاط (خطی، L-شکل، U-شکل و ۴-طرفه)، به عنوان متغیرهای مستقل و کیفیت جریان‌هوای اتاق و حیاط شامل دو مؤلفه سرعت هوا (Velocity) و عمر هوا (Local mean age of air) به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد (تصویر ۱).

و ابعاد کمی پرداخته شده است. لذا نقش فرم و استفاده حداکثری از جریان باد طبیعی برای بهبود تهویه در اقلیم‌های بحرانی مثل اقلیم گرم و مرطوب محققین را بر آن داشت تا با نگاهی متفاوت به این موضوع پرداخته شود و دستاورد آن در قالب یک استراتژی جامع در توسعه پایدار به عنوان راهکاری مناسب برای آینده استفاده تا بتوان از این فضا به عنوان یک فضای عملکردی و مفید بهره برد.

### مبانی نظری تحقیق

• تهویه طبیعی، چگونگی عملکرد و عوامل مؤثر در آن تهویه هوا به عمل جانشین کردن و یا جابجا کردن هوا در یک فضا گفته می‌شود که به منظور تأمین هوای تازه، خارج کردن هوای گرم و مرطوب و خنک کردن فضا و تأمین آسایش حرارتی انسان انجام می‌شود. در روش تهویه طبیعی عمل جابجایی هوا از طریق اثر دودکشی که مبتنی بر حرکت هوای گرم به بالا و ورود هوای سرد از پایین به جای آن است و یا از طریق کوران هوا که جابجایی هوا از طریق فشار مثبت و منفی باد انجام می‌شود (واتسون و لیز، ۱۳۸۷). نیروهایی که باعث تهویه طبیعی می‌شوند در دو عامل کلی خلاصه می‌شود (10 CIBSE, 2005). نیروهای باد و خاصیت شناوری. این نیروها مکانیزم‌های مربوط به تهویه طبیعی را مشخص می‌کند. شکل و مکان ساختمان (برای نمونه قرارداشتن در محیط باز یا متراکم، مرتفع یا کم‌ارتفاع بودن) چگونگی تهویه طبیعی ساختمان را مشخص می‌کند. بر این اساس سه حالت برای تهویه طبیعی می‌توان در نظر گرفت: تهویه یک‌طرفه، تهویه دو طرفه و تهویه دودکشی. هر کدام از این حالات نشان می‌دهد هوای داخل بنا که نیاز به تهویه دارد، چگونه با جریان هوای خارج مرتبط می‌شود (Andersen, 2002). تهویه طبیعی بر سه پدیده اقلیمی سرعت باد، جهت باد و اختلاف دمایی مبتنی است. موارد زیر مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در عملکرد تهویه طبیعی است که در این پژوهش به آن‌ها پرداخته شده است.

سرعت باد<sup>۱</sup>: مسافت طی شده توسط ملکول‌های هوای متحرک را در واحد زمان بر حسب متر در ثانیه، کیلومتر در ساعت و یا مقیاس قدیمی گره (معدل یک مایل دریایی یا ۱/۸۵ کیلومتر در ساعت) بیان می‌کند.

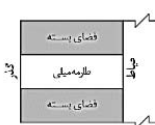
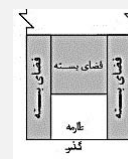
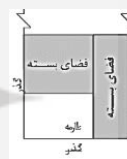
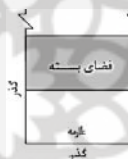
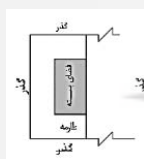
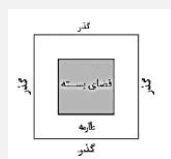
عمر متوسط موضعی هوا<sup>۲</sup>: به عنوان زمان عمر متوسط هوا در موقعیت خاصی در داخل فضا نسبت به زمانی که هوا برای اولین بار وارد فضا شده است، تعریف می‌شود و در واقع عمر متوسط موضعی هوا معیاری از تازگی هوا به دست می‌دهد.

### • کلیات گونه‌شناسی طارمه

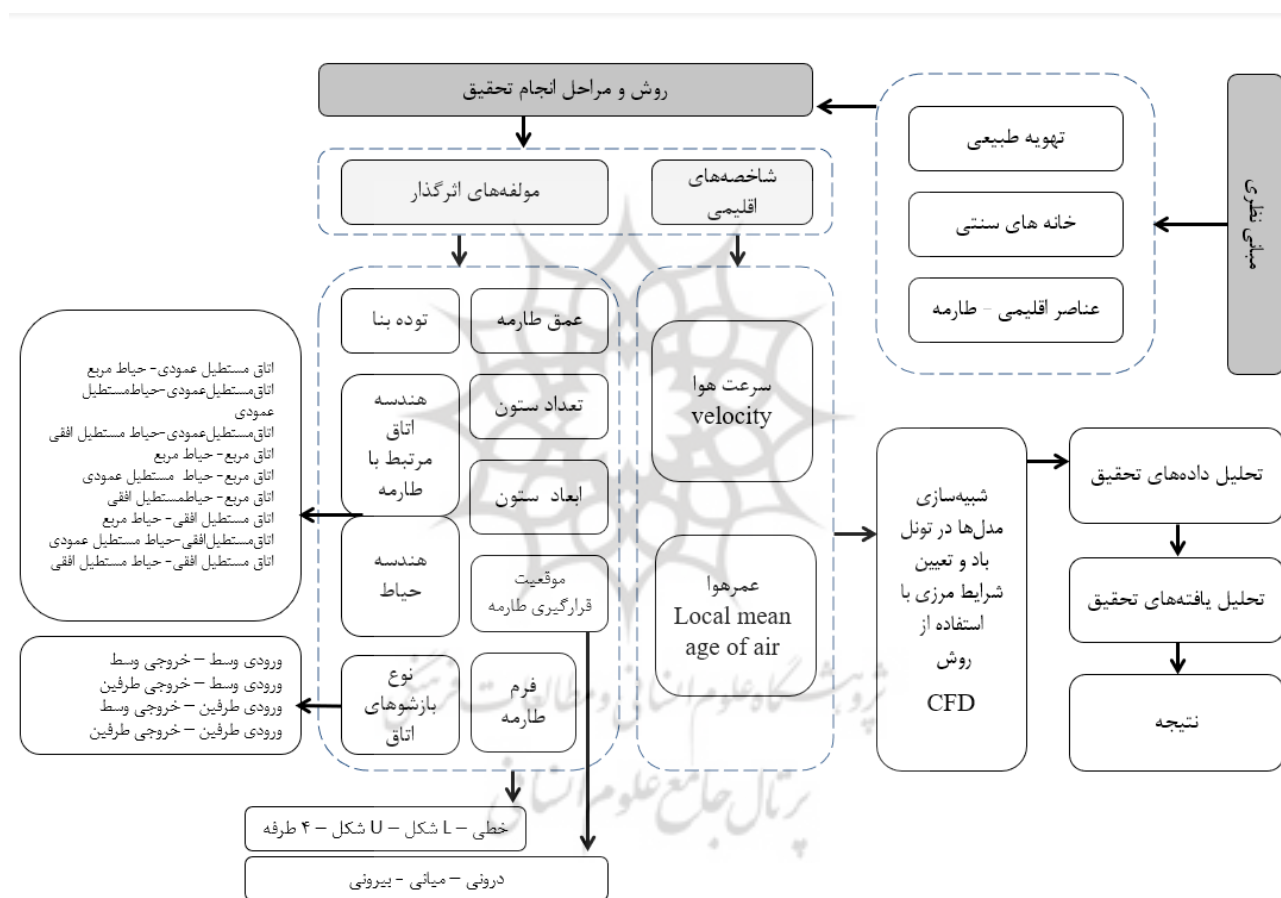
گونه‌شناسی به نوعی دسته‌بندی اشاره دارد که در آن تعدادی اشیا مختلف بر اساس یک یا مجموعه‌ای از ویژگی‌های

جدول ۲. گونه‌شناسی طارمه: بیرونی- میانی- درونی. مأخذ: هدایت و عشرتی، ۱۳۹۹.

مکان استقرار	دسته‌بندی بر اساس پلان	دسته‌بندی بر اساس جهات	نمونه عمارت	
بیرونی	شکل کلی خطی	تعداد ۷ جهت جنوب	تعداد ۳ تجارت خانه ایرانی - بیلیارد - امیریه - نوذری -	
		تعداد ۲ جهت غرب	۲ حمال باشی - ملک	
		تعداد ۲ جهت جنوب و غرب	۶	
		تعداد ۲ جهت شمال و غرب	۱	
		تعداد ۲ جهت شمال و شرق	۱	
		تعداد ۲ جهت شمال و غرب و جنوب	۱	
		تعداد ۱ جهت شرق و شمال و جنوب	۱	
		تعداد ۱ جهت چهار جهت	۱	
		تعداد ۱ دسته‌بندی بر اساس محصوریت	۱	چهاربر
		تعداد ۱ دسته‌بندی بر اساس محصوریت	۱	سه طرف باز و یک طرف بسته
میانی	شکل کلی خطی - مستطیلی	تعداد ۹ جهت جنوب	تعداد ۵ علوی - هفتمه - رفیعی - حاج رئیس - جعفری	
		تعداد ۲ جهت شمال	۳	
		تعداد ۲ جهت غرب	۱	
		تعداد ۲ جهت شمال و غرب	۱	
		تعداد ۶ جهت جنوب/غرب/شرق	۱	
		تعداد ۱ جهت شرق	۱	
		تعداد ۱ جهت چهار جهت	۱	
		تعداد ۲ جهت چهار جهت	۲	
		تعداد ۲ دسته‌بندی بر اساس محصوریت	۲	طیب
		تعداد ۲ دسته‌بندی بر اساس محصوریت	۲	امیریه - رستمی - حمال باشی - زنده پی طیب - حاج رئیس
درونی	شکل کلی خطی - مستطیلی	تعداد ۱۳ جهت جنوب	تعداد ۶ علوی - رفیعی - آذین - جعفری - نوذری	
		تعداد ۳ جهت غرب	۳	
		تعداد ۲ جهت شرق	۲	
		تعداد ۲ جهت شمال	۲	
		تعداد ۱ جهت شمال و غرب	۱	
		تعداد ۶ جهت جنوب/غرب/شرق	۱	
		تعداد ۱ جهت شرق	۱	
		تعداد ۱ جهت چهار جهت	۱	
		تعداد ۲ جهت چهار جهت	۲	
		تعداد ۲ دسته‌بندی بر اساس محصوریت	۲	چهاربر
تعداد ۲ دسته‌بندی بر اساس محصوریت	۲	چهاربر		



مکان استقرار	دسته بندی بر اساس پلان	دسته بندی بر اساس جهات	نمونه عمارت
محصوریت	یک طرف باز و سه طرف بسته	سه طرف باز و یک طرف بسته	یک طرف باز و سه طرف بسته
تعداد	۱۱	۴	۲
دیگرام			



تصویر ۱. ساختار و چارچوب نظری پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

مورد شبیه سازی واقع شده و از نتیجه آن، که گونه شماره ۲ است برای ادامه شبیه سازی ها استفاده شده است. حالت های مختلف طارمه به جهت محل استقرار، در سه حالت بیرونی، میانی و درونی است، که حالت های درونی و بیرونی نیز به لحاظ قرارگیری در جبهه های مختلف حیاط و بنا، خود شامل چهار حالت خطی، ال شکل، یو شکل و ۴ طرفه است. تمامی این گونه ها با کمک دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD و با استفاده از نرم افزار Autodesk CFD 2018 شبیه سازی و در ادامه هندسه اتاق و شبکه مش در

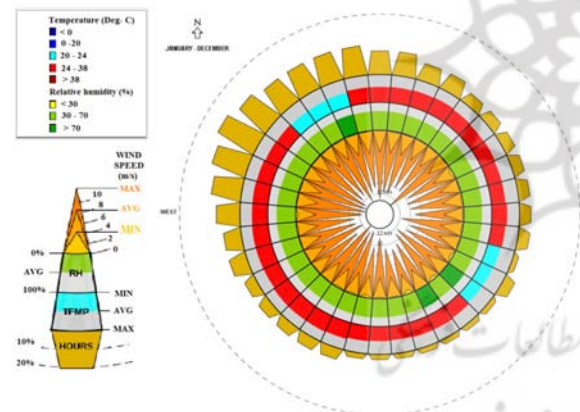
پس از گونه شناسی خانه های بوشهر، با توجه به فرم غالب خانه ها، ۹ گونه قابل بررسی است (جدول ۳). که پس از شبیه سازی انواع گونه ها با توجه به داشتن کیفیت تهویه مطلوب تر، گونه شماره ۲ (اتاق مستطیل عمودی- حیاط مستطیل عمودی) که داری ۸ متر توده از طرفین است، با بازشوهای ورودی و خروجی غیرهم راستا در تراز ارتفاعی دوم برای اجرای شبیه سازی انتخاب شده است (لازم به ذکر است انواع گونه ها، ترازهای ارتفاعی و ضخامت توده قبلا

جدول ۳. الگوهای غالب مسکونی در خانه‌های پوشه‌برای شبیه‌سازی. مأخذ: نگارندگان.

گونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
پلان									
اتاق	مستطیل عمودی	مستطیل عمودی	مستطیل عمودی	مربع	مربع	مربع	مستطیل افقی	مستطیل افقی	مستطیل افقی
حیاط	مربع	مستطیل عمودی	مستطیل افقی	مربع	مستطیل عمودی	مستطیل افقی	مربع	مستطیل عمودی	مستطیل افقی



تصویر ۲. نمودار دما در ماه‌های سال در شهر پوشه‌بر. مأخذ: نرم‌افزار climate consultant



تصویر ۳. متوسط سرعت و جهت بادهای محلی پوشه‌بر در کل سال. مأخذ: نرم‌افزار climate consultant

رسمی (Energyplus.com) استخراج شده و طبق تصویر ۴ با نرم‌افزار weather tool بررسی شد.

#### • اعتبارسنجی<sup>۶</sup>

اعتبارسنجی مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در محل (عمارت دهدشتی) توسط دستگاه‌های دقیق دیجیتال سنجش باد، دما و رطوبت (جدول ۴) و تطبیق آن‌ها با مدل شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار انجام و همه اطلاعات اقلیمی در روز ۳۰ شهریورماه ۱۴۰۰ و در ارتفاع ۵.۱ متر (برای فرد ایستاده) در ۴ فضا (دو اتاق واقع در طبقه دوم، حیاط و بام) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان می‌دهد، داده‌های مدل برداشت شده

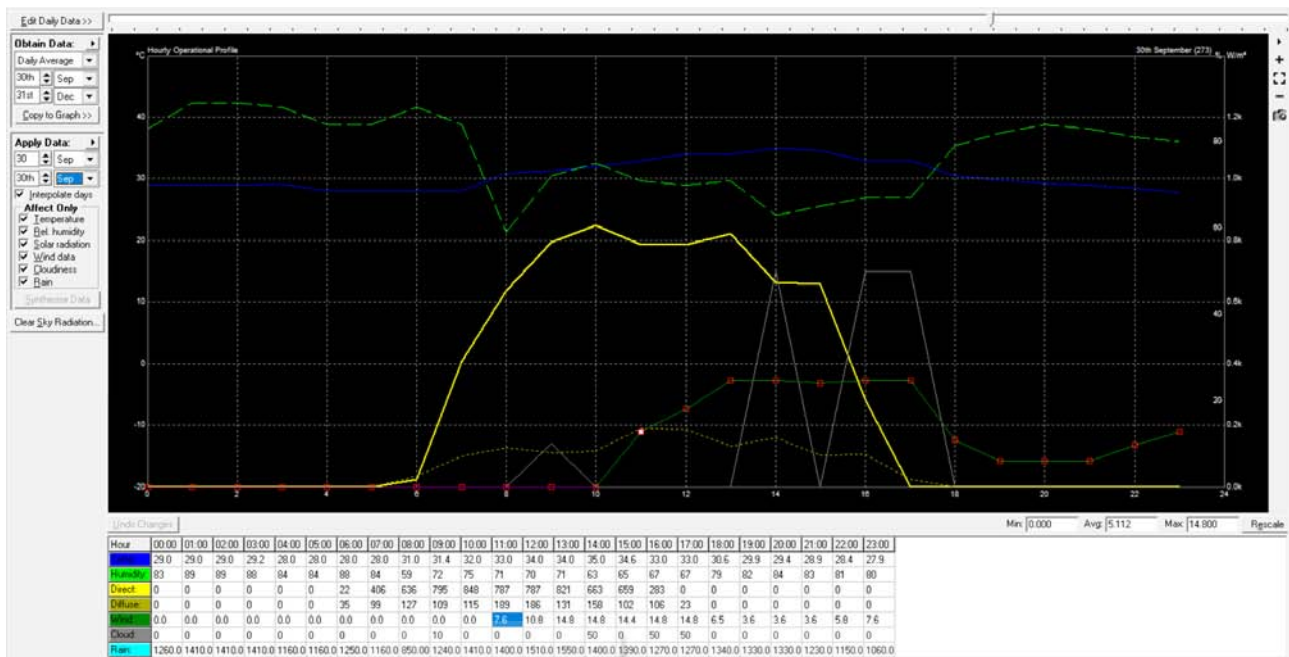
اطراف و داخل اتاق تحلیل شدند. برای برداشت میدانی داده‌ها و اعتبارسنجی نرم‌افزار عمارت دهدشتی (فضاهای طبقه دوم، حیاط و بام) آن در نظر گرفته شد که پس از تطبیق داده‌های تجربی با شبیه‌سازی صحت نرم‌افزار مورد تأیید قرار گرفت. در نهایت این پژوهش از منظر هدف در گروه پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. مراحل شبیه‌سازی به این صورت است که ابتدا حجم سه‌بعدی تمامی گونه‌ها در محیط اتوکد<sup>۴</sup> ساخته شد، سپس در نرم‌افزار Autodesk CFD ۲۰۱۸ با تعیین شرایط مرزی در مسیر تونل باد قرار گرفته و پس از اجرای نرم‌افزار کانتورها<sup>۵</sup> استخراج، دسته‌بندی و به صورت جدول جهت مقایسه و تحلیل گزارش شدند. شبیه‌سازی تونل باد با اعمال دو مولفه سرعت جریان هوا بر حسب متر بر ثانیه و عمر هوا بر حسب متر بر ساعت اجرا شد. استخراج و نمایش داده‌ها در قالب تصاویر گرافیکی به صورت برش افقی (پلان) از ارتفاع ۱۵۰ سانتیمتری از کف اتاق و برش عمودی از مرکز اتاق انجام شد. نمایش گرافیکی جریان هوا، درک نحوه حرکت باد را آسان‌تر می‌کند.

#### • اطلاعات آب و هوایی میدانی

دمای خشک بندر پوشه‌بر در تصویر ۲ نشان داده شده است. حداکثر دما، حداقل دما و متوسط دمای مربوط به هر ماه در تصویر ۱ مشخص شده است. میانگین بالاترین دما در بازه زمانی از ۱۰ تیر تا ۹ شهریور برابر ۳۶ درجه سانتیگراد است و از ۱۱ دی تا ۹ اسفند، در روز و شب نیاز به گرمایش است. طبق تصویر ۲، از ۱۰ آبان تا ۱۰ دی و از ۱۱ اسفند تا ۱۱ فروردین در شب‌ها نیاز به گرمایش بوده و در روزهای این ماه‌ها شرایط آسایش برقرار است. در شب‌ها و روزها از ۱۰ تیر تا ۹ شهریور نیاز به سرمایه‌گذاری و در شب‌های بقیه ماه‌های سال آسایش برقرار و روزها هوا گرم است. میانگین رطوبت نسبی در بندر پوشه‌بر به طور متوسط بین ۶۰٪ تا ۷۰٪ است (تصویر ۳).



اطلاعات سرعت باد محیطی در پوشه‌بر اساس داده‌های آب‌وهوایی پنجاه‌ساله (برگرفته از سایت





تصویر ۴. استخراج سرعت باد در نرم افزار weather tool. مأخذ: نگارندگان با استفاده از Energyplus.com.

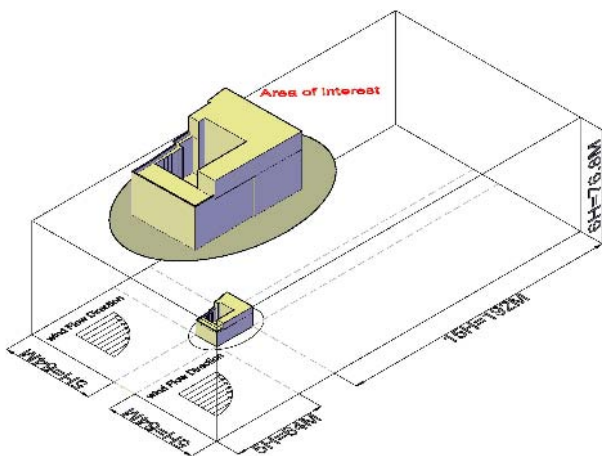
جدول ۴. اطلاعات دستگاه‌های اندازه‌گیری برای جمع‌آوری داده‌های اقلیمی. مأخذ: نگارندگان.

رزولوشن	دقت اندازه‌گیری	محدوده اندازه‌گیری	فاکتور	تصویر دستگاه	نوع دستگاه
F / 0.1 °C° 0.1	F / ±0.5 °C° ±0.9	to 140 °F / -20 to °-4 +60 °C	دما		Hotwire anemometer. testo 405i
fpm / 0.01 m/s 1.97	fpm + 5 % of mv) (0 to 19.7)± 394 fpm) / ±(0.1 m/s + 5 % of (mv) (0 to 2 m/s fpm + 5 % of mv) (394 59.1)± to 2953 fpm) / ±(0.3 m/s + 5 % (of mv) (2 to 15 m/s	to 5906 fpm / 0 to 0 30 m/s	باد		Klima logger

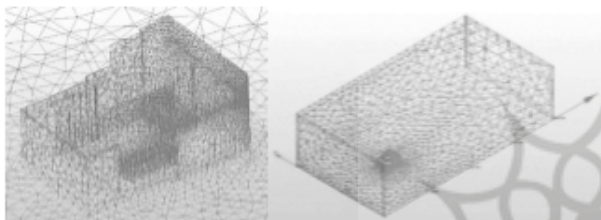
اعتبارسنجی در نظر گرفته شده، یکسان است. ضرایب فشار جریان باد وارد بر ساختمان به عنوان تابعی از جهت باد و هندسه بنا استخراج شده است. در ابتدا، مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار اتوکد طراحی، سپس در نرم‌افزار cfd Autodesk ارزیابی شد. پس از ساختن مدل‌ها، شبکه‌بندی آن پس از بررسی استقلال از شبکه<sup>۹</sup> با تراکم بالا نزدیک به ۲ میلیون گره (تصویر ۸) تعریف شده است. البته تغییر این شرایط در نرم‌افزار cfd Autodesk در مراحل بعدی تحلیل امکان‌پذیر است. شرایط مرزی دریاچه‌ها بدون محدودیت و آزاد در نظر گرفته شده تا در شرایط پرفشار یا کم‌فشار حاکم

عمرات دهدشتی (تصویر ۵) و مدل شبیه‌سازی شده، عدم انطباق اندکی وجود دارد که نشان‌دهنده قدرت بالا و قابل اعتماد بودن آن است. نتایج شبیه‌سازی و اعداد به دست آمده از آزمون‌های تجربی (تصویر ۶) قابل مقایسه است و اختلاف بسیار اندکی (حدود ۰/۵ درصد) دیده شد که طبق استاندارد اشری<sup>۷</sup> کمتر از ۱۰ درصد و قابل قبول است.

• شرایط مرزی<sup>۸</sup> جهت انجام آزمون‌ها، کلیه مدل‌ها با شرایط مرزی یکسان و بر اساس استاندارد تونل باد (تصویر ۷) در مقایسه با یکدیگر ایجاد شده‌اند، که این شرایط مرزی با شرایطی که برای



تصویر ۷. ابعاد تونل باد. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۸. شبکه مش. مأخذ: نگارندگان.

شد و پس از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ تکرار همگرا شدند. در آنالیز مدل‌ها از بردارهای سرعت، فشارهای دینامیکی و اختلاف فشار ایجادشده در اطراف و داخل مدل استفاده شد. زاویه برخورد باد به ساختمان زاویه عمود بر طارمه به صورت ۹۰ درجه است. مصالح بنا آجر و دمای محیطی ۳۳/۲ سانتی‌گراد (دمای برداشت‌شده در محل) در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها و بحث

برای شبیه‌سازی هریک از مدل‌های طارمه (درونی، میانی و بیرونی)، باید مجموعه‌ای از مؤلفه‌های کیفی تهویه طبیعی (سرعت جریان و عمر هوا) و نیز کلیات چرخش و راستای حرکت باد را با لحاظ کردن اجزای پایه‌ای معماری شامل: ابعاد و اندازه (طول، عمق)، محصوریت، تأثیر اتاق و بازشو (با بازشو و بدون بازشو)، تعداد و فاصله بین ستون‌ها و نحوه قرارگیری در جبهه‌های مختلف حیاط (خطی، L-شکل، U-شکل و ۴-طرفه) سنجیده شده است. لازم به ذکر است، کلیه شبیه‌سازی‌های این مرحله دارای شرایط ثابت و یکسانی هستند، مگر در مواردی که به صورت مشخص تغییر در شرایط اعلام گردد. نمودارهای کانتورهای کیفیت هوا مطابق جدول ۵ است.

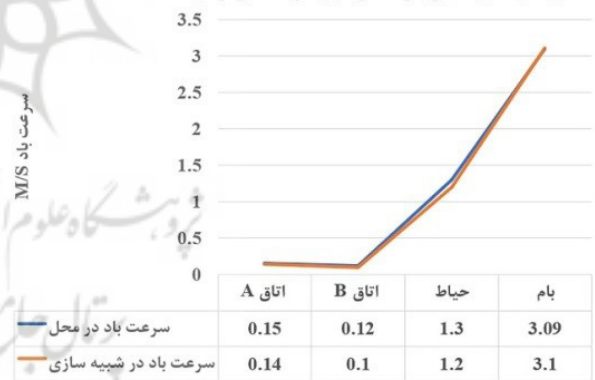
### • طارمه درونی

برای سنجش عناصر مؤثر بر کیفیت تهویه طبیعی فضای نیمه‌باز، ابتدا ضروری است تا گردش باد در فضای حیاط،



تصویر ۵. فضای داخلی عمارت دهدشتی. مأخذ: آرشیو نگارندگان.

مقایسه و اعتبار سنجی سرعت هوا در ارتفاع ۱.۵ متر (فرد ایستاده)



تصویر ۶. مقایسه سرعت هوادر شبیه سازی و آزمون تجربی برای اعتبار سنجی. مأخذ: نگارندگان.

بر آنها عملکرد صحیح دریچه‌ها مشخص شود. از آنجاکه در این مرحله بررسی سرعت و فشار جریان برای مقایسه مدل‌ها کفایت می‌کند و همچنین سیال مورد استفاده هوا است و نه گاز ایده‌آل بنابراین معادله انرژی، غیرفعال در نظر گرفته شد. سیال جریان باتوجه به سرعت ورودی ۷/۶ متر بر ثانیه (سرعت باد در محل) غیرقابل تراکم<sup>۱۰</sup> فشار ۱۰۱۳۲۵ پاسکال<sup>۱۱</sup> است. در انتخاب مدل لزجت<sup>۱۲</sup> باتوجه به شرایط جریان؛ از مدل آشفتگی k-epsilon استفاده شد. معادلات پیوستگی<sup>۱۳</sup>، ممنوم<sup>۱۴</sup> و epsilon k-، حاکم بر جریان بودند و محدوده خطا برای حل این معادلات  $1e-04$  و تعداد تکرار معادلات ۵۰۰۰ در نظر گرفته

ضخامت توده کمتر، تاحدودی سرعت جریان هوا بیشتر و عمرها کمتر است. همچنین کانتورهای عمرها نشان می‌دهد، با افزوده شدن طارمه به جبهه‌های مختلف حیاط، عمر هوا در حالت «ب» کمتر از «الف» است. در مجموع، طارمه خطی در حالت «ب» بهینه‌ترین و طارمه ۴ طرفه در حالت «الف» بیشترین عمرها و بدترین کیفیت هوا را دارد.

• ابعاد ستون‌ها

شبیه‌سازی در طول جبهه D (جنوبی)، با تعیین فاصله بین ستون‌ها به میزان ۸۰ سانتیمتر ثابت و تعداد ستون‌ها از ۵ تا ۱۱ و ابعاد ستون‌ها از ۲۶۰ تا ۱۲/۷۲ سانتیمتر اجرا شد. تحلیل جریان چرخش باد در جدول ۷ نشان می‌دهد، با کاهش تعداد ستون‌ها و افزایش ابعاد ستون‌ها، از یک‌سو، سرعت جریان هوا در فضای طارمه کاسته می‌شود و از سوی دیگر، با کاهش نسبت فضای نیمه‌باز به توده (ستون‌ها) سرعت جریان هوا در فضای حیاط افزایش می‌یابد. به صورت کلی، جریان باد به دور ستون‌های کوچکتر حرکت می‌کند، ولیکن برای ستون‌های با ابعاد بزرگتر و نیز به دلیل کاهش فاصله بین آن‌ها، دالانی برای هدایت باد ایجاد می‌شود. این امر به‌ویژه برای طارمه با ۵ ستون، خود را نشان می‌دهد. هرچند کلیت الگوی چرخش باد در فضای حیاط متأثر نشده، ولیکن، با افزایش ابعاد ستون‌ها در پشت ستون‌ها از سمت حیاط جبهه پرفشاری در طبقات اول و دوم ایجاد می‌شود. افزون بر آن، با افزایش ارتفاع در تمامی حالت‌ها سرعت جریان هوا بیشتر می‌شود.

مقایسه انجام‌شده در جدول ۸ نشان می‌دهد، با افزوده شدن اتاق و بازوها در حالت «ب» با اتاق و بازشو» بین حیاط، فضای نیمه‌باز و بیرون حجم ارتباط برقرار می‌شود. با توجه به ماهیت تونل باد، مسیر جریان هوای اتاق از سمت بیرون فضا به داخل اتاق و طارمه است. در نتیجه، علی‌رغم شباهت‌های کلی در متوسط سرعت جریان هوا و عمر هوا با حالت «الف»: بدون اتاق و بازشو» اما نحوه گردش باد متفاوتی دارد. در این حالت به دلیل حرکت باد از سمت اتاق به فضای طارمه، هم باعث گردش بیشتر هوا و عدم یکنواختی مسیر حرکت باد

فضای نیمه‌باز و پیرامون توده بدون وجود هیچ‌گونه عناصر الحاقی همچون بازشو و ستون بررسی‌شود. در نتیجه، شبیه‌سازی مطابق حالت الف جدول ۶ برای هر چهار حالت مختلف فرم طارمه انجام شد. مقایسه نحوه گردش باد در فضای حیاط در گونه شماره ۲ (بدون فضای باز) و اضافه‌شدن فضای نیمه‌باز در حالت پایه (طارمه درونی) در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد:

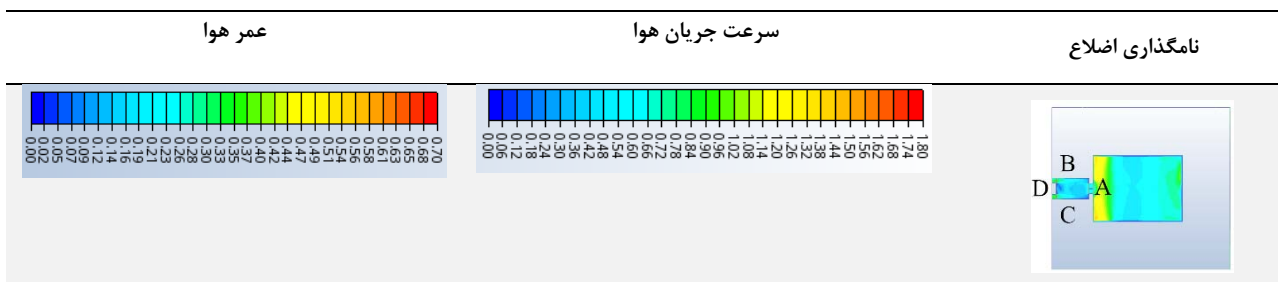
طارمه خطی: هرچند سرعت جریان هوای حیاط در حالت یک‌طرفه از حالت پایه کمتر است، ولیکن در مقایسه با سه حالت دیگر، بیشترین سرعت جریان هوا را دارد. گردش باد در محدوده میانی کمتر و به سمت جداره‌ها بیشتر می‌شود. طارمه I-شکل: با اضافه شدن فضای نیمه‌باز به اضلاع B و D، سرعت جریان باد در سمت مقابل آن و چسبیده به گوشه ضلع C، بسیار زیاد است، هرچند که در مجموع از حالت خطی سرعت کمتری دارد.

طارمه U-شکل: در این حالت دو مرکز پرفشار هوا در وسط حیاط تشکیل شده که بیشترین سرعت را دارد ولیکن فاصله بین آن‌ها سرعت کمتری را نشان می‌دهد. این محدوده در حیاط و فضای نیمه‌باز سمت ضلع D، سرعت بیشتری را نسبت به ضلع A دارد. طارمه ۴-طرفه: همچون حالت U شکل، الگوی حرکت هوای یکسان اما سرعت کمتری را نشان می‌دهد.

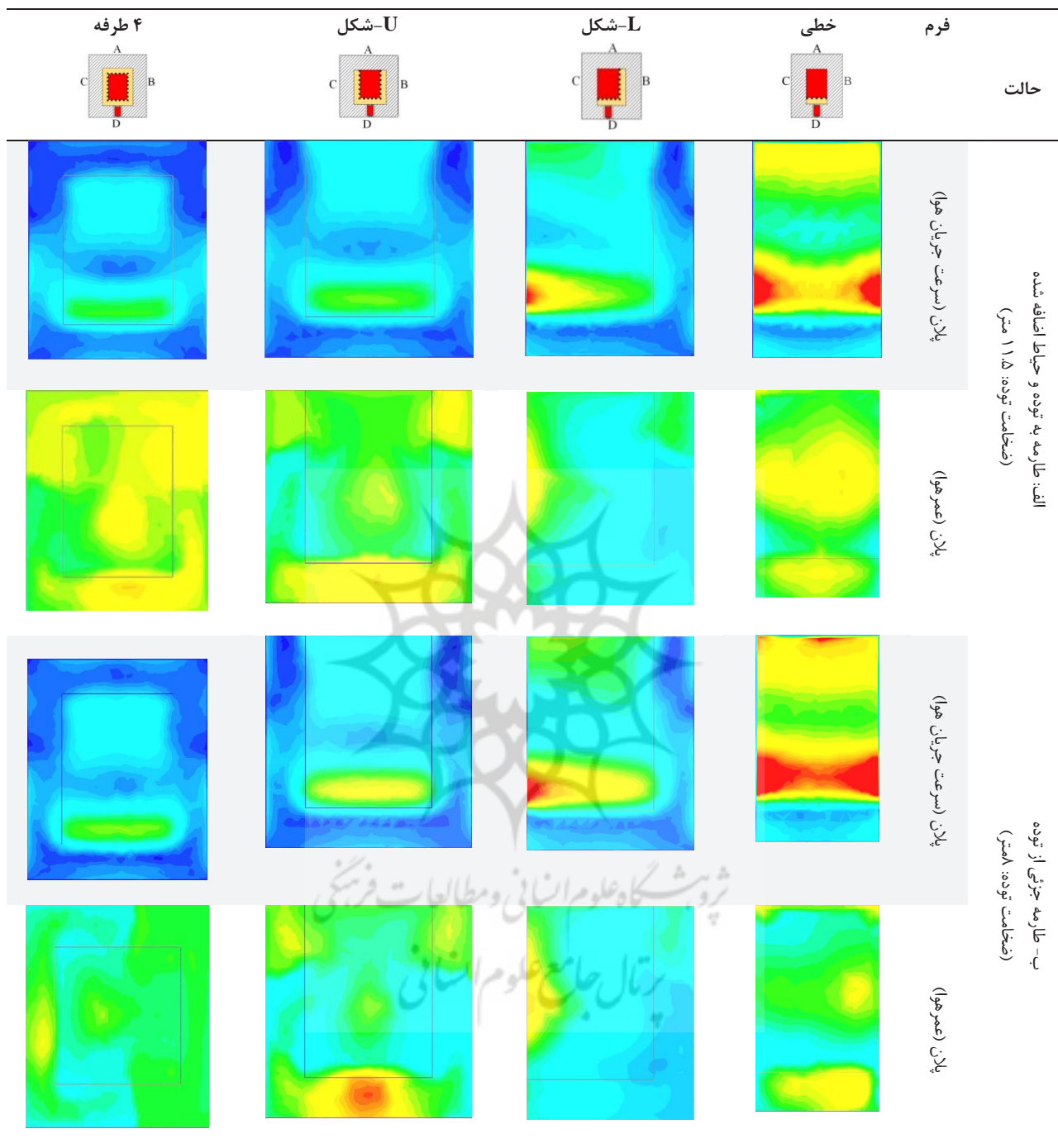
• توده

با افزایش و کاهش ضخامت توده جبهه‌های حیاط، سرعت و کیفیت تهویه طبیعی متفاوت خواهد بود. می‌توان گفت اهمیت و تأثیر تغییرات توده به مراتب بیش از سایر مؤلفه‌ها است. برای سنجش چگونگی و میزان این تأثیر، مقایسه‌ای در جدول ۶ بین دو حالت «الف» که مساحت حیاط ثابت است و فضای نیمه‌باز به عرض ۳/۵ متر به مساحت توده اضافه شده و حالت «ب» که مساحت حیاط هم‌چنان ثابت، ولیکن مساحت طارمه جزئی از مساحت توده است، انجام شد. یافته‌ها نشان می‌دهد، نحوه گردش باد در هر دو حالت «الف» و «ب» تقریباً یکسان، ولیکن در حالت «ب» به دلیل

جدول ۵. راهنمای اضلاع و کانتورهای مؤلفه‌های کیفیت هوا. مأخذ: نگارندگان.



جدول ۶. سنجش توده در طارمه درونی. مأخذ: نگارندگان.



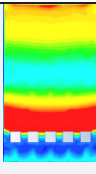
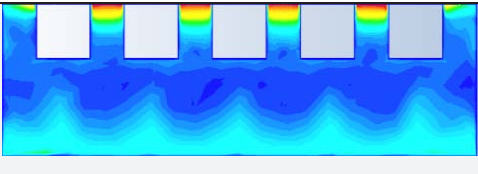
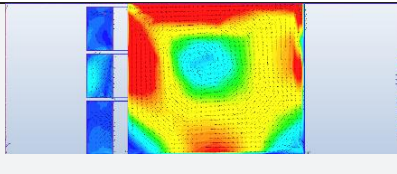
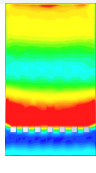
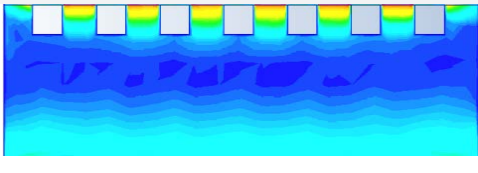
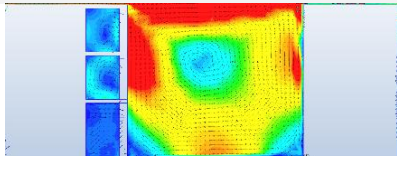
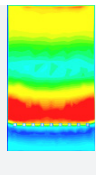
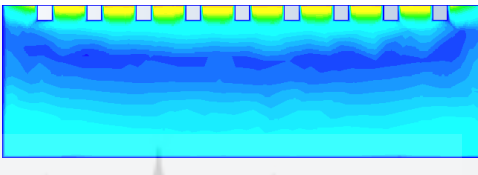
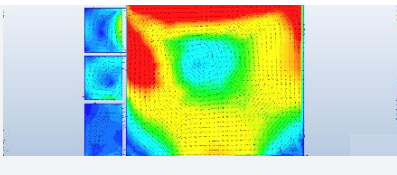
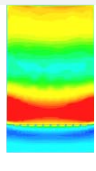
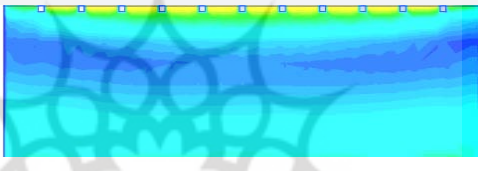
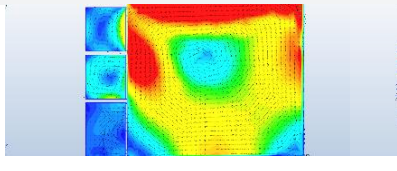
سرعت جریان هوا در حیاط افزایش می‌یابد. هرچند کوران باد محدودی در فاصله بین ستون‌ها ایجاد می‌شود، ولیکن سرعت باد در فضای طارمه افت می‌کند. تحلیل جریان چرخش باد در حالت «ب» نشان می‌دهد، با افزوده شدن اتاق و بازشوها بین فضای درون و بیرون ارتباط برقرار می‌شود. در نتیجه، جزیره‌های منفرد بادی با سرعت کمتر پدید می‌آید. هرچند کلیت الگوی چرخش باد در فضای حیاط متأثر نشده، ولیکن، با افزایش تعداد ستون‌ها در پشت ستون‌ها از سمت حیاط

شده و هم کیفیت هوای بهتری را فراهم می‌کند. همچنین با افزایش ارتفاع در تمامی حالت‌ها، سرعت جریان هوا بیشتر و عمرها کمتر می‌شود.

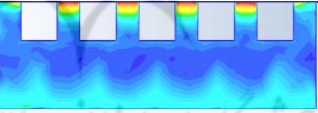
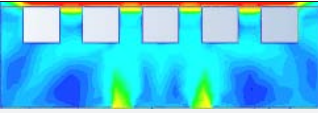
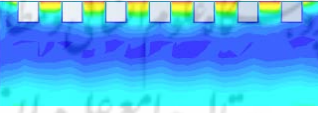
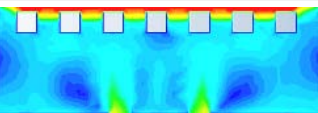
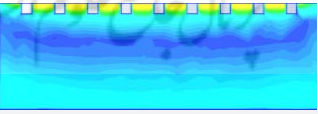
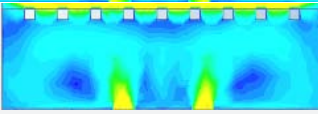
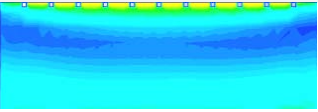
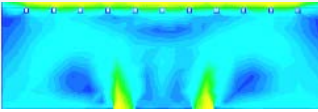
#### • فاصله بین ستون‌ها

با توجه به جدول ۹ تحلیل جریان چرخش باد در حالت «الف» نشان می‌دهد، با افزایش تعداد ستون‌ها و کاهش فاصله بین ستون‌ها، هم از سرعت جریان هوا در فضای نیمه‌باز کاسته می‌شود و هم به دلیل کاهش نسبت فضای نیمه‌باز به توده،

جدول ۷. سنجش ابعاد ستون‌ها در طارمه درونی به فرم خطی. مأخذ: نگارندگان.

ابعاد ستون (سانتیمتر)	پلان حیاط	پلان طارمه	برش از کلیت حجم
۵ (۱۲۴*۱۲۴)			
۷ (۶۶*۶۶)			
۹ (۳۳*۳۳)			
۱۱ (۱۳*۱۳)			

جدول ۸. مقایسه ابعاد ستون‌ها در طارمه درونی به فرم خطی. مأخذ: نگارندگان.

فرم کلی و تعداد ستون	الف: پلان طارمه (بدون اتاق و بازشو)	ب: پلان طارمه (با اتاق و بازشو)
۵		
۷		
۹		
۱۱		

جبهه پرفشاری در طبقات اول و دوم ایجاد می‌شود. همچنین، با افزایش ارتفاع از طبقه همکف به اول و دوم در تمامی حالت‌ها سرعت جریان هوا در طارمه بیشتر می‌شود.

• عمق

پیرامون سنجش تأثیر میزان عمق بر کیفیت تهویه طبیعی در فضای نیمه‌باز، جدول ۱۰ سرعت جریان هوا را برای طارمه

درونی به فرم خطی (بدون اتاق و بازشو) را بررسی می‌کند. شبیه‌سازی برای طارمه خطی با ۴ ستون ۸۰\*۸۰ با فاصله ۱۵۶ سانتیمتر، برای عمق‌های ۲ تا ۵ متر اجرا شد. در حالت «الف» با ثابت ماندن ابعاد و فاصله بین ستون‌ها و افزایش عمق، سرعت جریان هوا به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. به دلیل عدم وجود بازشو، جریان باد در سمت انتهایی

جدول ۹. مقایسه فاصله بین ستون‌ها در طارمه درونی به فرم خطی. مأخذ: نگارندگان.

فرم کلی تعداد ستون	الف- طارمه (بدون اتاق و بازشو)	ب- طارمه (با اتاق و بازشو)
۳		
۵		
۷		
۹		

جدول ۱۰. تأثیر عمق بر سرعت جریان هوا در طارمه درونی خطی. مأخذ: نگارندگان.

فرم کلی عمق (متر)	الف- طارمه (بدون اتاق و بازشو)	ب- طارمه (با اتاق و بازشو)
۲		
۳		
۴		
۵		

شود. به همین منظور، شبیه‌سازی سرعت جریان و عمر هوا برای هر ۴ حالت فرم طارمه به عمق ۳/۵ متر، با اتاق و بازشو و به ضخامت ۸ متر انجام شد. تحلیل یافته‌ها نشان می‌دهد، با الحاق ضلع‌های بیشتر به فضای نیمه‌باز، از سرعت جریان هوای حیاط کاسته و در فضای نیمه‌باز توزیع می‌شود. در نتیجه، طارمه به فرم خطی، بیشترین و طارمه ۴ طرفه، کمترین سرعت جریان هوا در حیاط و فضای نیمه‌باز را دارد.

#### • طارمه میانی

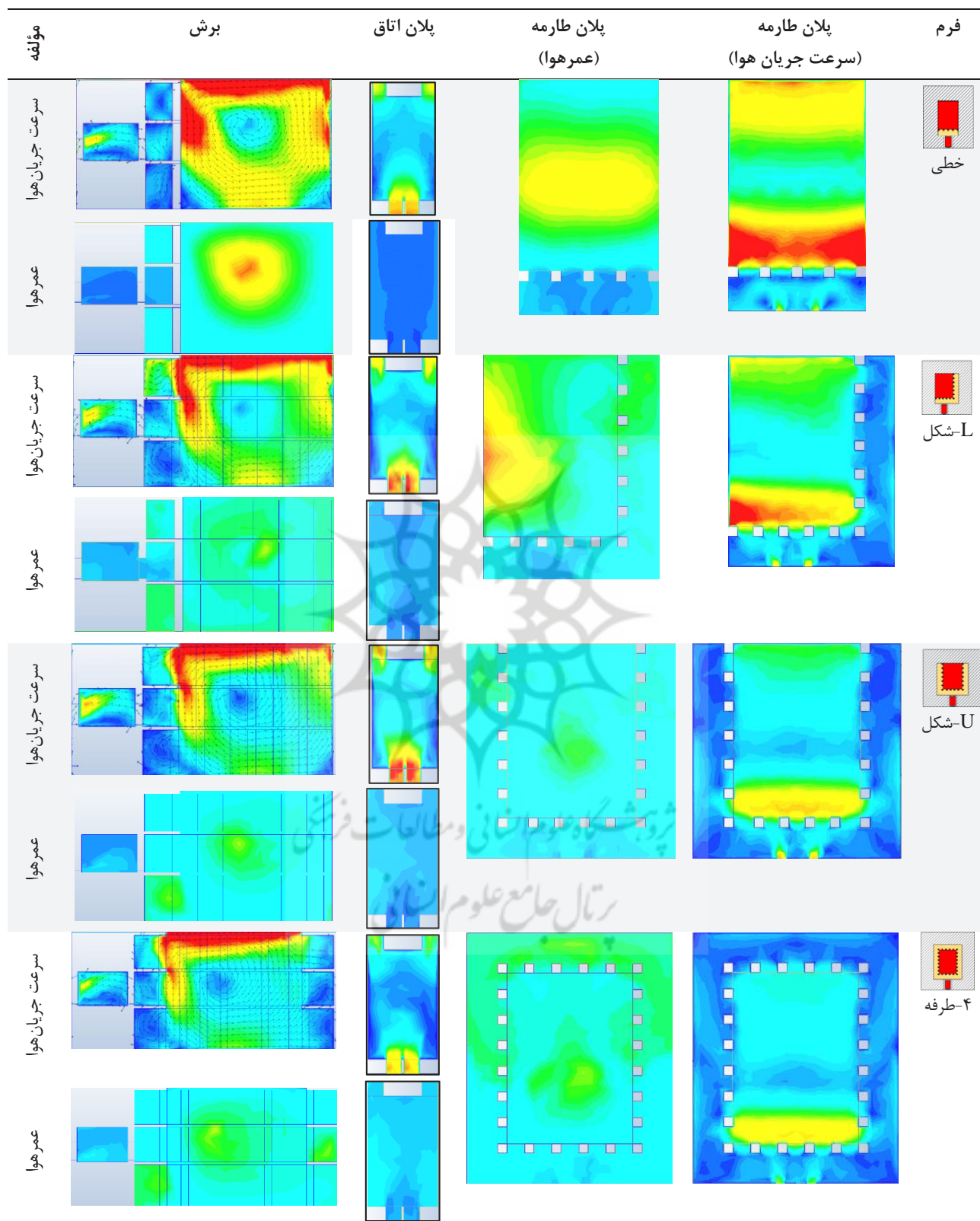
تمامی طارمه‌های میانی دوطرف باز و دوطرف بسته هستند. در این قسمت نیاز است تا «عمق» طارمه را به‌عنوان مهم‌ترین عنصر

فضا و چسبیده به دیوار جبهه D کمترین سرعت جریان هوا را دارد و همچون تهویه یک‌طرفه عمل می‌کند. باد به صورت دوار در این فضا می‌چرخد و در کنج‌ها و فضای زیرسقف کمترین میزان را دارد. ولیکن، در حالت «ب» و با افزوده شدن اتاق و بازشو به این فضا، کیفیت هوا به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهتر می‌شود. همچنین، با افزایش تراز ارتفاعی، سرعت جریان هوای طارمه بیشتر می‌شود.

#### • بررسی فرم طارمه‌ها

با توجه به جدول ۱۱ در این مرحله ضروری است تا تعدادی از مؤلفه‌های مؤثر را به صورت ترکیبی با یکدیگر مقایسه

جدول ۱۱. سنجش تأثیر فرم طارمه درونی. مأخذ: نگارندگان.



«الف: با بازشو و اتاق» و «ب: بدون بازشو و اتاق» برای عرض‌های ۱، ۲ و ۳ متر انجام شد. تحلیل حالت‌های مختلف نشان می‌دهد،

کالبدی مؤثر بر آن، بررسی کرد. به همین منظور جدول ۱۲، شبیه‌سازی مؤلفه‌های کیفیت‌هوا برای طارمه میانی در حالت‌های

L-شکل و U-شکل برای عرض‌های ۲ و ۵ متر انجام شد. یافته‌های جدول ۱۳ نشان می‌دهد، طارمه خطی با عرض ۵ متر بیشترین و L-شکل با عرض ۵ متر کمترین سرعت جریان هوا را دارد. هرچند در مجموع تمامی حالت‌ها سرعت جریان هوا نسبت به حالت بدون طارمه تا حدی کاهش یافته است، ولیکن می‌توان گفت افزودن طارمه بیرونی کیفیت هوای بهینه‌ای را هم در فضای نیمه‌باز و هم در اتاق فراهم آورده است.

• بررسی تأثیر فرم طارمه

در ابتدا لازم است تا الگوی کلی چرخش باد در فضای نیمه‌باز

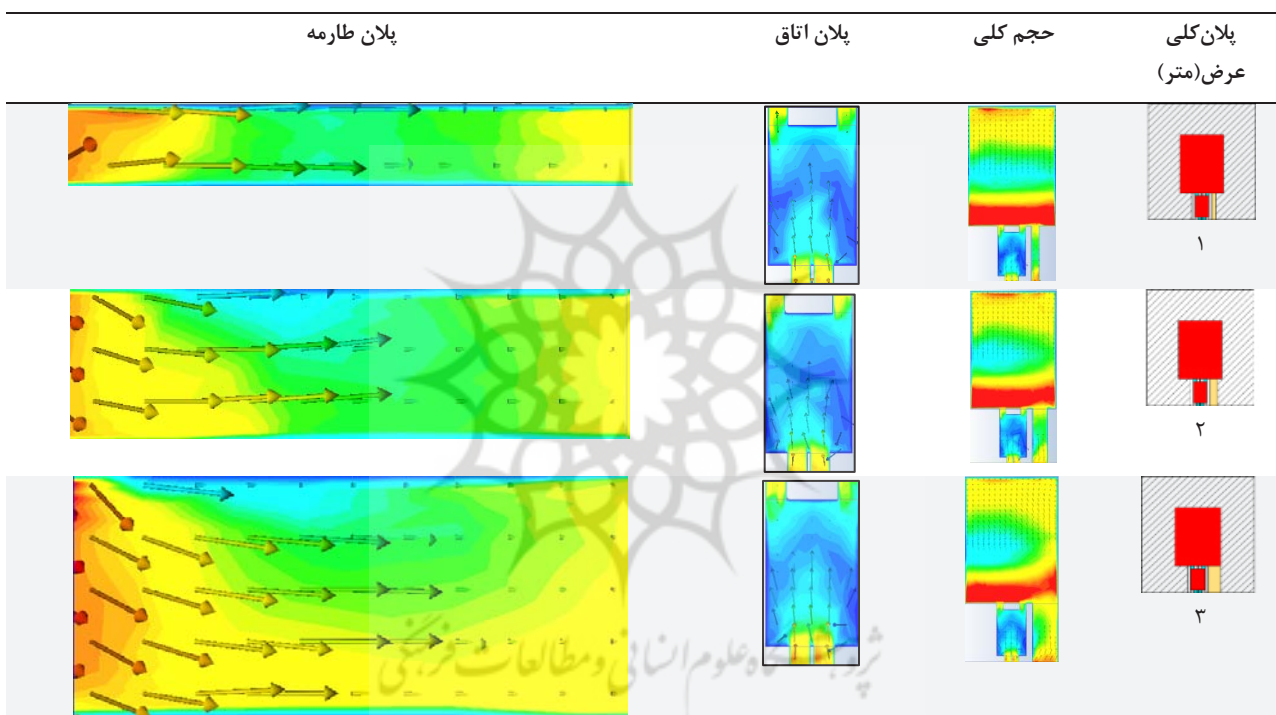
باتوجه به راستای حرکت باد، الگوی کلی چرخش باد یکسان است. برای عرض یک متر به دلیل ایجاد یک راهروی بلند با عرض کم، تونل باد ایجاد می‌شود که در آن، حالت بدون بازشو بهتر از اضافه شدن اتاق و بازشو است. همچنین، با افزایش عرض طارمه سرعت جریان هوا تا حدودی کاهش می‌یابد، ولیکن تفاوت ناچیز است.

• طارمه بیرونی

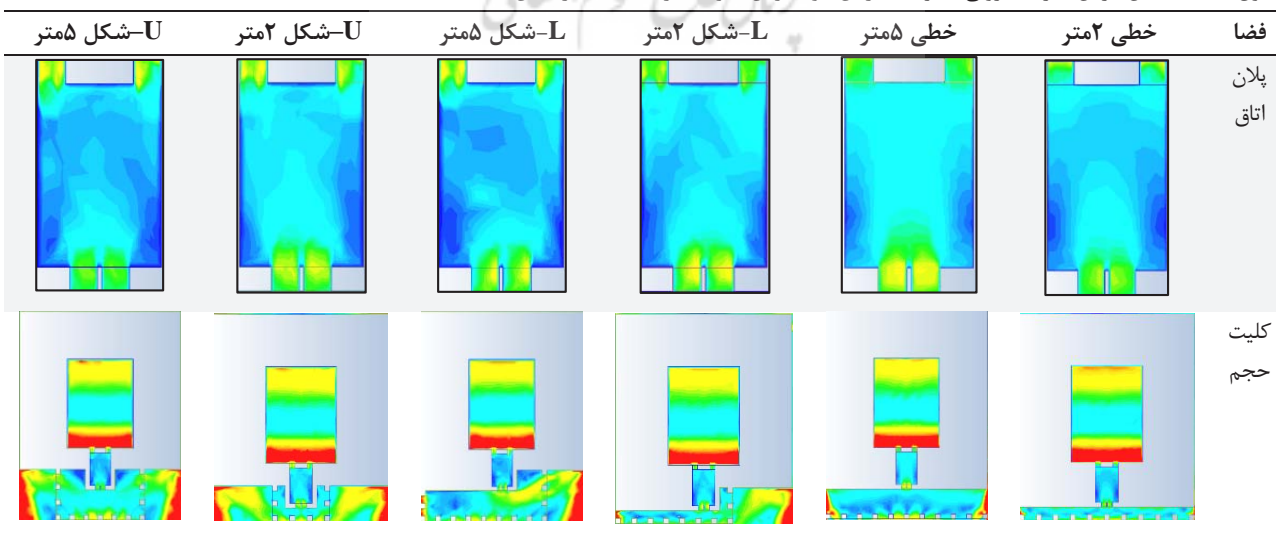
- سنجش عمق

در این مرحله لازم است تأثیر عرض طارمه بیرونی مورد سنجش قرار گیرد. به همین منظور، شبیه‌سازی برای سه فرم خطی،

جدول ۱۲. تأثیر عمق بر سرعت جریان هوا در طارمه میانی. مأخذ: نگارندگان.



جدول ۱۳. سنجش عرض طارمه بیرونی - سرعت جریان هوا (عرض ۲ و ۵ متر). مأخذ: نگارندگان.





جبهه D در فرم خطی نسبت به L-شکل کمتر، نسبت به U-شکل کمتر و نسبت به ۴-طرفه تقریباً یکسان است. عمر هوای جبهه D در فرم خطی در بیشترین مقدار خود است و پس از آن فرم‌های U-شکل و ۴-طرفه تهویه بسیار بهتری و در نهایت فرم L-شکل کمترین عمر هوا و بهترین تهویه را دارد. در مجموع، جبهه D در فرم L-شکل بهینه‌ترین تهویه را از بابت بیشترین سرعت جریان و کمترین عمر هوا و در فرم خطی بدترین تهویه شامل کمترین سرعت جریان و بیشترین عمر هوا را دارد. افزون بر آن، سرعت جریان هوای

به صورت طارمه بیرونی بدون وجود بازشو و ستون بررسی شود. به همین منظور، شبیه‌سازی ۴ حالت مختلف طارمه بیرونی پیرامون توده (جدول ۱۴) و ۲ حالت پیرامون اتاق (جدول ۱۵)، با عرض ۳/۵ متر انجام گرفت. یافته‌های جدول ۱۴ نشان می‌دهد، به صورت کلی افزودن طارمه‌های بیرونی باعث بهبود قابل توجه در کیفیت هوای فضای نیمه‌باز بیرونی شده است. در جبهه‌های B و C باد موازی با راستای تونل باد و در طول فضای نیمه‌باز حرکت می‌کند و بیشترین سرعت جریان هوا و کمترین عمر هوا را دارد. سرعت جریان هوا در

جدول ۱۴. سنجش فرم طارمه بیرونی: سرعت جریان و عمر هوا (برای حالت بدون اتاق و بازشو، به عرض ۳/۵ متر). مأخذ: نگارندگان.

مؤلفه	برش	پلان حیاط	پلان طارمه (سرعت جریان هوا)	پلان طارمه (عمر هوا)	فرم
جریان هوا سرعت					خطی
عمر هوا					
جریان هوا سرعت					L-شکل
عمر هوا					
جریان هوا سرعت					U-شکل
عمر هوا					
جریان هوا سرعت					۴-طرفه
عمر هوا					

نتایج حاصل از جداول مقایسه‌ای پیرامون طارمه‌های درونی نشان می‌دهد، با افزایش حجم کلی بنا، ناشی از افزودن طارمه بین حیاط و توده، کیفیت تهویه در حیاط و اتاق کاهش می‌یابد. با کاهش تعداد ستون‌ها و افزایش ابعاد ستون‌ها و نیز درحالی که ابعاد ستون‌ها ثابت و فاصله بین ستون‌ها افزایش می‌یابد، سرعت جریان هوا در فضای طارمه کاسته می‌شود، ولیکن در حیاط افزایش می‌یابد. در تمامی حالت‌ها با افزایش ارتفاع سرعت جریان هوای حیاط بیشتر و عمرها کمتر می‌شود. با افزودن شدن اتاق و بازشوها در جبهه D، بین حیاط، فضای نیمه‌باز و بیرون حجم ارتباط برقرار شده و کیفیت تهویه بهتر می‌شود. در نهایت، طارمه درونی به فرم خطی، بیشترین و طارمه ۴-طرفه، کمترین سرعت جریان هوا در حیاط و فضای نیمه‌باز را دارد. پیرامون طارمه میانی نتایج نشان می‌دهد، برای عرض یک متر به دلیل ایجاد یک راهروی بلند با عرض کم، تونل باد ایجاد می‌شود که در آن، حالت بدون بازشو بهتر از اضافه شدن اتاق و بازشو است. همچنین، با افزایش عرض طارمه میانی سرعت جریان هوا تا حدودی کاهش می‌یابد، ولیکن تفاوت ناچیز است. پیرامون طارمه بیرونی نتایج نشان می‌دهد، افزودن شدن فضای نیمه‌باز پیرامون اتاق در جبهه D باعث بهبود مؤلفه‌های سرعت جریان و عمر هوا در فضای نیمه‌باز و اتاق شده است. همچنین با افزودن شدن اتاق و بازشو در تراز

فضای نیمه‌باز در تمامی ترازهای ارتفاعی در جبهه A رو به باد بیشترین و در جبهه D پشت به باد کمترین است. گردش باد و مؤلفه‌های کیفیت هوا در هر ۳ طبقه و در هر ۴ فرم تقریباً (بجز در طبقه دوم در جبهه رو به باد) از الگوی یکسانی پیروی می‌کنند.

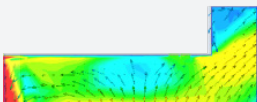

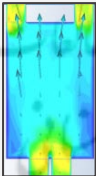
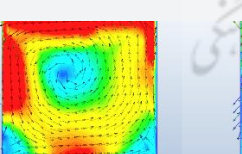
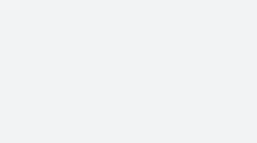
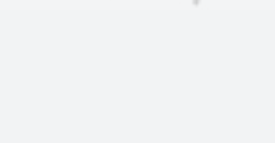
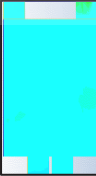
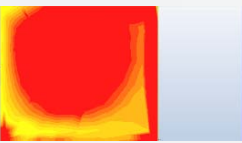
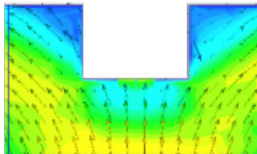

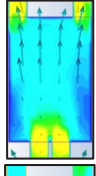
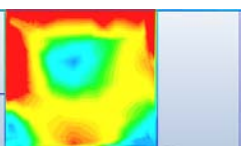



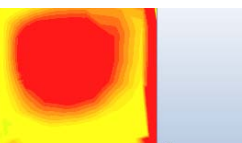
یافته‌های جدول ۱۵ نشان می‌دهد، افزودن شدن فضای نیمه‌باز پیرامون اتاق در جبهه D باعث بهبود مؤلفه‌های سرعت جریان و عمر هوا در فضای نیمه‌باز و اتاق شده است. همچنین با افزودن شدن اتاق و بازشو در تراز ارتفاعی دوم، کیفیت هوا در فضای نیمه‌باز این طبقه بهتر از سایر طبقات شده است.

در مجموع، افزودن شدن طارمه بیرونی در تمامی جهات (بجز فرم ۴-طرفه) بر کیفیت تهویه اتاق افزوده و همچنین کیفیت هوای مطلوبی نیز در خود فضای نیمه‌باز ایجاد کرده و تنها حالت ۴-طرفه است با کاهش سرعت جریان هوا روبه‌روست و در سایر فرم‌ها افزودن شدن فضای نیمه‌باز تقریباً باعث کاهش در فضای اتاق نشده است.

### نتیجه‌گیری

باتوجه به هدف این پژوهش در سنجش شاخصه‌های مرتبط با فضاهای نیمه‌باز در خانه‌های تاریخی حیاط مرکزی برای بهره‌مندی از تهویه طبیعی و رسیدن به راه‌حل‌های معمارانه،

جدول ۱۵. سنجش تأثیر فرم طارمه بیرونی بر کیفیت جریان هوای اتاق (عرض طارمه: ۳/۵ متر). مأخذ: نگارندگان.

فرم	پلان طارمه (عمر هوا)	پلان طارمه (سرعت جریان هوا)	پلان اتاق	برش	مؤلفه
شکل L-1					سرعت جریان هوا
					عمر هوا
شکل U-1					سرعت جریان هوا
					عمر هوا

ایران، (۲۰)، ۸۹-۱۱۵.

• کریم‌زاده، جمشید؛ مهدی‌نژاد درزی، جمال‌الدین و کریمی، باقر. (۱۴۰۱). تأثیر تناسب کالبدی بر عملکرد حرارتی ایوان‌ها در بافت تاریخی شیراز مبتنی بر بهبود شاخص آسایش حرارتی. *نامه معماری و شهرسازی*، ۱۵(۳۶)، ۲۷-۵۲.

• مقیمی، وحید؛ کیانی‌برازجانی، کیانا؛ امیرزاده، فاطمه؛ بحرینی، دریا و قنواتی، سمیرا. (۱۳۹۸). بررسی جهت‌گیری بهینه طارمه نسبت به جریان باد در بناهای سنتی بوشهر. *پژوهش‌های گردشگری و توسعه پایدار*، ۴(۷)، ۲۷-۳۶.

• واتسون، داند و لیز، کنت. (۱۳۸۷). *طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان (ترجمه وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی)*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

• هدایت، اعظم و ضیایی، مسعود. (۱۳۹۱). *تحلیل نقش باد در شکل‌گیری سیمای بافت تاریخی بوشهر*. دومین همایش ملی انرژی باد و خورشید. شرکت هم‌اندیشان انرژی کیمیا، تهران.

• هدایت، اعظم و طبائیان، سیده مرضیه. (۱۳۹۱). بررسی عناصر شکل‌دهنده و دلایل وجودی آن‌ها در خانه‌های بافت تاریخی بوشهر. *معماری اقلیم گرم و خشک*، ۳(۳)، ۳۵-۵۲.

• هدایت، اعظم و عشرتی، پرستو. (۱۳۹۵). گونه‌شناسی شکلی و استقراری شناسیر در معماری بومی بندر بوشهر. *پژوهش‌های معماری اسلامی*، ۴(۱۳)، ۴۰-۶۰.

• هدایت، اعظم و عشرتی، پرستو. (۱۳۹۹). گونه‌شناسی طارمه در معماری بافت تاریخی بندر بوشهر. *مسکن و محیط روستا*، ۳۹(۱۷۲)، ۱۰۶-۱۱۹.

• Al-Hinai, H., Batty, W. J. & Probert, S. D. (1993). Vernacular architecture of Oman: Features that enhance thermal comfort achieved within buildings. *Applied Energy*, 44(3), 233-258.

• Andersen, K. T. (2002). *Naturlig ventilation i erhvervsbygninger, By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut Horsholm*. Denmark: Alborg University.

• Antarikananda, P, Douvrou, E. & McCartney, K. (2006). *Lessons from traditional architecture: Design for a climatic responsive contemporary house in Thailand*. In Proceedings of the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture- PLEA2006-, Geneva, Switzerland.

• Bay, E., Martinez-Molina, A. & Dupont, W. (2022). Assessment of natural ventilation strategies in historical buildings in a hot and humid climate using energy and CFD simulations. *Building Engineering*, 51 (1), 104287.

• CIBSE, Chartered Institution of Building Services Engineers. (2005). *Natural ventilation in nondomestic buildings*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.

• Cuce, E., Sherc, F., Sadiq, H., Cuce, P., Guclua, T. & Besira, A. (2019). Sustainable ventilation strategies in buildings: CFD research. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, (36), 100540.

• Kristianto, M. A., Utama, N. A. & Fathoni, A. M. (2014). Analyzing Indoor Environment of Minahasa. *Traditional House*

ارتفاعی دوم، کیفیت هوا در فضای نیمه‌باز این طبقه بهتر از سایر طبقات شده است. در مجموع، افزوده‌شدن طارمه بیرونی در تمامی جهات (بجز فرم ۴-طرفه) بر کیفیت تهویه اتاق افزوده و همچنین کیفیت هوای مطلوبی نیز در خود فضای نیمه‌باز ایجاد کرده و تنها در حالت ۴-طرفه است که با کاهش سرعت جریان هوا روبه‌رو هستیم و در سایر فرم‌ها افزوده‌شدن فضای نیمه‌باز تقریباً باعث کاهش در فضای اتاق نشده است.

## پی‌نوشت‌ها

۱. Computational fluid dynamics
۲. velocity
۳. Local mean age of air
۴. AutoCAD
۵. Contour
۶. Validation
۷. ASHRAE
۸. Boundary conditions
۹. Grid study
۱۰. incompressible
۱۱. Pascal
۱۲. Viscose Model
۱۳. Continuity
۱۴. Momentum

## فهرست منابع

- انصاری، احمد. (۱۳۹۳). معرفی بافت تاریخی بندر بوشهر. *سروستان*، ۶(۱۵-۲۶).
- رنجبر، احسان؛ پورجعفر، محمدرضا و خلیجی، کیوان. (۱۳۸۹). خلاقیت‌های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر. *باغ نظر*، ۷(۱۳)، ۱۷-۳۴.
- رئیسی، ایمان. (۱۳۸۵). ریخت‌شناسی حیاط مرکزی در خانه‌های بوشهر. *شارستان*، ۱۳(۱۳)، ۷-۱۱.
- زارعی، محمد ابراهیم و بهبودی، نغمه. (۱۳۹۵). بررسی سرعت و فشار حرکت باد در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌های ورمال سیستان با بهره‌گیری از شبیه‌سازی CFD. *پژوهش‌های معماری اسلامی*، ۴(۱۰)، ۹۴-۱۱۰.
- سلیقه، الهام و سعادت‌جو، پریا. (۱۳۹۸). بررسی نقش تخلخل در خودسایه‌اندازی و کاهش انرژی دریافتی جداره‌ها در ساختمان‌های اقلیم گرم و مرطوب. *نقش جهان*، ۹(۴)، ۲۵۷-۲۷۱.
- شاهی، افشین و تکاپومنش، شیده. (۱۳۸۵). شناخت الگوهای معماری پایدار در بناهای مسکونی بافت قدیم بوشهر. *معماری و ساختمان*، ۷(۱۰)، ۱۳۰-۱۳۵.
- کریمی، باقر. (۱۳۹۱). تأثیر معماری قدیم بوشهر بر فرهنگ و معماری کشورهای حاشیه خلیج فارس (مطالعه موردی محله البستکیه شهر دبی). *هویت شهر*، ۶(۱۱)، ۸۵-۹۶.
- کریم‌زاده، جمشید؛ مهدی‌نژاد درزی، جمال‌الدین، کریمی، باقر. (۱۴۰۰). سنجش عملکرد عناصر اقلیمی خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز با رویکرد آسایش حرارتی؛ موردپژوهی: ایوان. *مطالعات معماری*

Using CFD. *Procedia Environmental Sciences*, (20), 172-179.

- Kumar, N., Kubota, T., Bardhan, R. & Tominaga, Y. (2020). CFD analysis of airflow in voids for better cross ventilation in midrise buildings in hot and humid climates. *Building Simulation Conference Proceedings*, (6), 3879-3885.
- Mohammadi, A., Saghafi, M. R., Tahbaz, M. & Nasrollahi, F. (2017). Potentials of Vernacular Climatic Solutions (VCS) in Energy Efficiency of Domestic Buildings in Hot and Humid Climate: The Case Study of Bushehr, Iran. *Space Ontology International Journal*, 6(3), 59 – 76.
- Masoumi, H., Nejati, N. & Amin Alah, A. (2016). Learning from the Heritage Architecture: Developing Natural Ventilation in Compact Urban Form in Hot-Humid Climate: Case Study of Bushehr, Iran. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(3), 414-432.
- Oikonomou, A. (2005). *Winter thermal comfort in 19th century traditional buildings of the town of Florina, in north-western Greece*, In Proc. 22nd PLEA Conference, Beirut-

Lebanon, 353-358.

- Ramli, N. H. (2012). Re-adaptation of Malay House Thermal Comfort Design Elements into Modern Building Elements – Case Study of Selangor Traditional Malay House & Low Energy Building in Malaysia. *Energy & Environment*, (3), 19–23.
- Ryu, Y., Kim, S. & Lee, D. (2009). The influence of wind flows on thermal comfort in the Daechung of a traditional Korean house. *Building and Environment*, 44(1), 18–26.
- Wai Tuck, N. G. (2021). *Effectiveness of passive cooling strategies of indoor thermal conditions for terrace house under hot and humid climate*. (Unpublished Phd Thesis). Razak Faculty of Technology and Informatics, Universiti Teknologi Malaysia.
- Xu, F., Li, Ch. & Tang, H. (2022). Influence analysis of space configuration on cooling load of a large semi-closed atrium in hot and humid region. *Building and Environment*, (225), 109670.



#### 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/>).



نحوه ارجاع به این مقاله:  
قهرمان ایزدی، ندا؛ تقی پور، ملیحه؛ اسکندری، حمید و موحد، خسرو. (۱۴۰۲). نقش پارامترهای مؤثر طارمه در بهبود تهویه طبیعی در خانه‌های حیاط مرکزی بافت تاریخی بوشهر. *باغ نظر*, ۲۰(۱۲۵), ۲۳-۴۲.

DOI:10.22034/BAGH.2023.385984.5336  
URL:[https://www.bagh-sj.com/article\\_178203.html](https://www.bagh-sj.com/article_178203.html)

