



Analysis of Airflow Patterns in Open and Semi-Open Spaces of Traditional Dezful Suzangar House with Emphasis on Cultural Characteristics

Omid Rahaei*

School of Architecture and Urban Design, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

Milad Omid

School of Architecture and Urban Design, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

Fereshteh Masihpour

Department of Architecture, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Received: 2024/02/07

Accepted: 2025/08/15

Abstract

Traditional houses are largely shaped by climatic adaptation and cultural values, with particular attention given to internal airflow as a passive environmental strategy. Among their architectural elements, central courtyards play a critical role in regulating natural ventilation and organizing daily life. This study investigates the airflow patterns within the central courtyard of the Suzangar House in Dezful and examines how these patterns relate to cultural characteristics embedded in traditional architecture. The research aims to evaluate natural ventilation conditions in the central courtyard of the Suzangar House, selected as a representative example of the Qibla-oriented courtyard house typology in Dezful, under the influence of prevailing external winds, to analyze airflow behavior and its cultural implications. This applied, interdisciplinary research employs a mixed-method approach. Initially, traditional courtyard houses in Dezful were reviewed and classified based on orientation and typology, leading to the selection of the Suzangar House as the case study. The physical characteristics of the central courtyard, particularly its orientation, were defined as the independent variable, while airflow circulation patterns—including velocity and direction—were identified as the dependent variables. Field measurements were conducted during the testing period using data logger devices. The collected data were subsequently simulated and analyzed through Computational Fluid Dynamics (CFD) using Gambit and ANSYS Fluent software, following validation and reliability assessments. The findings reveal that Dezful's traditional architecture is distinguished by central courtyards and spring porches (Baharkhab), with daily activities structured around the courtyard as a core spatial and cultural element. The courtyard serves multiple functions, including lighting, ventilation, and social communication. Airflow within the courtyard forms a vortex pattern that effectively enhances ventilation in the spring porches. Results indicate that a southeast-oriented building with an approximate east-west elongation is most suitable, as it facilitates airflow without obstruction. Ultimately, the central courtyard—particularly the spring porch as a climatically responsive gathering space—emerges as a key symbol of cultural identity. These findings provide insights for improving natural ventilation performance and informing the design of contemporary courtyard-based architecture.

Keywords:


Physical Elements,
Central Courtyard,
Suzangar House,
Natural Ventilation,
Cultural Identity,
Qiblah Direction.

© 2025 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license .

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



Citation: Rahaei O, Omid M, Masihpour F. (2025). Analysis of Airflow Patterns in Open and Semi-Open Spaces of Traditional Dezful Suzangar House with Emphasis on Cultural Characteristics *Journal of Researches in Islamic Architecture*, 13 (3): 1-15.

 [10.61186/jria.13.3.1](https://doi.org/10.61186/jria.13.3.1)

* **Corresponding Author:** o.rahaei@sru.ac.ir



تحلیل الگوی جریان هوا در فضاهای باز و نیمه‌باز خانه سوزنگر دزفول با تأکید بر ویژگی‌های فرهنگی

امید رهایی*

استادیار، گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

میلاذ امیددی

دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

فرشته مسیح‌پور

گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۵/۲۴

چکیده

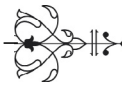
خانه‌های سنتی عمدتاً بر پایه سازگاری با اقلیم و فرهنگ شکل گرفته و توجه به جریان‌های هوای داخلی این خانه‌ها، در اولویت طراحان بوده است. شواهد نشان می‌دهد که عناصر کالبدی معماری حیاط‌های مرکزی می‌تواند در فرآیند تهویه طبیعی فضاهای پیرامونی حیاط مرکزی تأثیرگذار باشد. سوال پژوهش این است که الگوی جریان هوای داخل حیاط مرکزی خانه سوزنگر دزفول به چه صورت است و چه تأثیری بر ویژگی‌های فرهنگی دارد؟ هدف این پژوهش، بررسی وضعیت تهویه طبیعی در حیاط مرکزی خانه سوزنگر به‌عنوان نماینده رون قبله در جامعه آماری خانه‌های دارای حیاط مرکزی دزفول تحت تأثیر باد خارج است تا بتوان علاوه بر تحلیل الگوی جریان هوا، ارتباط این الگو با ویژگی‌های فرهنگی را یافت. پژوهش پیش‌رو، کاربردی و دارای ماهیتی میان‌رشته‌ای است. روش تحقیق، ترکیبی است که ابتدا پس از بررسی خانه‌های سنتی و دارای حیاط مرکزی، الگویابی و تقسیم بر اساس رون و جهت‌گیری انجام و خانه سوزنگر انتخاب شد. عناصر کالبدی حیاط مرکزی (جهت‌گیری حیاط) به‌عنوان متغیر مستقل و الگوی گردش جریان هوای داخل حیاط مرکزی (سرعت و جهت جریان) به‌عنوان متغیر وابسته توسط دستگاه اندازه‌گیری دیتالاگر با روش تجربی در دوره آزمون این پژوهش، مورد سنجش قرار گرفت. سپس داده‌ها توسط پیش‌پردازشگر گمبیت و نرم‌افزار انسیس فلونت (پس از اثبات روایی و پایایی) با روش دینامیک سیالات محاسباتی^۱ شبیه‌سازی و تحلیل گردید. نتایج نشان می‌دهد معماری سنتی دزفول با حیاط مرکزی و بهارخواب همراه است و فعالیت‌ها در اطراف حیاط مرکزی انجام می‌گرفته و این مهم، بخشی از هویت فرهنگی دزفول می‌باشد. حیاط، فضای تأمین نور، تهویه و ارتباطات است. جریان هوای درون حیاط مرکزی، به‌صورت گردابه‌ای شکل می‌گیرد و تهویه مناسبی را در بهارخواب‌ها ایجاد می‌کند. همچنین با توجه به جریان باد غالب، جهت‌گیری مناسب بنا جنوب شرقی و کشیدگی حدودی شرقی-غربی مناسب است و مانع ایجاد جریان هوا در داخل بنا نمی‌شود. حیاط مرکزی با ایفاکردن نقش‌های مختلف در زندگی روزمره ساکنین و به‌طور خاص، بهارخواب به‌عنوان یکی از فضاهای گردآمدن افراد با توجه به جریان هوای موجود در آن، از نمادها و هویت‌های فرهنگی شناخته می‌شود. توجه به نتایج ارائه شده موجب بهبود وضعیت آسفتگی و الگوی گردش هوای داخل حیاط مرکزی و در نتیجه تهویه طبیعی موثرتری می‌گردد.

واژگان کلیدی: عناصر کالبدی، حیاط مرکزی، خانه سوزنگر، تهویه طبیعی، هویت فرهنگی، رون قبله.

ارجاع به مقاله: رهایی امید، امیددی میلاذ، مسیح‌پور فرشته. (۱۴۰۴). تحلیل الگوی جریان هوا در فضاهای باز و نیمه‌باز خانه سوزنگر دزفول با تأکید بر ویژگی‌های

فرهنگی، پژوهش‌های معماری اسلامی، ۱۳(۳): ۱-۱۵. doi: 10.61186/jria.13.3.1

* نویسنده مسئول: o.rahaei@sru.ac.ir



سطح پنجره در مواجهه با تابش شدید و جهت‌گیری ساختمان که الزامات خاص خود را برای طراحی و بهره‌گیری از شرایط مطلوب محیطی دارد (معماریان ۱۳۸۷؛ مفیدی شمیرانی و قاضی جهانی ۱۳۹۱؛ هوشیاری و پورنادری ۱۳۹۵).

لذا در این پژوهش، وضعیت سیر کولاسیون هوا در حیاط مرکزی خانه سنتی سوزنگر دزفول با جهت‌گیری و رون قبله و به‌عنوان نماینده آن، با در نظر گرفتن جهات مختلف وزش باد منطقه و تحت تأثیر متغیر کالبدی حیاط مرکزی (جهت‌گیری) مورد مطالعه قرار گرفته تا از این طریق بتوان الگوهای معماری بومی با جهت‌گیری و کشیدگی شمال شرقی جنوب غربی منطقه دزفول را در جهت تقویت آن و کمک به بهبود تهویه طبیعی بررسی کرد. این پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش است که الگوی جریان هوای داخل حیاط‌های مرکزی خانه‌های اقلیم دزفول با توجه به جریان باد خارج به چه صورت است و چگونه بهبود می‌یابد؟ و این الگوی جریان هوا چگونه بر فرهنگ، هویت فرهنگی و ارتباطات اجتماعی ساکنین تأثیر می‌گذارد؟ نتایج این پژوهش می‌تواند موجب تقویت الگوهای معماری بومی از طریق بهبود وضعیت تهویه طبیعی با توجه به محدودیت انرژی در استفاده از تهویه مطبوع در اقلیم دزفول گردد.

۲. پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی در جهت بررسی جریان هوا انجام شده است. در تحقیقات، وضعیت جریان هوای فضای داخل را در فضاهای مسکونی (رهايي ۱۴۰۰، ۲۵-۴۶؛ Yin et al 2019، 17-1؛ Figueroa-Lopez et al 2021)، فضاهای آموزشی (Vassella et al 2021؛ رهایی و عظمتی ۱۳۹۹، ۵۷-۷۱) و فضاهای اداری (Schulze et al. 2018، 265؛ Indraganti and Boussaa 2017، 23؛ Nomura and Hiyama 2017، 39-53؛ et al. 2014، 746-754) بررسی کرده‌اند. رهایی در مقاله‌ای (۱۴۰۰، ۲۵-۴۶) به بررسی جریان هوا در حیاط‌های مرکزی خانه‌های سنتی قاجار در اصفهان با استفاده از مدل k-E استاندارد برای شبیه‌سازی جریان هوا پرداخته است. همچنین رؤسای و رهایی (۱۳۹۹) و رهایی و عظمتی (۱۳۹۹) با روش دینامیک سیالات محاسباتی و با استفاده از نرم‌افزارهای فلوئنت و گمبیت جریان هوا را به ترتیب در فضای داخلی اداری مجهز به تهویه مطبوع و فضای آموزشی بررسی کرده است. سربیانوریکا و دیگران (Sribanurekha et al. 2016) اندازه و موقعیت پنجره‌ها را با شبیه‌سازی و آزمایش تجربی بررسی کرده است. تئودوسیو و دیگران (Teodosiu et al. 2014، 28) و کامپچر و دیگران (Kompatscher et al.)

۱. مقدمه

در خانه‌های امروزی که حتی در مواقع غیرضروری نیز از تهویه مطبوع استفاده می‌شود، می‌توان با تکیه بر معماری سنتی، از روش‌های متعادل‌تری برای کاهش مصرف انرژی بهره گرفت (رهايي ۱۴۰۰، ۲). در معماری سنتی ایران، از روش‌های هوشمندانه‌ای برای ایجاد جریان هوا استفاده شده است (رهايي ۱۳۹۲، ۳) که یافتن این الگوها برای معماران همواره اهمیت داشته است (پسران و دیگران ۱۳۹۸، ۲)؛ در حالیکه در خانه‌های مدرن، سیستم تهویه مطبوع به‌عنوان انتخاب نهایی حتی در موارد غیرضروری نیز به دلیل بی‌اعتمادی به تهویه طبیعی استفاده می‌شود (کوچ نیلسن ۱۳۹۶، ۲۳). سبک‌ها و الگوهای فرهنگی در معماری سنتی، از تجربه و علم معماران گذشته و در جهت دستیابی به بهترین عملکرد برای بناهای هر منطقه می‌باشد که طراحی بنا با استفاده از این الگوهای بومی که در آن‌ها به خصوصیات اقلیمی نیز توجه شده باشد می‌تواند به کاهش مصرف انرژی نیز کمک کند (رهايي و رضایی‌زاده ۱۴۰۱، ۲).

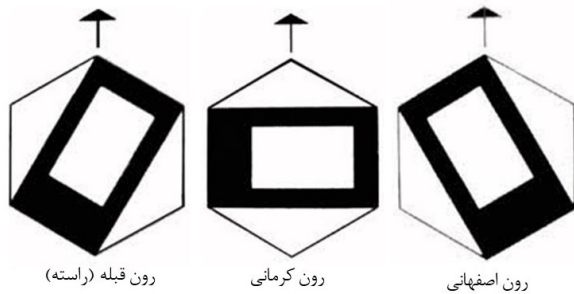
در اقلیم گرم، ساختمان باید چنان باشد تا ترکیب‌بندی فضاها تسهیل و امکان تهویه طبیعی نیز وجود داشته است. حیاط مرکزی خانه‌ها نقش مهمی در تعدیل هوا دارد (رهايي ۱۴۰۰، ۱). با توجه به آنکه جریان هوا و عناصر معماری در ارتباط مستقیم با یکدیگر هستند، بررسی و تحلیل متغیرهای معماری مورد استفاده در حیاط‌های مرکزی، می‌تواند تهویه طبیعی را در دیگر بناها با یافتن الگوی جریان هوا بهبود بخشد (عطروش و فیاض ۱۳۹۴، ۳). بنابراین توجه به جریان هوای فضای داخلی ساختمان با تکیه بر عناصر معماری موضوعی پراهمیت است. خانه‌های معماری سنتی در ایران عمدتاً بر پایه سازگاری با آب‌وهوا و اقلیم منطقه شکل گرفته‌اند (رهايي ۱۴۰۰، ۲) و معماری سنتی در دزفول، فضاهایی با محوریت حیاط مرکزی را شکل می‌دهد که در آن‌ها حیاط، نقش تهویه و ارتباط را دارد (سلطانزاده ۱۳۹۰، ۱۲). از آن‌جا که هویت فرهنگی در معماری گذشته با هویت انسانی در هم آمیخته شده است، بی‌توجهی به ساختارها و الگوهای هویتی معماری مسکونی ایران، مشکلات بنیادین در توسعه معماری معاصر ایجاد کرده است (آهویی، احمدی، و کلانتری ۱۴۰۰). بنابراین بررسی این شیوه از ساختمان‌سازی با توجه به جهت قرارگیری بنا و نوع باد غالب ضرورت دارد تا وضعیت جریان هوای داخلی و تهویه طبیعی مشخص گردد.

در معماری گذشته، اصول و روش‌هایی برای طراحی بکارگرفته می‌شد که معماری هماهنگی کاملی با اقلیم و ویژگی‌های آب و هوایی داشته باشد. روش‌هایی مانند ترکیب فضایی اطراف حیاط مرکزی، درون‌گرایی و محرمیت، کاهش



میراث ارزشمند برای نسل‌های آینده پرداختند. نتیجه بدست آمده نشان‌دهنده امکان ایجاد رابطه در میان معماری معاصر و گذشته با استفاده از فضاهای بینابینی و امکان تداوم هویت معماری گذشته در معماری معاصر است.

حیدری دلگرم (۱۳۹۶) در مقاله‌ای به بررسی رون و جهت‌گیری و کشیدگی بناهای سنتی در معماری می‌پردازد. در این بررسی، اصطلاحات معرفی شده توسط استاد پیرنیا و رون‌های اصفهانی، قبله و کرمانی معرفی شدند. همانند تصویر ۱، مطابق نظریه پیرنیا، این رون‌ها در قالب مستطیل‌های محاطی در یک شش ضلعی با کشیدگی‌های مختلف قرار گرفته‌اند (حیدری دلگرم ۱۳۹۶؛ عمرانی پور ۱۳۸۳). هوشیاری و پورنادری (۱۳۹۵) به بررسی رون اصفهانی و میزان صحت ارتباط آن با ویژگی‌های اقلیمی پرداختند.



تصویر ۱. رون‌ها و جهت‌گیری‌های معماری سنتی (ماخذ: حیدری دلگرم ۱۳۹۶)

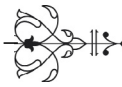
مطابق مطالعات بررسی شده، پژوهش‌های بسیاری تهویه طبیعی را با استفاده از نرم‌افزار فلونت و گمبیت انجام داده‌اند که این امر، اعتبار روش استفاده شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. همچنین توجه به هویت فرهنگی معماری گذشته و تلاش برای شناخت و تقویت آن بخصوص از منظر عملکردهای اقلیمی در معماری معاصر و مسئله تهویه طبیعی و جریان هوا، دغدغه پژوهش‌ها و در بخش‌های مختلف قابل بررسی است. در این پژوهش نیز بررسی الگوی جریان هوای حیاط مرکزی در جهت‌های جریان باد غالب شهر دزفول با توجه به جهت‌گیری بناهای سنتی براساس رون‌های اصفهانی، کرمانی و قبله، مسئله‌ای است که بیشتر به آن پرداخته نشده است.

۳. روش تحقیق

هدف پژوهش حاضر، بررسی و تحلیل رفتار جریان هوای داخل حیاط مرکزی و فضاهای پیرامونی آن تحت تأثیر جهت باد خارج غالب در اقلیم دزفول و براساس عنصر کالبدی جهت‌گیری در خانه سوزنگر است. این پژوهش از نوع

شيوه‌های تهویه طبیعی و جریان هوا را با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی مطالعه کرده‌اند. با استفاده از نرم‌افزار فلونت، صادقی و دیگران (۱۴۰۰، ۳۳-۴۰) به بررسی عددی بادگیر در ایجاد تهویه طبیعی و ثقفی و توسلی (۱۳۹۵، ۵-۱۴) به بررسی عملکرد حرارتی ساختمان با تأثیر لایه هوای تهویه شده پرداخته‌اند. حیدری و دیگران (۱۳۹۶، ۲۱-۳۳) به تحلیل ساختار فضایی خانه‌های سنتی شهرهای یزد، اصفهان و کاشان با بررسی حیاط به‌عنوان عنصر فضایی و با روش مقایسه‌ای پرداختند. پسران و دیگران (۱۳۹۸، ۱۰۱-۱۱۹) نیز تهویه طبیعی در خانه‌های قاجاری شیراز را با استفاده از نرم‌افزار بررسی کرده‌اند. شولز (Schulze et al. 2018, 265) عملکرد ساختمان‌های مدرن پیشرفته را با طراحی مناسب تهویه طبیعی مناسب دانست. بحرانی و دیگران (۱۳۹۷، ۱۷۹-۱۸۶) نیز عنصر معماری شناشیر را با روش دینامیک سیالات محاسباتی و نرم‌افزار فلونت بررسی کرده است. صادقی و دیگران (۱۴۰۰، ۳۳-۴۰) پیرامون تهویه طبیعی تحت تأثیر بادگیر و عملکرد آن با استفاده از نرم‌افزار فلونت تحقیق کرده‌اند.

پژوهش‌هایی به بررسی عوامل و عملکردهای اقلیمی در عناصر و اجزای اقلیمی در مناطق مختلف پرداخته‌اند. رهایی و رضایی‌زاده (۱۴۰۱، ۱۵۰-۱۶۶) نقوش هندسی سنتی در دزفول را از منظر اقلیمی و رفتار حرارتی در جهت احیای هویت فرهنگی با استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزار انرژی پلاس بررسی کرده‌اند و این نتیجه حاصل شده است که الگوهای سنتی و بومی باعث کاهش دمای هوای داخل می‌شود. زارعی و بهبودی (۱۳۹۵، ۹۴-۱۱۰) نیز در پژوهش خود، بنایی سنتی در سیستان را با توجه به جهت قرارگیری در معرض باد با استفاده از نرم‌افزار فلونت تحلیل کردند و مشخص شد که جهت‌گیری بنا با جهت وزش باد تطبیق دارد. شریف و دیگران (۱۳۹۵، ۶۰-۷۱) گره‌چینی منطقه شیراز از منظر اقلیمی تحلیل کردند که نتیجه حاصل شده این است که فراوانی گره‌ها در ضلع غربی برای کنترل نور نامطلوب موثر در معماری سنتی موثر می‌باشد. در همین راستا، مطالعات هویت در معماری نیز اهمیت بسیاری دارد. آهویی، احمدی، و کلانتری (۱۴۰۰) در پژوهشی با بیان این نکته که معماری معاصر در گرو توجه به الگوهای هویتی در معماری مسکونی گذشته است، با هدف شناسایی ساختارهای هویتی خانه‌های سنتی ایرانی، به بررسی عناصر هویت‌ساز در معماری آن‌ها پرداخته است. کاکیزاده، ناصری، و دباغ (۱۴۰۰) در پژوهش خود معماری تاریخی و عناصر آن را عامل هویت‌بخش بافت شهری می‌داند. لطیفی و مهدوی‌نژاد (۱۴۰۱) به شناخت و بازیابی الگوهای رایج در معماری گذشته با هدف حفظ هویت و اصالت فرهنگی و خلق



شکل ۳. دستگاه آنومتر



شکل ۲. دیتالاگر

و سپس داده‌ها با روشی تحلیلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین با توجه به پیشینه تحقیق، از مدل $K-E$ استفاده می‌گردد. باتوجه به هدف، اجزا و عناصر کالبدی معماری همچون ابعاد فیزیکی و فضاهای اطراف حیاط مرکزی به‌عنوان متغیر مستقل می‌باشد. از آنجا که فرآیند تهویه طبیعی حیاط مرکزی مدنظر پژوهش است، عملکرد اقلیمی آن فقط از دیدگاه تهویه طبیعی مورد بررسی است. عناصر کالبدی حیاط مرکزی شامل: ۱. ابعاد حیاط، ۲. عمق موثر حیاط در زمین، ۳. اجزای فیزیکی و کالبدی موجود در حیاط، و ۴. جهت‌گیری موثر نسبت به جریان باد غالب می‌باشد که جهت‌گیری حیاط مرکزی نسبت به جهت جریان باد غالب به‌عنوان متغیر مستقل پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین الگوی جریان هوای داخل حیاط مرکزی شامل سرعت و جهت حرکت باد در خانه سوزنگر به‌عنوان متغیر وابسته مد نظر است.

در گردآوری داده‌ها از طریق روش دینامیک سیالات محاسباتی، گرانس زمین ۹۰۸ در جهت جاذبه زمین انتخاب شده است. کلیه داده‌ها بر اساس برداشت‌های تجربی دوره آزمون به نرم‌افزار داده و شرایط مرزی تعیین گردید. قوس‌ها ساده‌سازی و پنجره‌ها و بازشوهایی که در زمان برداشت‌های میدانی دارای جریان عبوری هوا بودند، باز در نظر گرفته شدند و سایر بازشوها بسته فرض شدند. معادلات حاکم بر حرکت سیالات شامل معادله پیوستگی (معادله بقای جرم) و معادلات ناوراستوکس (معادلات بقای مومنتوم) هستند. معادله پیوستگی^۲ اصل بقای جرم را شرح می‌دهد. بقای جرم بیان می‌کند که برای حجم ثابتی از سیال، شار جرمی خالص کل در حجم باید با تغییرات چگالی متعادل گردد.

۳-۱. جامعه آماری

با توجه به اینکه کشیدگی و جهت‌گیری اصلی بنا در معماری سنتی براساس سه رون اصفهانی (شمال غربی- جنوب شرقی)، قبله (راستای شمال شرقی- جنوب غربی) و کرمانی (راستای شرقی- غربی) طبقه‌بندی شده است (حیدری دلگرم ۱۳۹۶)، جامعه آماری این پژوهش مطابق روش تحقیق،

تحقیقات کمی و کاربردی با بهره‌گیری از یک روش ترکیبی (آزمون تجربی، شبیه‌سازی، و پژوهش موردی) و میان‌رشته‌ای است که رشته‌های مختلفی چون معماری و مکانیک سیالات را در برمی‌گیرد. برای دستیابی به هدف پژوهش مراحل زیر انجام شد: ابتدا پس از بررسی خانه‌های دارای حیاط مرکزی در دزفول، اطلاعات آن‌ها دسته‌بندی که بخشی از این گونه‌ها در جدول ۱ آمده است. سپس خانه‌ها براساس جهت‌گیری جغرافیایی و کشیدگی در بافت (که یکی از روش‌های همساز با اقلیم و تهویه طبیعی است) مشخص شدند که در دزفول، هر سه رون نظریه پیرنیا وجود دارد. با توجه به آنکه رون قبله در دزفول، برخورد متفاوتی با جهت‌های باد غالب دارد، این کشیدگی برای بررسی انتخاب و خانه سوزنگر به‌عنوان نماینده رون قبله، با داشتن حیاط مرکزی و سهولت دسترسی به اطلاعات، مداخله کمتر در عناصر کالبدی و امکان حضور و برداشت‌های میدانی جهت بررسی مولفه‌ها و متغیرها انتخاب شد. بررسی‌ها و برداشت‌های میدانی در دوره آزمون به روش تجربی صورت گرفت و نتایج آن‌ها ثبت شد.

در این پژوهش متغیرهای وابسته توسط دستگاه دقیق دیجیتالی (یک دماسنج و رطوبت‌سنج صنعتی دیجیتالی (تصویر ۲) (که با دماسنج‌های آزمایشگاه بندر امام چک شده است) استفاده شده است که تا ۰.۱ درجه سانتیگراد و ۱٪ رطوبت نسبی را نشان می‌دهد. جهت پیشروی کار و تأیید عددی‌های نشان داده شده از دماسنج الکلی آلمانی (که با دماسنج‌های آزمایشگاه بندر امام چک شده است) استفاده شده است. دستگاه آنومتر حرارتی (تصویر ۳) (دستگاه دیجیتالی (Digital) مدل TES1340 جهت درجه حرارت با درصد خطای ۰.۱، رطوبت نسبی با درصد خطای ۰.۱٪ و سرعت جریان هوا با درصد خطای ۰.۱ متر بر ثانیه (برای مشخص کردن دقیق سرعت جریان ورودی‌ها و خروجی‌ها) مورد استفاده قرار گرفته است. در یک دوره شش ماهه، آزمایشات میدانی و مشاهدات تجربی در نقاط مختلف حیاط، بام و فضای خیابان در خارج محدوده خانه سوزنگر به ثبت رسید. این دوره زمانی از فروردین ۱۳۹۹ ش. شروع و تا شهریور ۱۳۹۹ ش. به طول انجامید. جهت باد غالب، سرعت آن و رفتار جریان هوا به‌وسیله آزمایش دود در حیاط بررسی شد. این آزمون‌های دوره‌ای هر دو هفته یک‌بار حدود ساعات ۱۰، ۱۲ و ۱۸ صورت می‌پذیرفتند.

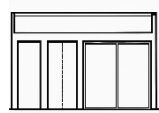

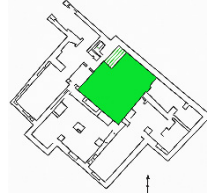
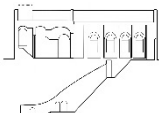
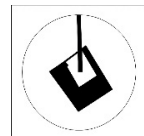
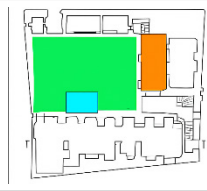

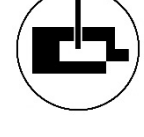
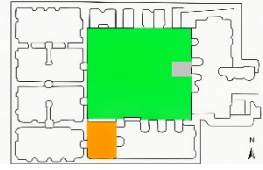

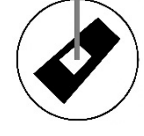
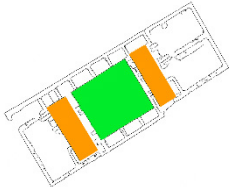
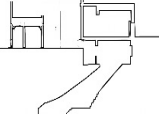
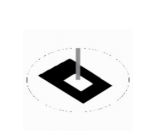
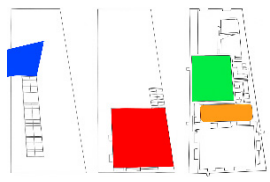
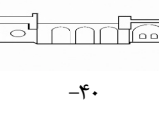

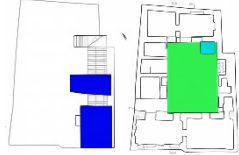
سپس نقشه‌های خانه سوزنگر پس از ترسیم، با نرم‌افزار گمبیت شبکه‌بندی و پس از تعریف شرایط مرزی، محاسبات عددی و شبیه‌سازی‌ها در نرم‌افزار فلوئنت انجام شد. اعتبارسنجی روش دینامیک سیالات محاسباتی در این تحقیق با آزمون‌های تجربی و تطابق نتایج آن‌ها انجام شد

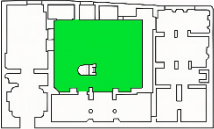
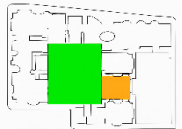


آن‌ها، خانه سوزنگر به‌عنوان نمونه موردی و نماینده رون قبله مشخص شد. این رون در دزفول، برخلاف جهات باد غالب است و در مجموع نیاز به بررسی همه جهات‌ها و رون‌ها براساس باد غالب وجود دارد. جدول ۱، ویژگی‌های کالبدی و جهت‌گیری برخی از بناهای سنتی دارای حیاط مرکزی در دزفول را نشان می‌دهد.

خانه‌های دارای حیاط مرکزی در دزفول مشخص شده است. وزش باد غالب در دزفول عمدتاً از دو جهت غرب به شرق و شمال‌غربی به جنوب‌شرقی است که این دو جهت، هم‌راستا با رون‌های کرمانی و اصفهانی و در راستای مخالف با رون قبله است. پس از بررسی میدانی و اسنادی کلیه ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی و مشخص شدن جهت‌گیری و رون

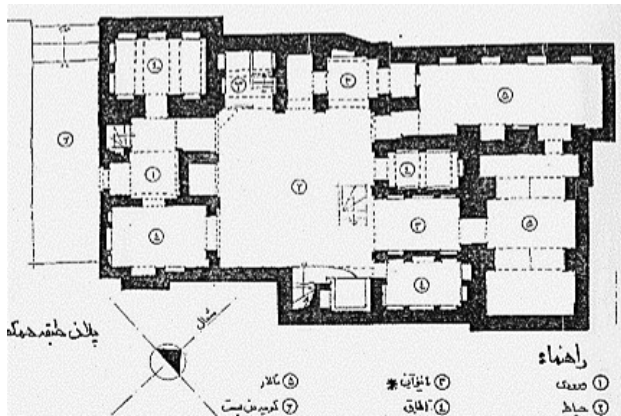
جدول ۱. بررسی ویژگی‌های کالبدی معماری و جهت‌گیری جامعه آماری (خانه‌های دارای حیاط مرکزی دزفول) (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	نام ساختمان	ابعاد زمین	ابعاد حیاط	عمق حیاط نسبت به جان‌پناه بام	نسبت مساحت حیاط به زمین	حوض	آب‌ون	رون	جهت قرارگیری و کد ارتفاعی حیاط نسبت به کوچه (سانتی‌متر)	برش طولی زمین	جهت قرارگیری	پلان‌ها
۱	خانه عباسقلی	x 17.38 21.46	x 7.65 7.78	5.60	16%	-	-	قبله	..			
۲	خانه عبدبازاده دباغ	x 16.42 18.97	x 8.20 11.48	6.78	30%	*	*	اصفهانی	۲۲			
۳	خانه ارفش و شمسی فر	x 14.86 23.61	x 7.77 7.95	4.80	24%	-	*	کرمانی	-۱۲			
۴	خانه اشاری	x 9.75 23.92	x 6.48 9.91	5.40	20%	-	*	قبله	۲۰			
۵	خانه فخرایی	متر 17x 6	متر 4.9 x 4.9	4.9	25%	-	*	اصفهانی	-۶۴			
۶	خانه گرجی	x 12.64 18.70	x 9.19 6.4	7.15	25%	*	-	اصفهانی	-۴۰			

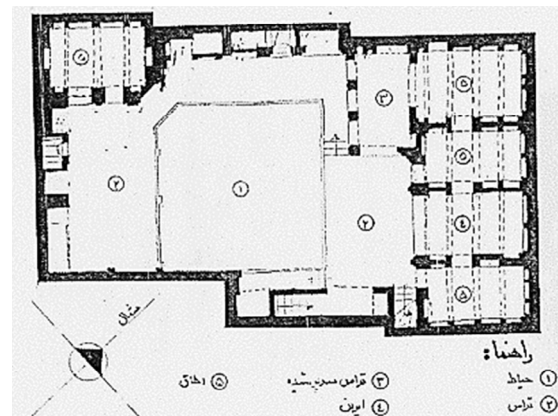
ردیف	نام ساختمان	ابعاد زمین	ابعاد حیاط	عمق حیاط نسبت به جان پناه بام	نسبت مساحت حیاط به زمین	حوض	ایوان	رئون	و کد ارتفاعی حیاط نسبت به کوچه (سانتی متر)	جهت قرارگیری	برش طولی زمین	پلان ها
۷	خانه پاکرآزاده	x 19.96 20.42	x 8.83 11.59	5.80	27% 5%	-	-	اصفهانی	-۳۰			
۸	خانه سوزنگر	x 14.84 23.57	x 7.67 7.86	13.43	18%	-	*	قبله	-۳۹			

کوچه‌های اطراف، ۳۹ سانتی متر پایین تر است. همانطور که در تصویر ۴ مشخص شده است، بخش زیادی از طبقه اول این خانه به فضاهای باز و بالکن‌های عریض اختصاص داده شده است.

۲-۳. خانه سوزنگر
تصاویر ۴ تا ۷، اطلاعات خانه سوزنگر را نشان می‌دهند. خانه سوزنگر به صورت دوطبقه و دارای بهارخواب در طبقه اول می‌باشد. حیاط مرکزی خانه سوزنگر نسبت به کف



تصویر ۵. پلان طبقه همکف (خانه سوزنگر)



تصویر ۴. پلان طبقه اول (خانه سوزنگر)



تصویر ۷. خانه سوزنگر، دید از حیاط



تصویر ۶. خانه سوزنگر، دید از طبقه اول

۴. یافته‌ها و بحث

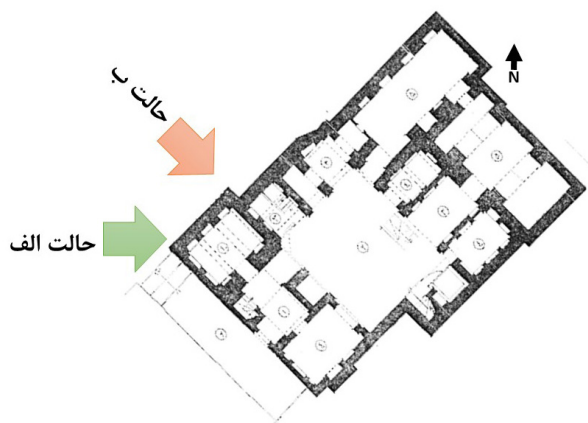
اندازه‌گیری تجربی نشان می‌دهد که به طور متوسط سرعت وزش باد غالب محلی از خارج خانه به طور کلی حدود ۵ متر بر ثانیه و جهت آن غالباً غرب به شرق و بعضاً شمال غرب به جنوب شرق بوده است. ضمن اینکه در تراز کف حیاط سرعت باد تا نیم متر بر ثانیه افت می‌کند و در تراز بهارخواب‌ها در طبقه اول در حدود ۳ متر بر ثانیه بود. در فضای حیاط نوعی جریان مکشی و معکوس از شرق به غرب نیز برقرار بود و در میانه حیاط، یک گردابه هوایی چنان تشکیل می‌شد که جریان هوای ورودی را دور ساختمان به گردش در می‌آورد و پس از هوادهی فضاهای همکف، از بالا خارج می‌شد. بنا بر روش تحقیق، حجم کلی (سه‌بعدی) خانه سوزنگر با روش شبکه‌بندی شد (تصویر ۸) و بر اساس جهت‌های باد غالب، تحلیل‌ها انجام شدند. بدین ترتیب، حالت‌های مختلف ورود جریان هوا به حیاط و جریان هوای داخل آن بر اساس مفروض‌های این پژوهش شبیه‌سازی گردید. همانطور که تطابق داده‌های تجربی با شبیه‌سازی‌ها، گویای این است که شبیه‌سازی‌ها درست بوده و از روایی و پایایی لازم برخوردارند. مقایسه نتایج تجربی با شبیه‌سازی‌ها طبق استاندارد اشری، کمتر از ۱۰ درصد است که این اعتبار شبیه‌سازی‌ها را اثبات می‌نماید (تصویر ۹).

۴-۱. بررسی حالات مختلف

جریان هوای داخل حیاط و پیرامون بنای نمونه موردی در شرایط مختلف بر اساس نتایجی که از آزمایش تجربی و داده‌های هواشناسی بدست آمد مورد آزمون قرار گرفت؛ بنابراین به طور کلی جریان بادی که به سمت بنا می‌وزد، از دو جهت غالب غرب و شمال غرب است (شکل ۱۰) که بنا در هر کدام از این حالات مورد بررسی قرار می‌گیرد تا بهترین حالت وزش باد مشخص گردد. در این پژوهش، قالب مدل‌های سه‌بعدی مورد تحلیل واقع شدند که حالت‌های آن به شرح زیر است:

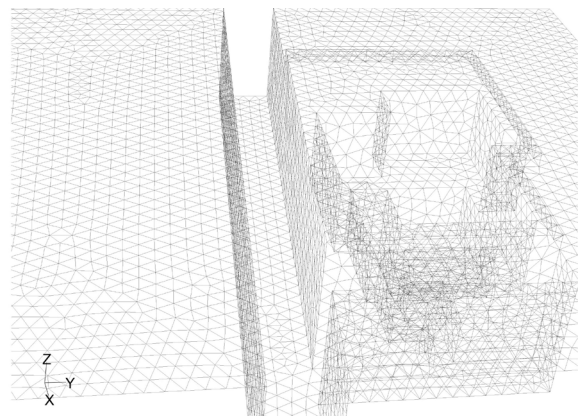
الف) در این حالت باد از سمت غرب با سرعت ۵ متر بر ثانیه به طرف بنا در نظر گرفته شد. در این حالت حجم اصلی ساختمان چنان است که شاهنشین آن پشت به باد بوده و تأثیرات آن بررسی می‌شود. بردارهای سرعت و جهت جریان باد پس از شبیه‌سازی‌ها مطابق جدول ۱ است.

ب) در این حالت باد از سمت شمال غربی با سرعت ۵ متر بر ثانیه به طرف بنا در نظر گرفته شد. از آنجا که نمای اصلی خانه رو به جنوب شرقی است، حجم اصلی ساختمان چنان است که کشیدگی آن عمود بر باد بوده که تأثیرات آن بررسی می‌شود. بردارهای سرعت و جهت جریان باد پس از شبیه‌سازی‌ها مطابق جدول ۲ ارائه شده است.



تصویر ۱۰. حالت‌های جریان باد غالب در خانه

جدول ۲، شبیه‌سازی حالت الف را نشان می‌دهد. مطابق نتایج آزمون تجربی، جریان بادی با سرعت ۵ متر بر ثانیه از پشت ساختمان و از سمت غرب به شاهنشین خانه می‌وزد و در امتداد قطر ساختمان جهت گرفته و با حجم بنا زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه ساخته است. بازشوی ورودی ساختمان (دالان ورودی) باز، فرض شده است.



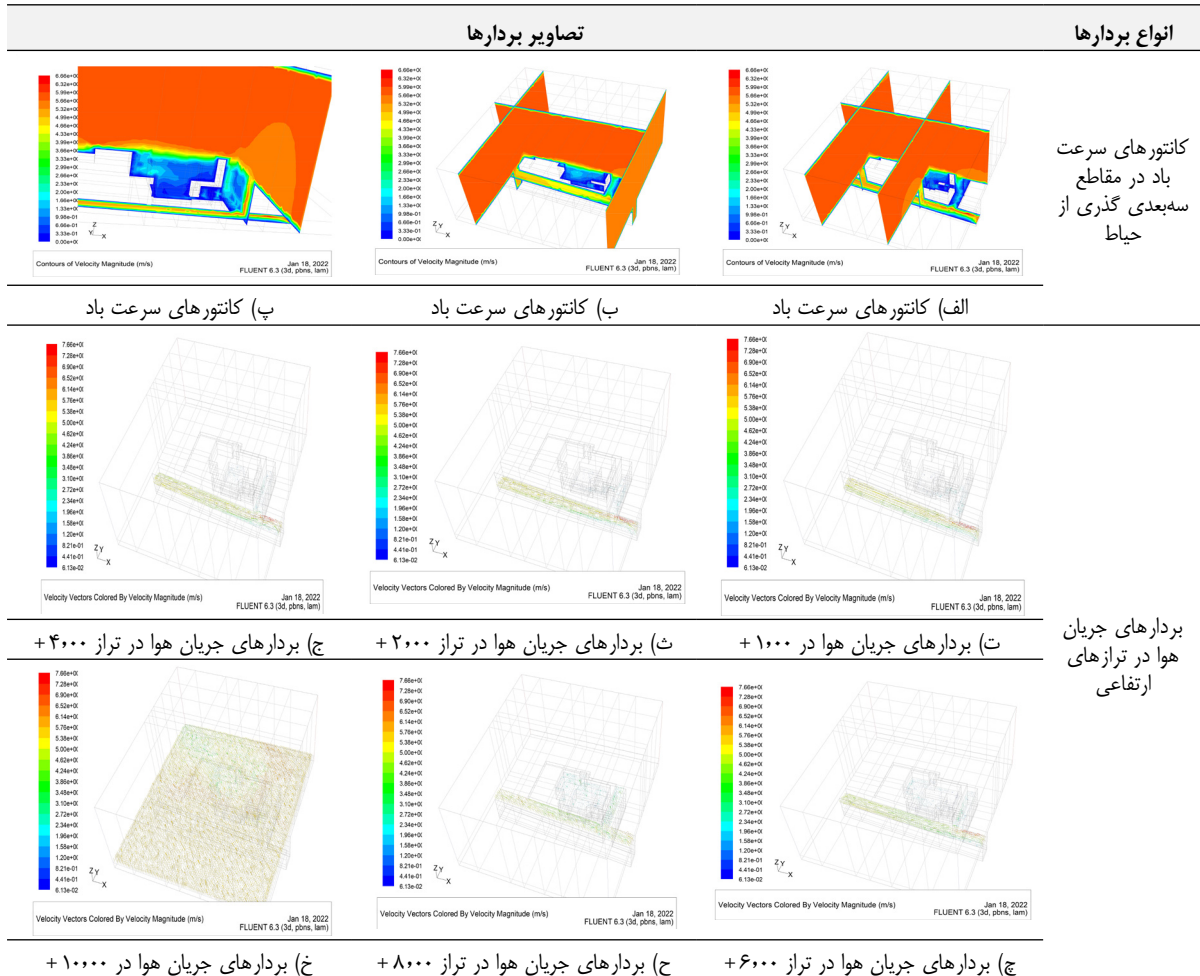
تصویر ۸. شبکه‌بندی ساده شده خانه سوزنگر



تصویر ۹. مقایسه سرعت متوسط جریان هوا در دالان



جدول ۲. بردارهای سرعت جریان هوا در مقاطع مختلف طولی و عرضی و در ترازهای مختلف ارتفاعی حالت الف (مأخذ: نگارندگان)



شده و از گوشه حیاط وارد می‌شود و در میانه حیاط جریان گردابه‌ای مکنده‌ای تشکیل می‌گردد؛ با این تفاوت که این جریان آشفته‌گی کمتری دارد و سرعت آن در حیاط یکنواخت‌تر است. در تراز ۲ متری (جدول ۲، ث) همین مدل برقرار است و جریان گردابه‌ای حیاط یکنواخت باقی می‌ماند. در هر دو تراز مذکور، جریان هوا در کوچه بن‌بست، سمت دیوار جنوبی آشفته‌گی بیشتری دارد؛ اما در جلوی درب ورودی، آشفته‌گی آن کمتر بوده و به آرامی وارد دالان می‌شود. در تراز ۴ متری (جدول ۲، ج) تراکم بردارها در بخش شمالی بن‌بست مشهود است اما در حیاط همچنان آرامش برقرار است و جریان هوا به آرامی موجب تهویه فضاهای اطراف می‌شود و به سمت بالا در قالب جریان گردابه‌ای آرام، حرکت می‌کند. در تراز ۶ متری (جدول ۲، چ) گردش هوای بسیار مطلوبی در بهارخواب‌های طبقه اول برقرار است و ضمن مکش هوای درون فضاهای پیرامونی، تهویه موثر و دائمی را برقرار می‌نماید که به‌صورت

در این حالت جریان هوا آزادانه در گذر پشت به ساختمان (در امتداد طولی کوچه) می‌وزد اما جریان نسبتاً آرامی در بن‌بست جنوبی ساختمان که دالان ورودی در آن باز می‌شود، می‌پیچد و از طریق دالان ورودی به سمت حیاط مکش می‌شود. با مقایسه تصاویر بردارهای جریان هوا در ترازهای ارتفاعی جدول ۲، این نتیجه بدست می‌آید که جریان هوا در کوچه‌های پیرامونی دارای آشفته‌گی است، اما در درون حیاط این آشفته‌گی کمتر بوده و گردش هوای خارج در درون دالان ورودی آرامش بیشتری دارد. در این حالت مکش هوا از طریق حیاط انجام شده و به شکل گردابه‌ای بالا می‌رود و تامین هوای آن نیز از طریق دالان ورودی و حفره‌های مجوف صورت می‌گیرد.

بردارهای جریان هوا در تراز +۱۰۰۰ متری (جدول ۲، ت) سطح حیاط نشان از برقراری یک جریان آرام از کوچه بن‌بست جنوبی به سمت حیاط دارد. جریان در دالان ورودی شدیدتر



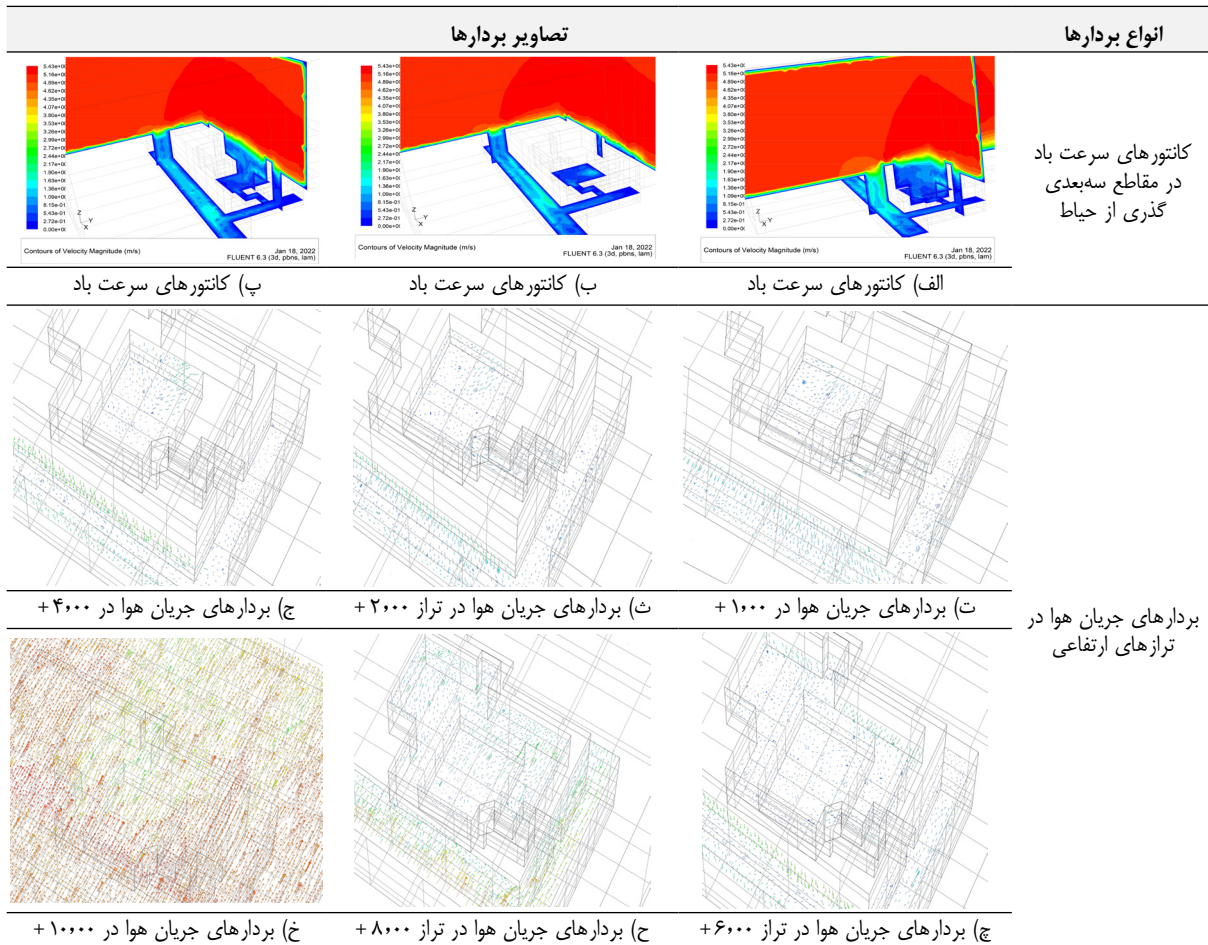
به صورتی ملایم مکش نموده و ضمن اینکه جریانات برگشتی اندکی آشفستگی ایجاد می‌نمایند. در حالیکه جریان هوای درون کوچه‌ها اندکی آشفته‌تر است. بخش‌های (چ)، (ح)، و (خ) در جدول ۲ نشان از سرعت بسیار ملایم هوا در حیاط بوده و تهویه مطلوب در بهارخواب‌ها دارد. فشار کل آمده که از تراکم بردارهای سرعت بدست می‌آید نشان از این دارد که در حیاط مرکزی، فشار نسبی هوا، اندکی کمتر از فشار عمومی باد خارج است که همین اختلاف فشار هوا را از کوچه مکش نموده و از بالا تخلیه می‌نماید. الگوی مطلوب این خانه، بهارخواب‌های وسیع در طبقه بالا و حیاط کوچک با ورودی هدایت شده از گوشه حیاط و در امتداد باد است.

در حالت وزش باد ب، مطابق جدول ۳ جریان بادی با سرعت ۵ متربرثانیه در امتداد عرضی ساختمان وزیده است. این باد مستقیم بر پشت شاه‌نشین برخورد می‌کند و از فراز آن می‌گذرد و جریان مکشی هوا را از حیاط با خود می‌برد. بازشوی ورودی ساختمان (دالان ورودی) باز فرض شده است.

چرخشی و جریانی گردابه‌ای به سمت بالا در حرکت است. در تراز ۸ متری (جدول ۲، ح) جریانات پیرامونی در حال یکی شدن بوده و سرعت مکش هوا نسبتاً زیاده‌تر می‌شود و با فشار جریانات هوای کوچه‌های اطراف هوای حیاط و فضاهای پیرامون مکیده می‌شود. در تراز ۱۰ متری که اندکی بالاتر از سطح خانه است، جریان هوای حیاط با جریانات بالاسری یکی شده و کاملاً مکیده می‌شود. در این ترکیب هوای حیاط به خوبی مکیده شده و تهویه موثری انجام می‌گیرد. نکات مهم این بخش این است که جریان هوای بن‌بست جنوبی در دالان ورودی، پس از شکست و هدایت به گوشه حیاط و البته تنظیم فشار آن، به شکل گردابه‌ای در حیاط می‌پیچد و در تراز طبقه اول در بهارخواب‌ها پخش و تنظیم شده و پس از تهویه موثر از بالای حیاط به خارج مکیده می‌شود. در این حالت، آرامشی نسبی و تهویه موثرتری برقرار است.

همانگونه که در جدول ۲ و در بخش‌های (الف) تا (پ) نشان داده شده است، جریان باد عبوری، هوای داخل حیاط را

جدول ۳. بردارهای سرعت جریان هوا در مقاطع مختلف طولی و عرضی و در ترازهای مختلف ارتفاعی حالت ج (مأخذ: نگارندگان)





هوای داخل حیاط را به صورتی ملایم مکش می‌نماید، جریان هوای کوچه‌ها برگشتی و گردابه‌ای عمودی بوده و در راستای محور Zها حول امتداد کوچه می‌گردد و ضمن اینکه جریانات برگشتی آشفته‌گی اندکی دارند و با وجود اینکه فرآیند تهویه با آشفته‌گی کمتری همراه است، اما ورود آن کندتر و آرام‌تر و کیفیت تهویه از دو حالت قبلی ضعیف‌تر است. فشار بردارهای جریان هوا نشان از این دارد که در حیاط مرکزی، فشار نسبی هوا، اندکی کمتر از فشار عمومی باد خارج است که همین اختلاف فشار هوا را از کوچه مکش نموده و از بالا تخلیه می‌نماید. در این حالت اختلاف فشار استاتیکی نسبت به دو حالت قبل کمتر است که مورد تأیید است.

۵. نتیجه‌گیری

خانه‌های سنتی دزفول در سه حالت جهت‌گیری و رون می‌توان دسته‌بندی کرد. خانه سوزنگر به‌عنوان نماینده و نمونه موردی از رون قبله بررسی شد. با توجه به شرایط اقلیمی در دزفول، نیاز به استفاده از تهویه طبیعی و برقراری جریان هوا در فضای داخلی وجود دارد. هدف پژوهش بهبود عملکرد اقلیمی حیاط مرکزی در خانه سوزنگر و خانه‌های رون قبله دزفول بوده است. در مجموع در بررسی کالبدی حیاط‌های مرکزی دزفول این نتایج حاصل گردید:

۱. جهت‌گیری و عناصر معماری بناهای دارای حیاط مرکزی در عین مشابهت‌های موجود، متفاوت هستند.
 ۲. عمده خانه‌های دزفول حداقل از ۳ جهت به فضای معماری ختم می‌شود و همه آن‌ها از ۴ جهت محصور هستند. این امر نشان‌دهنده این است که حیاط‌های مرکزی کاملاً محصور در این منطقه مورد استقبال بوده است.
 ۳. در خانه‌های دزفول، عمق حیاط‌ها نسبت به معبر اصلی مشابه یکدیگر نیست؛ اما در کل، میانگین عمق حیاط نسبت به معبر اصلی کمی پایین‌تر است.
- در برخورد با نمادها و هویت‌های فرهنگی و در معماری سنتی دزفول، حیاط مرکزی و بهارخواب استفاده می‌شده است. جریان هوای درون حیاط مرکزی، به صورت گردابه‌ای شکل می‌گیرد و تهویه مناسبی را در بهارخواب‌ها ایجاد می‌کند. فعالیت‌ها در اطراف حیاط مرکزی انجام و حیاط، فضای تأمین نور، تهویه، و ارتباطات است و بهارخواب نیز با توجه به جریان هوای موجود، جهت حضور افراد و استراحت استفاده می‌شود. با توجه به موقعیت فضاهای این خانه و حیاط مرکزی آن، تقریباً از هر ۴ جهت به فضای معماری ختم می‌شود و محصور است. این خانه دارای دیوارهای قطور و فضاهای نیمه‌باز فراوان در طبقات بالایی هستند و دیوارهای مجوف ضمن حفظ حریمیت، سایه‌اندازی مناسبی نیز دارند.

در این حالت جریان هوا در گذر پشت به ساختمان (در امتداد باد) بسیار آشفته می‌وزد و جریان هوای موجود در بن‌بست جنوبی ساختمان که دالان ورودی در آن باز می‌شود را آشفته نموده و با تولید آشفته‌گی، مکش ایجاد می‌کند. در جدول ۳، تصاویر (ت) تا (خ)، به ترتیب مقاطع افقی در ترازهای ۱۰۰۰+، ۲۰۰۰+، ۴۰۰۰+، ۶۰۰۰+، ۸۰۰۰+ و ۱۰۰۰۰+ می‌باشند که شکل جریان هوای درون حیاط را بررسی نموده‌اند.

بر اساس جدول ۳، این نتیجه برمی‌آید که با وجود اینکه جریان هوا از بالای حیاط مرکزی مکش می‌شود، اما بخشی از هوا با فشار در دالان ورودی دمیده می‌شود و سبب ایجاد آشفته‌گی جریان ورودی می‌گردد. با این حال جریان ورودی از کوچه به سمت حیاط است و از بالای حیاط مکیده می‌شود. بردارهای جریان هوا در تراز ۱۰۰۰+ متری (جدول ۳، ت) سطح حیاط نشان از برقراری یک جریان آرام از کوچه بن‌بست جنوبی به سمت حیاط دارد. این جریان از دو حالت قبلی آرام‌تر است و با وجود اینکه حالت گردابه‌ای ندارد، به سمت بالا می‌باشد. جریان در دالان ورودی شدیدتر شده و از گوشه حیاط وارد و در میانه حیاط پخش می‌شود. در تراز ۲ متری (جدول ۳، ث) همین مدل برقرار است و جریان گردابه‌ای هنوز در حیاط برقرار نیست. در تراز ۴ متری (جدول ۳، ج)، تراکم بردارها در بخش جنوب‌شرقی حیاط مشهود است و گویی جریان هوا می‌خواهد در این نواحی خود را بالا کشیده و به سمت بهارخواب‌های جنوب شرقی برود؛ درحالیکه تمرکز فضاهای معماری در بخش شمال غربی و پشت به آفتاب است. جریان هوای کوچه همچنان سردرگم است. در تراز ۶ متری (جدول ۳، چ)، جریان هوا به سمت جنوب شرقی در تمام فضاها متمایل است و مکش هوا از بخش‌های شمال غربی به سمت جنوب شرق حیاط انجام می‌شود. جریان هوا در کوچه‌ها هم‌جهت با باد خارج می‌شود و ضمن مکش هوای درون فضاهای پیرامونی، تهویه نسبتاً موثری برقرار می‌شود. مزیت این مدل این است که جریان گردابه‌ای آن کمتر است اما مکش ضعیف‌تری نیز دارد؛ با این حال تهویه آرامی همواره برقرار است. در تراز ۸ متری (جدول ۳، ح) جریانات پیرامونی در حال یکی شدن بوده و سرعت مکش هوا نسبتاً زیادتر می‌شود و با فشار جریانات هوای کوچه‌های اطراف هوای حیاط و فضاهای پیرامون مکیده می‌شود. در تراز ۱۰ متری که اندکی بالاتر از سطح خانه است، جریان هوای حیاط با جریانات بالاسری یکی شده و کاملاً مکیده می‌شود. در این ترکیب هوای حیاط به خوبی مکیده شده و تهویه موثری انجام می‌گیرد؛ هر چند نسبت به حالت قبلی اندکی ضعیف‌تر است. بر اساس تصاویر الف تا پ از جدول ۳، جریان باد عبوری،



طبیعی گردد و در هر کدام از حالت‌های باد غالب، جریان هوا در داخل حیاط مرکزی وجود دارد.

۳. در این میان بر اساس یافته‌های پژوهش، جهت باد از سمت غرب (حالت الف) شرایط بهینه‌تری در خانه سوزنگر دارد.

همچنین در حالت کلی الگوهای کالبدی زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱. ساختمان باید در تراز همکف و یا کمی پایین‌تر از معبر اصلی، حیاط کوچک داشته باشد و در ترازهای بالاتر به کمک بهارخواب سطح این حیاط وسیع‌تر شود؛ به گونه‌ای که گردش هوا در ترازهای بالا به مکش آن و تهویه موثر هوا کمک نماید.

۲. دریچه ورودی هوا باید در طبقه همکف و از گوشه حیاط و در جبهه پشت به باد باشد. به عبارتی به کمک یک فیلتر، آشفته‌گی جریان باد خارج کنترل و بی اثر شود و ورودی، به‌عنوان یک تنظیم فشار عمل نماید.

با توجه به روش پژوهش‌های مرتبط، پژوهش حاضر می‌تواند در خانه‌های دارای حیاط دزفول که جهت‌گیری رون قبله را دارند، تعمیر پیدا کند.

از آنجا که مطابق اندازه‌گیری‌های تجربی، عمده وزش باد به‌طور کلی از سمت غرب و به‌طور جزئی در دو جهت غرب به شرق و یا شمال‌غربی به جنوب‌شرقی جریان دارد، نباید مانعی در مقابل باد غربی به جهت تسهیل فرآیند تهویه ایجاد نمود. ضمن اینکه با توجه به موقعیت جغرافیایی، توده ساختمانی با توجه به شرایط اقلیمی چنان احداث می‌شود که پشت به آفتاب غربی و توجه کلی نما به سمت جنوب‌شرقی است تا ضمن دریافت نور مناسب، از نور غرب اجتناب گردد.

همچنین نتایج زیر در تحلیل جریان هوای داخل حیاط مرکزی خانه سوزنگر بدست می‌آید و این نتایج می‌تواند قابل تعمیم در سایر بناهای رون قبله نیز باشد:

۱. باد بدون در نظر گرفتن شدت و ضعف در هریک از حالت‌ها، پس از ورود به کوچه منتهی به ورودی بنا، از گوشه حیاط وارد شده و با ایجاد یک مسیر حرکت برای ورود به حیاط و بازسوی ورودی در گوشه حیاط، ایجاد یک جریان گردابه‌ای در میانه حیاط می‌کند که با افزایش ارتفاع و گذر از بهارخواب‌ها و ایوان بنا، از بالای ساختمان مکیده می‌شود.

۲. بنابراین بر اساس جریان هوای موجود، در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که جهت‌گیری و کشیدگی خانه‌های سنتی در این اقلیم نمی‌تواند مانع از ایجاد جریان هوا و تهویه

بی‌نوشت

CFD .۱

۲. در معادله (۱) \vec{w} و \vec{u} مولفه‌های سرعت به ترتیب در راستای x ، y و z هستند. در صورتیکه چگالی سیال (ρ) ثابت فرض شود، رابطه (۱) به شکل رابطه ۲ خواهد شد (Chen 1995). در سیستم مختصات کارترین، معادلات بقای مومنوم زمانیکه راستای قائم با جهت مثبت به سمت بالا قرار داشته باشد، مانند روابط (۳)، (۴)، و (۵) می‌باشد (Versteeg and Malalasekera 1995) که p فشار، g شتاب ثقلی، t زمان، f_i نیروهای بدنه‌ای و τ_{ij} تنش‌های حاصل از لزجت سیال هستند که می‌توان آن‌ها را با توجه به المان‌های سیال به شکل معادله (۶) نوشت. همچنین بر اساس روابط قبل و با ثابت در نظر گرفتن چگالی سیال (باتوجه به پایین بودن سرعت و کمتر از 0.3 بودن عدد ماخ، جریان تراکم‌ناپذیر در نظر گرفته شده است)، به‌صورت معادله (۶) و به شکل تانسوری بازنویسی می‌شود (Schlichting and Truckenbrodt 1979).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \hat{u})}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \hat{v})}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \hat{w})}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^3 \frac{\partial(\hat{u}_j)}{\partial x_j} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho \hat{u})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \hat{u}^2) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \hat{u} \hat{v}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \hat{u} \hat{w}) = -\frac{\partial \hat{p}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + f_x \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho \hat{v})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \hat{u} \hat{v}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \hat{v}^2) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \hat{v} \hat{w}) = -\frac{\partial \hat{p}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + f_y \quad (4)$$

$$\frac{\partial(\rho \hat{w})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \hat{u} \hat{w}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \hat{v} \hat{w}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \hat{w}^2) = -\frac{\partial \hat{p}}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + f_z \quad (5)$$

$$\frac{\partial(\hat{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\hat{u}_i \hat{u}_j) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \hat{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\nu \left(\frac{\partial \hat{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \hat{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{f_i}{\rho} \quad (6)$$

پس از بررسی مقدار k و بدست آوردن نرخ استهلاک انرژی جنبشی، در نهایت شکل نهایی معادلات k - ϵ به‌صورت معادله (۷) و (۸) بدست می‌آید (Wilcox 1998) که در این روابط، $C_{1\epsilon}$ ، $C_{2\epsilon}$ ، $C_{3\epsilon}$ ، σ_k ، σ_ϵ ضرایب تجربی هستند که مقادیر آن ارائه شده است.

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u_i \frac{\partial k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\nu_t \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \beta g_i \frac{\nu_t}{\sigma_T} \frac{\partial \theta}{\partial x_i} - \epsilon \quad (7)$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + u_i \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\nu_t \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} \left(\nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + C_{3\epsilon} \beta g_i \frac{\nu_t}{\sigma_T} \frac{\partial \theta}{\partial x_i} - C_{2\epsilon} \frac{\epsilon^2}{k} \quad (8)$$

TET .۳

$$(x+a)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k}$$

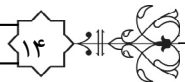




منابع

۱. آهوپی، صادق، یداله احمدی دیسفانی، و حسین کلانتری خلیل آباد. ۱۴۰۰. بازشناسی هویت خانه‌های سنتی ایرانی با تکیه بر عناصر کالبدی، اجتماعی و فرهنگی هویت‌ساز. *مطالعات هنر اسلامی* ۱۸ (۴۱): ۷۴-۹۱.
۲. بحرانی، حمیدرضا. احسان رنجیر، و سارا احمدی. ۱۳۹۷. تحلیل رفتار گونه‌های شناشیر بیرونی و تاثیر آنها بر جریان باد در بافت تاریخی بوشهر. *نقش جهان* ۸ (۳): ۱۷۹-۱۸۶.
۳. پسران، آرش، شهاب کریمی‌نیا، الهام ناظمی، و شیرین طغیانی. ۱۳۹۸. ارزیابی وجود مکانیزم طراحی منطبق بر تهویه طبیعی در معماری سنتی شهرهای اقلیم گرم و خشک بدون بادگیر (نمونه موردی: فضای بیرونی بناهای چهارطرفه قاجاری شیراز). *معماری اقلیم گرم و خشک* ۷ (۹): ۱۰۱-۱۱۹.
۴. تقفی، محمدجواد، و ناهید توسلی. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر لایه‌ی هوای تهویه شده در نماهای نوین با درز باز بر عملکرد حرارتی ساختمان. *نقش جهان* ۶ (۳): ۵-۱۴.
۵. حیدری دلگرم، مجید. ۱۳۹۶. سه رون، شش جهت، هفت کشور: پژوهشی در تاریخ مفهوم رون معماری. *تاریخ علم* ۱۵ (۲): ۱۴۹-۱۷۱.
۶. حیدری، علی‌اکبر، عیسی قاسمیان اصل، و مریم کیایی. ۱۳۹۶. تحلیل ساختار فضایی خانه‌های سنتی ایران با استفاده از روش نحو فضا مطالعه موردی: مقایسه خانه‌های یزد، کاشان، و اصفهان. *مطالعات شهر ایرانی اسلامی* ۷ (۲۸): ۲۱-۳۳.
۷. رهایی، امید. ۱۳۹۲. هویت فرهنگی و اثرات آن بر روش‌های بومی تهویه طبیعی بازار قدیم دزفول، راسته صنعتگران. *باغ نظر* ۱۰ (۲۴): ۳۹-۴۶.
۸. رهایی، امید. ۱۴۰۰. بررسی تغییرات کالبدی حیاط‌های مرکزی بر الگوی جریان هوای داخل آنها در خانه‌های دوران قاجار اصفهان با روش CFD (مورد پژوهی: خانه لباف). *معماری و شهرسازی پایدار* ۹ (۲): ۲۵-۴۶.
۹. رهایی، امید، و آیه رضایی‌زاده. ۱۴۰۱. بررسی رفتار حرارتی نقوش هندسی سنتی (خوون‌چینی) در جداره‌های مجوف خارجی دیوارهای دوجداره دزفول در راستای احیای هویت فرهنگی. *پژوهش‌های معماری اسلامی* ۱۰ (۴): ۱۵۰-۱۶۶.
۱۰. رهایی، امید، و حمیدرضا عظمتی. ۱۳۹۹. ارتقای کیفیت تهویه طبیعی در کلاس‌های مدارس استان مازندران بر اساس وضعیت بازشوها با روش CFD. *نشریه معماری و شهرسازی ایران* ۱۱ (۱): ۵۷-۷۱.
۱۱. رؤسایی، امین، و امید رهایی. ۱۳۹۹. ارتقای کیفیت جریان هوای داخل تحت تأثیر دیوارهای جداکننده داخلی در فضاهای اداری مجهز به سیستم‌های تهویه مطبوع با روش CFD. *آرمانشهر* ۱۳ (۳۰): ۶۹-۸۱.
۱۲. زارعی، محمد ابراهیم، و نغمه بهبودی. ۱۳۹۵. بررسی سرعت و فشار حرکت باد در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال سیستان با بهره‌گیری از شبیه‌سازی CFD. *پژوهش‌های معماری اسلامی* ۴ (۱): ۹۴-۱۱۰.
۱۳. سلطانزاده، حسین. ۱۳۹۰. نقش جغرافیا در شکل‌گیری انواع حیاط در خانه‌های سنتی ایران. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی* ۴۳ (۱): ۶۹-۸۶.
۱۴. شریف، حمیدرضا، امین حبیبی، و عبدالله جمال‌آبادی. ۱۳۹۵. کارکرد اقلیمی هنرگره چینی در معماری اسلامی - نمونه موردی: بناهای مسکونی قاجاری شیراز. *پژوهش‌های معماری اسلامی* ۴ (۴): ۶۰-۷۱.
۱۵. صادقی، نگار، یوسف گرچی مهلبانی، و حمیدرضا نظیف. ۱۴۰۰. بررسی عددی عملکرد حرارتی بادگیر در ایجاد تهویه طبیعی در اقلیم گرم و خشک. *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو* ۸ (۱): ۳۳-۴۰.
۱۶. عطروش، علی، و ریما فیاض. ۱۳۹۴. تأثیر ارسی‌ها بر جریان هوا در فضای داخلی مطالعه موردی: خانه زینت‌الملک شیراز. *نشریه معماری و شهرسازی ایران* ۶ (۱): ۱۹-۲۶.
۱۷. عمرانی‌پور، علی. ۱۳۸۳. هنر و معماری اسلامی ایران. تهران: سازمان عمران و بهسازی شهری.
۱۸. کاکی‌زاده، محمدمامیر، ندا ناصری، و هژیر دباغ. ۱۴۰۰. گونه‌شناسی کالبدی و کارکردی شناشیرهای بافت تاریخی بندر بوشهر در جهت شناسایی عوامل هویت‌بخش این فضاها. *پژوهش‌های معماری اسلامی* ۹ (۱): ۶۳-۸۴.
۱۹. کوخ نیلسن، هالگر. ۱۳۹۶. *تهویه طبیعی: راهنمای طراحی اقلیمی مناطق گرم*. ترجمه‌ی محمد احمدنژاد. اصفهان: خاک.
۲۰. لطیفی، محمد، و محمدجواد مهدوی‌نژاد. ۱۴۰۱. معاصر سازی الگوی مسکن بومی اصفهان بر پایه تحلیل روابط غیرشکلی پلان، نمونه موردی: خانه جنگجویان. *مطالعات معماری ایران* ۱۱ (۲۱): ۱۸۵-۲۰۳.
۲۱. معاریان، غلامحسین. ۱۳۸۷. *معماری ایرانی*. تقریر توسط محمدکریم پیرنیا. تهران: سروش دانش.
۲۲. مفیدی شمیرانی، مجید، و مهسا ممقانی قاضی جهانی. ۱۳۹۱. اصول تجربی طراحی بناهای پایدار برای مناطق کویری. هویت شهر ۶ (۱۲): ۷۹-۸۴.





۲۳. هوشیاری، محمدمهدی، و حسین پورنادری. ۱۳۹۵. تحلیل و بررسی نظریه پیرنیا درباره رون اصفهانی در فضای شهری و معماری سنتی اصفهان. هویت شهر ۱۰ (۲۷): ۵۳-۶۴.

References

1. Ahuey, S., Y Ahmadi Disfani, and H. Kalantari Khalil Abad. 2021. Recognizing the Distinctiveness of Traditional Iranian Houses based on Physical, Social and Cultural Components of Identity. *Islamic Art* 18 (41): 74-91.
2. Asfour, S., and M. B. Gad. 2008. Using CFD to Investigate Ventilation Characteristics of Vaults as Wind-Inducing Devices in Buildings. *Journal of Applied Energy* 85 (12): 1126- 1140.
3. Atrvash, A., and R. Fayaz. 2016. The Effect of Sash on the Air Flow in the Interior Case Study: Zinat Al-Molk Shiraz House. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism* 6(9): 19-26.
4. Bahrani, H. R., E. Ranjbar, and S. Ahmadi. 2018. An Analysis of the Function of External Senasir Types and Their Effects on the Wind Flow in the Historical Part of Bushehr. *Naqshejahan- Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning* (8): 179-186.
5. Chen, Q. 1995. Comparison of Different k-ε Models for Indoor Air Flow Computations. *Numerical Heat Transfer, Part B Fundamentals* 28 (3): 353-369.
6. Figueroa-Lopez, A., A. Arias, X. Oregi, and I. Rodríguez. 2021. Evaluation of Passive Strategies, Natural Ventilation and Shading Systems, to Reduce Overheating Risk in a Passive House Tower in the North of Spain During the Warm Season. *Building Engineering* (43): 102607.
7. Han, Jie, W. Yang, J. Zhou, G. Zhang, Q. Zhang, D. J. Moschandreas. 2009. A Comparative Analysis of Urban and Rural Residential Thermal Comfort Under Natural Ventilation Environment. *Energy and Buildings* (41): 139-145.
8. Heydari Delgarm, M. 2018. Three Rooms, Six Orientations, Seven Climates: Investigating History of Room Concept. *History of Science* 15(2): 149-171.
9. Heydari, A., E. Ghasemian Asl, and M. Kiani. 2017. Analyzing the Spatial Structure of Traditional Iranian Houses Using the Method of Spatial Syntax, A Case Study: Comparing the Houses of Yazd, Kashan and Isfahan. *Iranian Islamic City* 7(28): 21-33.
10. Hooshyari, M., and H. Pournaderi. 2016. The Study and Investigation of Pirnia's Theory Regarding Isfahani Orientation in Historic Urban and Architectural Spaces of Isfahan. *Hoviatshahr* 3(10): 53-64.
11. Indraganti, M., and D. Boussaa. 2017. Comfort Temperature and Occupant Adaptive Behavior in Offices in Qatar During Summer. *Energy and Building* (150): 23-36.
12. Indraganti, M., R. Ooka, H. B. Rijal, and G. S. Brager. 2014. Adaptive Model of Thermal Comfort for Offices in Hot and Humid Climates of India. *Building and Environment* (74): 39-53.
13. Kakizadeh, M. A., N. Naseri, and H. Dabbagh. 2021. Physical and Functional Typology of Shanashir in Historical Fabric of Bushehr Port to Identify Factors of These Spaces. *Journal of Researches in Islamic Architecture* 9(1): 63-84.
14. Kokh Nilson, Hagger. 2017. *Natural Ventilation*. Translated by Mohammad Ahmadinejad. Esfahan: Khak.
15. Kompatscher, K., S. Kochen, A.W.M. Van Schijndel, and H.L. Schellen. 2017. Coupled Heat, Moisture and CFD Modeling in the Built Environment. In *COMSOL Conference*, Rotterdam, The Netherlands, 18-20 October
16. Latifi, M., and M. Mahdavi-Nejad. 2022. Contemporizing Isfahan's Indigenous Housing Model By Analysis of Non-Morphological Relationships in the Plan (Case Study: Jangjouian House). *Journal of Iranian Architecture Studies* 11(21): 185-203.
17. Memarian, Gh. 2008. *Iranian Architecture*. Narrated by Tehran: Soroush-e Danesh.
18. Mofidi Shemirani, S. M., and M. Mamaghani Gazi-Jahan. 2012. Empirical Principles of Sustainable Building Design for Desert Regions. *Hoviatshahr* 6 (12): 79-84.
19. Nomura, M., and K. Hiyama, K. 2017. A Review: Natural Ventilation Performance of Office Buildings in Japan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74: 746-754.
20. Omranipoor, A.. 2004, *The Islamic Art and Architecture of Iran*. Tehran: Urban Development and Improvement Organization.
21. Pesaran, A., Sh. Kariminia, E. Nazemi, and Sh. Toghyani. 2019. Evaluating the Existence of a Design Mechanism based on Natural Ventilation in the Traditional Architecture of Cities in Hot-Arid Climate without the





- Use of Windcatchers (Case Study: Outer Space of Four-Sided Qajar Buildings in Shiraz). *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate* 7 (9): 101-119.
22. Rahaei, O. 2013. Cultural Identity and Its Effects on Indigenous Methods of Natural Ventilation Passage of Metal Smiths in Dezful's Old Bazaar. *Bagh-e Nazar* 10 (24): 39-46.
 23. Rahaei, O., 2021. Investigation of Air Flow Pattern in the Central Courtyard in Qajar Houses of Isfahan by CFD Method. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design* 9 (2): 25-46.
 24. Rahaei, O., and A. Rezaeizadeh. 2022. Investigation of Thermal Behavior of Traditional Geometric Patterns (Khavoon Chini) In The External Hollow Walls of Dezful Double-Walled Walls In Order To Revive Cultural Identity. *Journal of Reseaches in Islamic Architecture* 10 (4) :150-166.
 25. Rahaei, O., and H. R. Azemati. 2020. Improving the Quality of Natural Ventilation in Classrooms of Mazandaran Province Based on the Position of the Openings Using CFD Method. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism* 11 (1): 57-71.
 26. Roasaei, A., and O. Rahaei. 2020. Improvement of Indoor Air Flow Quality under the Influence of Internal Partition Walls in Air-Conditioned Office Spaces Using CFD Method. *Armanshahr Architecture & Urban Development Journal* 13(30): 69-81.
 27. Sadeghi, N., Y. Gorji Mahlabani, and H. R. Nazif. 2019. Numerical Investigation on Thermal Performance of a Wind Catcher for Natural Ventilation in Hot and Dry Climate. *Journal of Renewable and New Energy* 8(1): 33-40.
 28. Saghafi, M., and N. Tavassoli. 2016. The Effect of the Ventilated Air Layer in the New Open Joint Facade on Energy Performance of the Building. *Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning* 6 (3): 5-14.
 29. Schlichting, H., E. and Truckenbrodt. 1979. *Aerodynamics of the Airplane*. McGraw-Hill Companies.
 30. Schulze, T., D. Gürlich, and U. Eicker. 2018. Performance Assessment of Controlled Natural Ventilation for Air Quality Control and Passive Cooling in Existing and New Office Type Buildings. *Energy and Buildings* (172): 265-278.
 31. Sharif, H. R., A. Habibi, and A. Jamalabadi. 2017. Climatic Function of Girih Art in Islamic Architecture-Case Study: Residential Building at Qajar era in Shiraz. *Journal of Researches in Islamic Architecture* 4 (4): 60-71.
 32. Soltanzade, H. 2011. The Role of Geography in Formation of Variety of Traditional Courtyards of Iran. *Human Geography Research* 43 (1): 69- 86.
 33. Sribanurekha, V., S.N. Wijerathne, L.H.S. Wijepala, and C. Jayasinghe. 2016. Effect of Different Ventilation Conditions on Indoor CO2 Levels. In *International Conference on Disaster Resilience*, Kandalama, Sri Lanaka.
 34. Teodosiu, C., V. Ilie, and R. Teodosiu. 2014. Appropriate CFD Turbulence Model for Improving Indoor air Quality of Ventilated Spaces. *Mathematical Modelling in Civil Engineering* 10(4): 28-42.
 35. Vassella, C. C., J. Koch, A. Henzi, A. Jordan, R. Waerber, R. Iannaccone, and R. Charri`ere. 2021. From Spontaneous to Strategic Natural Window Ventilation: Improving Indoor Air Quality in Swiss Schools. *Int. J. Hyg Environ. Health* 234: 113746.
 36. Versteeg, H. K., and W. Malalasekera. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Finite Volume Method*. Essex, Longman Scientific and Technical.
 37. Wilcox, D.C. 1998. *Turbulence Modeling for CFD*. DCW industries La Canada, CA.
 38. Yin, H., C. Liu, and L. Zhang, A. Li, Zh. Ma. 2019. Measurement and Evaluation of Indoor Air Quality in Naturally Ventilated Residential Buildings. *Indoor and Built Environment* 28 (10): 1-17.
 39. Zarei M. E., and N. Behboodi. 2016. Investigating the Speed and Pressure of the Wind in the Central Part of Varmal Castle Settlement in Sistan, Using CFD Simulation Method. *Journal of Researches in Islamic Architecture* 4 (1): 94-110.

