Housing and Rural Environment
Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215
Homepage: https://jhre.ir

The interaction of the architecture of Asbad of Varmal settlement with the characteristics of the natural environment in terms of orientation with the 120-day winds of Sistan

Naghmeh Behboodi[1]✉, Akbar Kiani[2]

1. Corresponding author, Assistant Professor, Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, University of Zabol, Iran. E-mail:behboodin@uoz.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Zabol University, Iran. E-mail: kianiakbar@uoz.ac.ir

Article Info

Article type:
Research paper

Article history:
Received: 3 - 5 - 2023
Accepted:15 - 5 – 2024

Keywords:
Natural environment,
Native architecture,
Residential settlement,
Asbad.

ABSTRACT

Objective: Asbads are a sign of creativity, initiative and innovation of Iranians in the hot and dry climate and windy areas of eastern Iran.
The 120 day winds have been the main factor and motivation for the invention of Asbads in Sistan region. Varmal Asbad is built inside a complex of residential buildings and from this point of view is unique. The purpose of this article is the interaction of Asbad Wormal architecture with the characteristics of the natural environment in terms of orientation with the 120-day winds of Sistan, emphasizing CFD computational fluid dynamics simulation.
Method: The research method is descriptive-analytical and based on documentary studies and field surveys in the scope of the research. The volume of the architectural mass was designed with Revit software. Urba Wind-Meteodyn software was used for geometric preparation and Ansys Fluent software was used for simulation. Ansys Meshing software was used to generate grid independence, and WRPLOT View software was used to identify wind parameters.
Results: The results of CFD computational fluid dynamics simulation show how the wind flows based on the speeds of 3 and 6 meters per second, in the direction of the 120-day winds; The northwest wind creates more air flow in Asbad than the north wind, and as a result, it increases the air circulation for more functions of Asbad.
Conclusions: The results shows that due to the location of Varmal Asbad within the complex of residential buildings, this particular type of Asbad has had more diverse functions than other Asbads in eastern Iran. In such a way that the proper use of the 120-day winds is an effective help in creating air circulation in the floors of the building and natural ventilation in the indoor spaces during the hot days of the year, and it shows the interaction of the architecture of Varmal Asbad with the natural environment. Therefore, apart from grain grinding, the applications of Varmal Asbad have been for natural ventilation and cooling.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31 Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

مسکن و محیط روستا
شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸
Homepage: https://jhre.ir

تعامل معماری آس‌باد سکونتگاه وَرمال با ویژگی‌های محیط طبیعی ازنظر جهت‌گیری با بادهای ۱۲۰ روزه سیستان

نغمه بهبودی[1]✉ | اکبر کیانی[2]

۱. نویسنده مسئول، استادیار، گروه باستان‌شناسی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: behboodin@uoz.ac.ir

۲. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: kianiakbar@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

کلیدواژه‌ها:
محیط طبیعی،
معماری بومی،
سکونتگاه مسکونی،
آس‌باد.

چکیده

هدف: آس‌بادها نشانه خلاقیت، ابتکار و نوآوری ایرانیان در اقلیم گرم و خشک و مناطق بادخیز شرق ایران هستند. بادهای ۱۲۰ روزه عامل و انگیزه اصلی اختراع آس‌بادها در منطقه سیستان بوده است. آس‌باد ورمال در داخل مجموعه ساختمان‌های مسکونی ساخته شده است و از این نظر، منحصربه‌فرد است. هدف مقاله حاضر، تعامل معماری آس‌باد ورمال با ویژگی‌های محیط طبیعی ازنظر جهت‌گیری با بادهای ۱۲۰ روزه سیستان با تأکید بر شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی CFD است.

روش پژوهش: روش پژوهش توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر مطالعات اسنادی و بررسی‌های میدانی در محدوده مورد پژوهش است. حجم توده معماری با نرم‌افزار Revit طراحی شد. برای آماده‌سازی هندسی از نرم‌افزار UrbaWind-Meteodyn و برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار انسیس فلوئنت Ansys Fluent استفاده شد. تولید استقلال شبکه با نرم‌افزار Ansys Meshing و برای شناخت پارامترهای باد از نرم‌افزار WRPLOT View استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج روند عملیات شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی CFD چگونگی جریان باد بر مبنای سرعت‌های ۳ و ۶ متر بر ثانیه، از جهت بادهای ۱۲۰ روزه نشان می‌دهد؛ باد شمال نسبت به باد شمال غربی جریان هوای بیشتری را در آس‌باد ایجاد می‌کرده است و به تبع آن افزایش گردش هوا برای عملکردهای بیشتر آس‌باد را به وجود می‌آورده است.

نتیجه‌گیری: باتوجه‌به موقعیت آس‌باد ورمال در داخل مجموعه ساختمان‌های مسکونی، این نوع خاص از آس‌باد، عملکردهای متنوع‌تری نسبت به سایر آس‌بادهای شرق ایران داشته است. به‌گونه‌ای که بهره‌گیری مناسب از بادهای ۱۲۰ روزه، کمک مؤثری در ایجاد گردش هوا در طبقات ساختمان و تهویه طبیعی در فضاهای داخلی در ایام گرم سال می‌نموده است و تعامل معماری آس‌باد وَرمال با محیط طبیعی را به‌خوبی نشان می‌دهد. ازاین‌رو، کاربردهای آس‌باد ورمال به‌غیراز آسیاب غلات، جهت تهویه طبیعی و خنک‌سازی نیز بوده است.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31

© نویسندگان.

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

مقدمه

منحصربه‌فرد بودن ویژگی‌های محیط طبیعی و به‌ویژه بادهای ۱۲۰ روزه منطقه سیستان و معماری خاص آس‌بادها که شهرت ملی و بین‌المللی دارند؛ سبب شد تا مقاله حاضر در صدد انجام پژوهشی برای شناخت تعامل و عملکرد این دو عامل محیطی و انسانی برآید. ازاین‌رو، در این پژوهش از بهترین و قوی‌ترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی CFD استفاده شده است. شرایط دشوار طبیعی و اقلیمی مناطق کویری و بیابانی باعث شده تا مردم کویرنشین از ابتکار و خلاقیت خود استفاده کرده و با حداکثر بهره‌گیری از عوامل و شرایط طبیعی، باد را در اختیار خود قرار دهند. ازآنجاکه انرژی پاک و پایدار باد جزء منابع تجدید پذیر هستند، شناخت بیشتر تجربیات گذشتگان در مهار نیروهای طبیعی به‌مانند باد و عملکرد آس‌بادها، امروزه می‌تواند نقش زیادی در بهره‌گیری مناسب از باد و جلوگیری از اتلاف انرژی در معماری کنونی داشته باشد که ضرورت انجام این پژوهش را نشان می‌دهد.

آس‌بادها نوعی آسیای بادی با محور عمودی هستند، اغلب آس‌بادهای ایران در موقعیتی که بادها در تمام طول سال می‌وزند، قرار گرفته‌اند (مهدوی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۳). آس‌بادها، به‌عنوان روشی مهندسی‌شده و عالمانه در معماری اقلیم گرم و خشک و بادخیز، نشانگر استفاده هوشمندانه انسان از طبیعت، مطرح هستند و پژوهش حاضر ویژگی معماری آس‌بادها را در سکونتگاه خان‌نشین ورمال مربوط به دوره قاجار موردبررسی قرار داده است. وزش مداوم بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، قدرت و سرعت قابل‌توجه آن‌ها که در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور می‌وزند، بر معماری بومی منطقه بسیار تأثیرگذار هستند، به‌گونه‌ای که دلیل اصلی ساخت آس‌بادها را وجود این نوع بادها که هم‌زمان با برداشت غلات همراه بوده است، دانسته‌اند. مسئله پژوهش حاضر، به این صورت شکل گرفت که تاکنون پژوهشی پیرامون تعامل معماری با ویژگی‌های محیط طبیعی به‌ویژه بادهای ۱۲۰ روزه سیستان در آس‌باد سکونتگاه ورمال انجام نشده است و برای اینکه بتوان ازنظر علمی و عملیاتی شناخت بیشتری حاصل شود، نیاز به پژوهش‌هایی است که با درجه اطمینان بیشتر بتوان تعامل بادهای ۱۲۰ روزه سیستان با معماری آس‌بادها را شناسایی و عینی‌تر نمود. ازاین‌رو، پرسش پژوهش بدین گونه مطرح می‌شود که آس‌باد سکونتگاه وَرمال ازنظر جهت‌گیری با بادهای ۱۲۰ روزه سیستان چگونه عملکردی داشته است؟

پیشینه پژوهش

پژوهش‌هایی مرتبط با موضوع و به‌ویژه تأثیر باد بر معماری بومی و فناوری معماری آس‌بادها در مناطق کویری انجام شده است، اما در زمینه تعامل ویژگی‌های محیط طبیعی با تمرکز بر معماری آس‌باد ورمال به‌طور دقیق و عمیق پژوهشی علمی انجام نشده است. در ادامه به پژوهش‌هایی که به بررسی عملکرد آس‌بادها و طراحی فناوری آن‌ها از جنبه‌های مختلف، به‌ویژه میزان بهره‌وری آن‌ها از انرژی پایدار باد مرتبط هستند، در دو بخش کیفی و کمی اشاره می‌شود.

پژوهش‌های کیفی

پژوهش‌های کیفی عمدتاً به توصیف عملکرد آس‌بادها پرداخته‌اند، از این میان پژوهشی در مورد جنبه‌های تاریخی شکل، ساختار و عناصر معماری آسیاب‌های بادی انجام شد که نتایج آن نشان داد که فرم‌های آسیاب بادی طی تقریباً ده قرن گذشته محدود بوده است (Zayats, 2015: 685). نمونه دیگر پژوهش آسیاب‌های بادی ایران نشان می‌دهد که چنین الگوهای معماری جدا از یکدیگر ساخته نمی‌شدند، به‌طوری‌که برای جلوگیری از وزش بادهای شدید، آن‌ها را نزدیک به یکدیگر می‌ساختند (Saeidian, 2012: 6507). در زمینه آسیاب‌های بادی ایران، بر اساس شواهد باستان‌شناسی و مردم‌نگاری، سه گروه آس‌باد وجود دارد که در مورد آس‌بادهای مناطق جنوبی (دشت سیستان) فناوری معماری پیچیده‌ای را نشان می‌دهد (Mishmastnehi, 2015: 383). آسیاب‌های بادی در منطقه سیستان را به‌عنوان فناوری فراموش‌شده، مطرح نموده‌اند (Mishmastnehi et al., 2021: 105440). میراث فناوری آس‌بادهای ایران نشان می‌دهد که آس‌بادهای ایران دارای تنوع، ویژگی‌ها و جزئیات منحصربه‌فردی هستند (Mishmastnehi, 2021). با رویکرد تطابق انسان با محیط برای رفع نیازها، تأثیر آس‌باد را ازنظر علمی و اقلیمی بررسی نموده و به‌ضرورت استفاده درست از نیروی لایزال طبیعت و سازش با شرایط سخت پرداخته‌اند (پیش یار و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۲). بررسی آس‌بادهای نشتیفان نشان داد، آس‌باد نمونه‌ای گویا از مهندسی بومی است که آگاهی از امکانات محیط و در خدمت

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

گرفتن هوشیارانه آن برای رفع نیازهای مردم به‌خوبی در آن دیده شده است (قهرمانی و بهادری، ۱۳۹۲: ۵۱). ساخت و کار آس‌بادها نشان می‌دهد که مؤلفه‌هایی نظیر شناسایی مکان مناسب در استقرار بنا، همخوانی مناسب فرم بنا با زمینه، شناخت فرایندهای طبیعی، ارتباط با طبیعت و محیط پیرامون و هماهنگی با زندگی و فرهنگ مردم منطقه پرداخته شده است (حسینی و میرزمانی، ۱۳۹۲: ۱). آس‌بادها نمونه‌هایی گویا از تطابق بشر با شرایط محیطی هستند که استفاده از نیروی باد و چگونگی کارکرد و تأثیر آن‌ها در زندگی و اقتصاد مردم آن زمان مهم بوده است (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱). ارزش‌های معماری سنتی ازجمله آس‌بادها و سنت ارزش‌های زیست‌محیطی در معماری ایران واجد قابلیت‌های بسیار در فنون کاربرد بهینه انرژی باد، به همراه بهره‌برداری اکولوژیک از انواع انرژی‌های پاک و بی‌زیان است که می‌توان از آن‌ها برای طراحی ساختمان‌های جدید بهره گرفت (ورمقانی، ۱۳۹۲: ۱). بررسی قدیمی‌ترین آسیا بادی‌های شرق ایران، ازنظر گونه‌شناسی، نشان می‌دهد که سه نوع آس‌باد در منطقه سیستان وجود دارد (مهدوی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۳). بازخوانی آس‌بادها و ذکر ویژگی‌های آن‌ها به‌عنوان الگویی در تأسیسات بومی ایران سعی در ارائه راهکارها و الگوهایی جهت حل بحران محیط‌زیست امروز دارند و با الگو گرفتن از تجربه پیشینیان از نحوه برخورد آن‌ها با منابع انرژی باید راه‌های نوینی برای بهره‌برداری از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر ابداع کرد (احمدی و شهیدی، ۱۳۹۰: ۱). بررسی آس‌بادهای مناطق کویری ایران نشان می‌دهد که انرژی‌های آئرودینامیک حاصل از باد، عمده‌ترین و رایج‌ترین نوع کاربرد انرژی‌های بی‌زیان در معماری سنتی ایران است که در آس‌بادها به‌خوبی به کار گرفته شده‌اند (سعیدیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۱). ویژگی‌های منحصربه‌فرد معماری آس‌بادهای منطقه سیستان آن‌ها را به‌عنوان الگویی از معماری پایدار در جهت بهره‌گیری و استفاده از انرژی‌های پایدار و تجدیدشونده منطقه معرفی می‌نماید (اتحادی، ۱۳۹۰: ۱). ویژگی‌های معماری آس‌بادهای نشتیفان، ساختار معماری، سازوکار و نحوه عملکرد، بخشی از ارزش‌های معماری نهفته در آس‌بادها را نمایان می‌سازند (خضری و ایمانی، ۱۳۸۸: ۱۱۱). آسیای بادی‌ها، یکی از مهم‌ترین اختراعات ایرانیان است که انواع مختلفی دارند و تشریح معماری آسیاهای بادی نشان می‌دهد محور آن‌ها عمودی است (رحیمی، ۱۳۸۶: ۷). وضعیت آسیاب‌های بادی نشتیفان در بافت محیطی خراسان نشان داد که بررسی مجموعه‌ای از آسیاب‌های بادی در مقایسه با یکدیگر، راه را برای بررسی دقیق‌تر ساخت و بهره‌برداری از آسیاب‌های بادی هموارتر می‌نماید (Hatef Naiemi & Yeganehfarzand, 2019: 57).

پژوهش‌های کمّی

پژوهش‌های کمّی عمدتاً به تحلیل رفتار باد در آس‌بادها با استفاده از شبیه‌سازی پرداخته‌اند، ازجمله؛ پژوهشی پیرامون تأثیر معماری آس‌باد باستانی در منطقه سیستان با استفاده از شبیه‌سازی CFD انجام شده است که نشان می‌دهد این سازه معماری باعث افزایش بهبود کیفیت هوا و تهویه طبیعی در داخل سازه معماری می‌شده است (Mohammadi et al., 2022: 12). ارتباط معماری بومی و سیستم مکانیکی آس‌بادهای نهبندان با تمرکز بر مدل‌سازی سه‌بعدی نشان می‌دهد که متناسب با شرایط محیطی نیازهای ساکنین را به‌خوبی تأمین می‌نمایند (Zarrabi Mahsa & Valibeig, 2021: 1). بررسی تأثیرات اشکال معماری بر توزیع فشار باد در سطح ساختمان‌های بلند نشان می‌دهد که آثار جریان باد نسبت به ارتفاع، عرض و ضخامت سطوح ساختمان تحت‌فشار باد قرار می‌گیرند (Zhao & He, 2017: 219). بررسی عملکرد و طراحی فناوری آسیاب بادی‌های ایران در مناطق کویری لوتک، نشتیفان و نهبندان مورد پژوهش قرار گرفت و نتایج نشان داد که این سازه‌های معماری مطابق با قوانین آئرودینامیکی طراحی شده‌اند (Saeidian et al., 2012: 9295).

شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی و تجزیه‌وتحلیل فنی و عملکردی آسیاب‌های بادی در اسپانیا باتوجه‌به شرایط و ویژگی‌های جغرافیایی دارای اجزاء ویژه‌ای است (Rojas-Sola et al., 2016: 130) و با آس‌بادهای سیستان متفاوت است. مطالعات گرافیکی و چشم‌اندازهای جغرافیایی در آسیاب‌های بادی قدیمی لامانچا اسپانیا نیز تفاوت‌ها را نشان می‌دهد (Pérez-Martín et al., 2011: 941). شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی جریان باد در ساختمان‌ها برای بهره‌برداری از انرژی باد نشان می‌دهد که شکل سقف ساختمان‌ها برای بهره‌برداری انرژی باد باتوجه‌به شدت تلاطم و سرعت باد بهینه، موردتوجه است (Toja-Silva et al., 2018: 66).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

بررسی تجارب معماری آس‌بادهای سیستان، با تأثیر ساختار کالبدی جبهه رو به باد آس‌بادها، بر میزان بهره‌وری از انرژی پایدار باد نشان می‌دهد که کانال کوچک به‌گونه‌ای طراحی شده که باعث تمرکز باد و افزایش هرچه بیشتر راندمان آس‌باد شده است (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶: ۳). بررسی چگونگی طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال سیستان و تطبیق آن با بادهای ۱۲۰ روزه، با استفاده از شبیه‌سازی CFD نشان می‌دهد که معماری بخش مرکزی قلعه ورمال در جهت شمال و شمال غربی تطبیق مناسبی دارد (زارعی و بهبودی، ۱۳۹۵: ۹۴). تحلیل و مقایسه عملکرد جریان باد در آس‌باد منفرد سیستان و آس‌باد ساده خراسان با استفاده از نرم‌افزار ANSYS نشان می‌دهد که آس‌باد سیستان به دلیل وجود دهانه وسیع‌تر و ورودی هوای مناسب‌تر عملکرد مطلوب‌تری را شکل می‌دهد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۰۹).

تجربیات جهانی و ایران نشان می‌دهند؛ طی چند سال اخیر، برای شناخت بیشتر جنبه‌های مختلف معماری بومی از روش‌ها و تکنیک‌های جدید همانند شبیه‌سازی CFD استفاده شده است. پژوهش‌های مرتبط با موضوع روندی تصاعدی داشته است، پیشرفت‌های علوم رایانه‌ای (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) و افزایش تبادلات علمی در بستر شبکه‌های علمی و اینترنتی، روند و فرایند پژوهش‌های مبتنی بر CFD را بیش از بیش افزایش داده است و سطح انتظار پژوهشگران را برای ارتقای سیستم‌ها و تحت پوشش دادن داده‌ها و اطلاعات محیطی – کالبدی و حرکت به سمت سیستم‌های یکپارچه‌تر افزایش یافته است.

سابقه تاریخی بهره‌گیری از انرژی باد و آس‌بادها در منطقه سیستان

استفاده از نیروی باد در دوره‌های گذشته تاکنون موردتوجه معماران بوده است، به‌طوری‌که در سال‌های اخیر نیز برخی از پژوهشگران این مهم را مورد تأکید قرار داده‌اند. منابع تاریخی متعدد به شرح و تفسیر ویژگی‌های آب‌وهوای سرزمین سیستان در دوره‌های زمانی مختلف پرداخته‌اند. در کتاب «جغرافیای تاریخ سیستان، سفر با سفرنامه‌ها» به نقل از مک ماهون آمده است: «اگر قرار باشد به سرزمینی نام مملکت باد اطلاق شود، مناسب‌تر از ایالت سیستان پیدا نخواهد شد. وزیدن این باد در سیستان یک نوع نعمت است و گرمای سیستان را تخفیف می‌دهد.» (حیدری و داوطلب، ۱۴۰۱: ۳۵). در زمینه تجربیات ارزنده ساخت آس‌بادها در منطقه سیستان، مطالب ارائه‌شده در برخی منابع تاریخی، این منطقه را ازنظر محیط طبیعی منحصربه‌فرد و متفاوت با سایر مناطق ایران و جهان قلمداد نموده‌اند، به‌طوری‌که منابع مذکور اذعان دارند که به سبب وجود نعمت طبیعی باد از روزگاران قدیم تاکنون در منطقه سیستان و تداوم آن، استفاده از انرژی باد همواره موردتوجه قرار گرفته است.

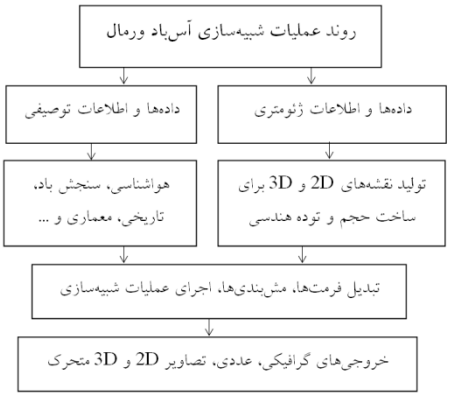
منطقه سیستان در شرق ایران به علت طولانی بودن زمان وزش بادهای مختلف به‌ویژه بادهای ۱۲۰ روزه، قدرت و سرعت قابل‌توجه و تداوم این بادها در طول سال به «سرزمین باد» معروف شده است. بنا به نظر بیشتر تاریخ‌نویسان، آسیاب‌هایی که با نیروی باد می‌چرخند و دارای محور قائم هستند، برای نخستین بار در سرزمین شرقی ایران یعنی جنوب خراسان و سیستان ساخته شده است. در ساختن این نوع ابزارها از قوانین حرکت هوا استفاده شده و طرح این وسایل طوری انجام گرفت که باتوجه‌به جهت وزش باد و وسایل موجود محلی بیشترین بهره‌وری از آن به عمل می‌آید (فرشاد، ۱۳۷۶: ۴۳۱). ابن حوقل جغرافیدان قرن چهارم هجری قمری، می‌نویسد که در سیستان بادی سخت و مداوم می‌وزد و به همین سبب در آنجا آسیاب‌های بادی برای آرد کردن گندم ساخته‌اند و به‌این‌ترتیب باد را به مهار خود درآورده‌اند. ابن حوقل اضافه می‌کند که این بادها را از جایی به‌جای دیگر منتقل می‌کنند و مردم آنجا با استفاده از تجارب گذشتگان که بر پایه دانش هندسه استوار است سرزمین خود را از خطر ریگ روان نگه می‌دارند و اگر این مراقبت نبود شهرها و دیه‌ها نابود می‌شدند (سید سجادی، ۱۳۷۹: ۱۷۲). مسعودی در سده چهارم هجری قمری در مورد سرزمین سیستان می‌نویسد: «سیستان دیار باد و ریگ است و همان شهر است که گویند باد آنجا آب را از چاه کشیده، باغ‌ها را سیراب کند و در همه دنیا شهری نیست که بیشتر ازآنجا از باد سود برد و خدا داناتر است.» (مسعودی، ۱۳۷۰: ۶۷۷). استخری (حدود ۳۴۰ هجری قمری) می‌نویسد: «در آنجا بادهای قوی می‌وزند». ایشان در مورد شیوه جابه‌جا کردن شن به‌وسیله مردم سیستان شرح می‌دهد: «... و شهری گرمسیر است و هیچ کوه ندارد؛ و پیوسته باد سخت وزد و آسیا بر باد ساخته باشند و توده‌های ریگ را هر یک چند باد بر دارد و از جایی به جایی گرداند؛ و چون ریگ به نزدیک شهر گرد آید مردم جمله شوند و گرد بر گرد ریگ دیواری سازند، از چوب و خاشاک بلندتر از ریگ و در بن این دیوار جای‌ها باز گذارند، کی باد درآید و ریگ را برمی‌دارد و به سر دیوار برون می‌برد، چندان کی چشم کار کند و جایی اندازد کی ایشان را از آن زیان نبرد (فرشاد،

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

۱۳۷۶: ۱۰۴ و ۱۰۰). زکریا بن محمد بن محمود قزوینی در سده هفتم هجری قمری در شرح خود درباره سیستان می‌نویسد: زمینش شوره‌زار و ریگستان است و بادی ضعیف همیشه در آنجا وزد، چنانکه آسیاب‌های آن ولایت همه از باد، گردش کند و اگر حیله‌ای که نوشته می‌شود، نکنند اکثر آبادانی آن‌ها را باد از ریگ پر کرده، خراب کند. چنان حیله نمایند که چون ریگ بسیار ملاحظه نمایند که باد در یکجا جمع کند دور آن ریگ را به چوب و خار و خاشاک محکم نمایند و روزنه‌ای از زیر این چوب و خاشاک از طرفی گذارند که باد می‌وزد و به زیر آن بن ریگ گذارند. باد از آن محل داخل شده، آن ریگ‌ها جمع‌شده را به هوا برد و چون گردباد از آن مکان، متفرق نموده و به‌جای دور ریزد (قزوینی، ۱۳۷۳: ۲۵۹). باتوجه‌به تجربیات ارزشمند مردم سیستان در استفاده از انرژی باد، بدون شک در معماری باستانی منطقه، آثاری وجود دارد که می‌توانند به‌عنوان بستری از تجربه، با فن‌آوری‌های نوین ترکیب شوند و پیشرفت‌های مضاعفی در جهت کاربردی نمودن یافته‌های باستانی ارائه نمایند. آس‌باد ورمال مربوط به دوره قاجار یکی از این نمونه‌ها است که از ویژگی‌های طراحی و ساخت معماری منحصربه‌فردی برخوردار است، به‌کارگیری انرژی باد در معماری آن با طراحی عالمانه‌ای صورت گرفته است.

روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش توصیفی – تحلیلی و مبتنی بر مطالعات اسنادی و بررسی‌های میدانی (پیمایشی) در محدوده موردبررسی منطقه ورمال سیستان است. جهت طراحی آس‌باد و حجم توده سازه‌های معماری سکونتگاه از نرم‌افزار Revit استفاده شده است. از نرم‌افزار UrbaWind-Meteodyn برای آماده‌سازی هندسی جهت ورود به نرم‌افزار شبیه‌سازی استفاده شد. برای محاسبات دقیق و تحلیل عملیات شبیه‌سازی باد از روش و نرم‌افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی CFD بهره‌گیری شده است. یکی از مهم‌ترین و قدرتمندترین نرم‌افزارهای تحلیلی دینامیک سیالات محاسباتی، انسیس فلوئنت Ansys Fluent است که برای تحلیل‌های دقیق جریان باد مورداستفاده قرار گرفت. تولید شبکه با نرم‌افزار Ansys Meshing صورت گرفته است. همچنین به‌منظور بررسی میانگین سرعت و جهت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و تحلیل تطبیق با اقلیم از داده‌های هواشناسی موجود از سال‌های ۱۹۶۳ تا ۲۰۲۲ میلادی اخذ و محاسبات موردنیاز جهت شبیه‌سازی و تحلیل اثر باد به کار گرفته شده است. برای بهتر نشان دادن وضعیت بلندمدت پارامترهای اقلیمی، از داده‌های هواشناسی و از نرم‌افزار مایکروسافت اکسل برای «ساخت فایل هواشناسی استاندارد» و از نرم‌افزار WRPLOT View ver. 8 استفاده شده است. همچنین، برای اینکه دید و منظر بهتری از وضعیت گلباد قابل‌ارائه باشد، خروجی Export Options به نرم‌افزار گوگل ارث پرو هدایت شد و سپس وضعیت گلباد با مختصات دقیق بر روی خروجی تصاویر ماهواره‌ای مستقر شده است. شکل ۱، مدل مفهومی روند عملیات شبیه‌سازی آس‌باد در بخش اصلی سکونتگاه ورمال را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مدل مفهومی روند عملیات شبیه‌سازی آس‌باد در بخش اصلی سکونتگاه ورمال

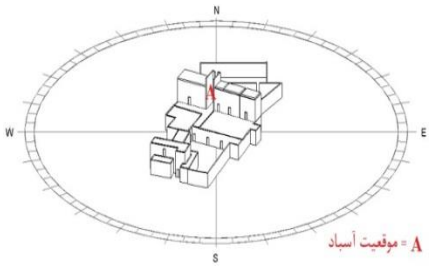
قلمرو پژوهش

آس‌باد مورد پژوهش در سکونتگاه ورمال از توابع شهرستان هامون در منطقه سیستان واقع شده است. این سکونتگاه یکی از شاخص‌ترین و بزرگ‌ترین بناهای بزرگ خان‌نشین نه‌تنها در سیستان، بلکه در شرق ایران است که از معماری منحصربه‌فرد و خاص برخوردار است. این مجموعه ساختمانی بزرگ دارای پلانی نامنظم و متنوع در ساختار است (علایی مقدم، ۱۳۹۳).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

سکونتگاه ورمال دارای نقشه‌ای نامنظم و ازنظر ساختار کلی از سه بخش تشکیل شده است؛ شامل: بخش اول، مجموعه ساختمان‌های مرکزی (بخش اصلی) است و اصلی‌ترین بخش این سکونتگاه به شمار می‌آید. بهره‌گیری از نیروی باد در این بخش به‌خوبی مورداستفاده قرار گرفته و شبیه‌سازی آس‌باد در این پژوهش نیز تمرکز بر این بخش داشته است (شکل ۲ و ۳).

شکل ۲. آس‌باد در بخش اصلی(مرکزی) ورمال؛ A پرخانه و B آس‌خانه



شکل ۳. خروجی حجم و توده معماری بخش اصلی (مرکزی) سکونتگاه ورمال، A موقعیت آس‌باد در نرم‌افزار Revit

مجموعه بخش اصلی و مرکزی که بخش قدیمی به شمار می‌آید، شامل یک حیاط مرکزی چهارگوش نامنظم با اتاق‌ها و ساختمان‌های پیرامونی است. ورود به این بخش ازطریق درگاه کوچکی به عرض ۱۲۰ سانتی‌متر در منتهاالیه جنوبی ضلع شرقی و گذشتن از یک دالان عریض و پرپیچ امکان دارد که اول به فضایی در حیاط جنوبی راه یافته و سپس ازطریق دالانی دیگر به جنوب حیاط مرکزی متصل می‌شود. این حیاط به‌صورت فضایی چهارگوش نامنظم، تقریباً ذوزنقه‌ای است که در ضلع شمالی آن مجموعه بناهای اصلی قرار دارد (علایی مقدم، ۱۳۹۳). آس‌باد ورمال در این بخش ساخته شده است. در گوشه ضلع غربی حیاط بخش مرکزی، ازطریق پلکان‌ها به طبقه دوم وارد می‌شویم. در این طبقه، چندین اتاق با نقشه‌های مستطیل شکل با پوشش‌های طاقی احداث شده است که در حدفاصل اتاق‌های غربی طبقه دوم، آس‌باد ورمال (پرخانه) واقع شده است. آس‌باد در دو طبقه احداث شده، به نحوی است که اتاق طبقه همکف آس‌باد (آس‌خانه)، مکان آسیاب نمودن غلات است و در طبقه دوم (پرخانه) محل پره‌های چوبی آس‌باد و خر پل افقی بوده است که امروزه فضای داخلی اتاق آس خانه ویران شده و اتاق پرخانه نیز فاقد خر پل و پره‌های چوبی است.

دومین بخش سکونتگاه ورمال، در شمال و شمال غربی واقع شده که مشتمل بر مجموعه‌ای از ساختمان‌ها است، ازجمله دارای دو حیاط است که باتوجه‌به فضای مستقل یکی از حیاط‌ها (شمالی) و باتوجه‌به وضعیت معماری پیرامون آن به نظر می‌رسد، عملکردهای متنوعی داشته است. سومین بخش، در جنوب و جنوب غربی واقع شده است که شامل مجموعه‌ای از ساختمان‌ها و حیاط‌ها است، باتوجه‌به وضعیت سلامت سازه‌ها در این مجموعه به نظر می‌رسد، نسبت به سایر بخش‌ها در دوره جدیدتری ساخته شده است (زارعی و بهبودی، ۱۳۹۵: ۹۸).

مهم‌ترین و اصلی‌ترین بخش معماری سکونتگاه ورمال، ازنظر انواع سیستم‌های بهره‌گیری از نیروی باد به‌مانند آس‌باد در بخش مرکزی (بخش اصلی و قدیمی) ملاحظه می‌شود. حیاط بخش مرکزی، دارای نقشه چهارگوش نامنظم است که در سه طرف آن مجموعه از ساختمان‌ها احداث شده است. مجموعه ساختمان‌های این بخش، به‌ویژه ازنظر سیستم‌های بهره‌گیری از نیروی باد ازجمله آس‌باد حائز اهمیت هستند.

جریان باد در سیستان در کلیه فصول برقرار است. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان حاصل توده‌های پرفشار غربی است که در فصل تابستان از جهت شمال غرب به جنوب شرق می‌وزد (مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵: ۶۰). باتوجه‌به احداث ساختمان‌ها در سه

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

طرف حیاط بخش مرکزی و ایجاد بازشوهای متنوع ازجمله دریچه ورودی آس‌باد در ساختمان‌های ضلع شمالی (شکل ۴)، به نظر می‌رسد که مجموعه ساختمان‌های ورمال در بخش مرکزی، برای بهره‌گیری از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان به‌خوبی طراحی شده‌اند. آس‌بادها به‌عنوان روشی مهندسی‌شده و عالمانه در معماری اقلیم گرم و خشک سیستان، همچنان که در گذشته در معیشت مردم اهمیت زیادی داشته‌اند، می‌تواند امروزه به‌عنوان تعدیل‌کننده دما و آسایش حرارتی در فضاهای باز و معماری مناطق گرم و خشک و بادخیز دنیا کاربرد داشته باشند. ازاین‌رو، ویژگی‌های معماری منحصربه‌فردی و به‌ویژه استفاده مناسب از نیروی باد در آس‌باد ورمال بسیار قابل‌توجه است.

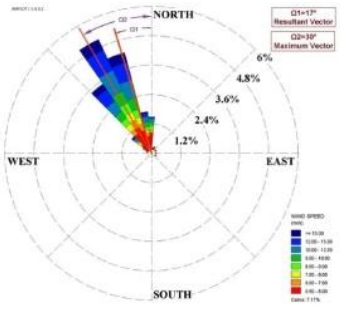
شکل ٤. دریچه ورودی باد به آس‌باد (A) و مجموعه ساختمان‌های ضلع شمالی بخش اصلی (مرکزی) ورمال

یافته‌های پژوهش

یافته‌های پژوهش حاضر، شامل یافته‌های توصیفی تبیین‌کننده وضعیت بهره‌گیری از نیروی باد در آس‌باد ورمال و یافته‌های حاصل از اجرای نرم‌افزارهای WRPLOT View و «گوگل ارث پرو» برای ساخت گلباد بادهای ۱۲۰ روزه و اجرای عملیات شبیه‌سازی CFD خروجی‌های نرم‌افزار انسیس فلوئنت است.

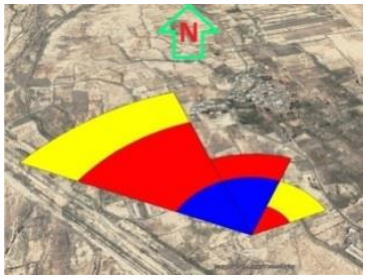
نتایج داده‌های بادهای ۱۲۰ روزه سیستان در منطقه ورمال

ازآنجایی‌که وضعیت بلندمدت پارامترهای اقلیمی می‌تواند شرایط پایدارتر جهت و سرعت باد را نشان دهد و مؤید شرایط نسبی وضعیت اقلیمی باشد؛ ازاین‌رو، در این پژوهش از آمار هواشناسی (سازمان هواشناسی کشور، ۱۴۰۱)، بلندمدت (سال، ماه، روز و ساعت) منطقه سیستان از ۱۹۶۳ تا ۲۰۲۲ میلادی استفاده شد. از قابلیت نرم‌افزار مایکروسافت اکسل برای «ساخت فایل هواشناسی استاندارد» و برای تنظیمات داده‌های باد بر اساس سال، ماه، روز، ساعت، جهت و سرعت استفاده شد. مشخصات مختصات شناسه ایستگاه هواشناسی زابل در نرم‌افزار WRPLOT View وارد شد. خروجی Export Options به نرم‌افزار «گوگل ارث پرو» انتقال یافت. وضعیت گلباد با مختصات دقیق بر روی خروجی تصاویر ماهواره‌ای بر اساس داده‌های واقعی نمایش داده شد (شکل ۵). خروجی‌های متنوعی از نرم‌افزار مذکور در طی ساعت‌های شبانه و روز، هفتگی، ماهانه، سالانه تولید می‌شوند که به سبب تعداد و حجم زیاد فقط یک نمونه خروجی گلباد برای نمایش بیشترین بادهای ۱۲۰ روزه (جهت شمال غربی و شمال)، در این پژوهش ارائه شده است که در شکل ۶، به‌وسیله نرم‌افزار WRPLOT View و گوگل ارث پرو قابل‌مشاهده است.



شکل ۵. گلباد منطقه سیستان (Mohammadi et al., 2022: 3)

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

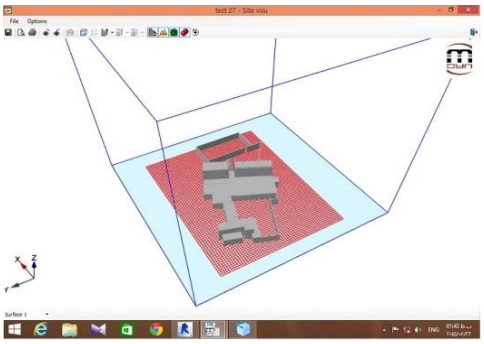


شکل ٦. نمونه گلباد جهت بادهای ۱۲۰ روزه به‌وسیله نرم‌افزار WRPLOT View و گوگل ارث پرو

در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور شدیدترین و بیشترین بادها جریان دارند و میزان متوسط سرعت بادهای ۱۲۰ روزه ثبت‌شده ایستگاه هواشناسی زابل طی این فصول، در جهت شمال و شمال غربی به ترتیب ۶/۵ و ۹ متر بر ثانیه به دست آمده است (سلیقه، ۱۳۸۲: ۱۱۴). همچنین میانگین سرعت باد در منطقه سیستان حدود ۹ متر بر ثانیه است (معماریان و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۳). در مطالعات معماری میزان مطلوبیت بادهای غالب و تأثیر آن‌ها در آسایش انسان در فضاهای باز، از معیار و شاخص بوفورت استفاده می‌شود. بر اساس این شاخص، درصورتی‌که سرعت باد از ۶ متر بر ثانیه کمتر باشد، شرایط محیطی مطلوب است. با افزایش سرعت باد به حداکثر ۸ متر بر ثانیه و بیشتر، شرایط کاهش می‌یابد (روضاتی و قنبران، ۱۳۹۳: ۱۰۷). باتوجه‌به اینکه عملکرد بیشتر آس‌بادها هم‌زمان با شروع بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است و به دلیل آنکه انجام عملیات تحلیل باد بر معماری با روش‌های سنتی و محاسباتی دستی مشکل و زمان‌بر است، برای این منظور، از نرم‌افزار شبیه‌سازی انسیس فلوئنت Ansys Fluent با قدرت محاسباتی و دقت بالا برای شبیه‌سازی وضعیت بادهای ۱۲۰ روزه در آس‌باد ورمال استفاده شده است. به سبب گستردگی حجم عملیات شبیه‌سازی و تنوع سناریوهای خروجی و باتوجه‌به میانگین سرعت بادهای ۱۲۰ روزه و شاخص بوفورت سرعت‌های ۳ و ۶ متر بر ثانیه (m/s) از جهت شمال و شمال غربی بر روی دریچه ورودی آس‌باد ورمال، با نرم‌افزار انسیس فلوئنت اجرا شد.

استخراج حجم توده هندسی بخش اصلی (مرکزی) و آس‌باد ورمال

قبل از انجام عملیات شبیه‌سازی، لازم است بر اساس داده‌ها و اطلاعات واقعی و برداشت‌های میدانی، حجم توده هندسی بخش اصلی (مرکزی) و آس‌باد ورمال استخراج شود. این عملیات به‌دقت بالایی نیاز دارد، زیرا برای رعایت اصول و استانداردهای علمی و انجام عملیات شبیه‌سازی CFD، باید به‌طور صحیح، مدنظر قرار گیرند. در این قسمت برای استخراج حجم هندسی توده معماری از نرم‌افزارهای Revit و UrbaWind-Meteodyn (شکل‌های ۳ و ۷) استفاده شده است. در مراحل بعدی، سناریوهای مختلفی قابل‌طرح هستند و خروجی‌های نرم‌افزار Ansys Fluent در ابعاد مختلف قابل‌ارائه هستند که به سبب حجم و تنوع بالای خروجی‌ها، در مقاله حاضر نمونه‌ای از آن‌ها ارائه شده است.



شکل ۷. نمونه‌ای از خروجی حجم و توده معماری ورمال UrbaWind-Meteodyn

از دستگاه بادسنج دیجیتال بنتک مدل GM8902+ استفاده شده است، میانگین اندازه‌گیری‌ها مختلف در ارتفاعات دریچه آس‌باد و فضاهای مجاور ثبت و اعتبارسنجی شد (شکل ۸).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

شکل ۸. دریچه آس‌باد، نمونه‌ای از اعتبارسنجی با دستگاه بادسنج دیجیتال

متناسب‌سازی میانگین سرعت باد در آس‌باد ورمال با بهره‌گیری از شبیه‌سازی CFD

مرحله بعدی، پس از استخراج حجم توده هندسی بخش اصلی (مرکزی) و آس‌باد ورمال و تعیین جهت بادهای ۱۲۰ روزه، شمال و شمال غربی، سناریوهای مختلفی قابل انجام و ارائه شدند. در این پژوهش، فقط خلاصه‌ای از نتایج فرایند عملیات CFD نشان داده شده است، ضمن آنکه ضلع شمالی بخش مرکزی ورمال که با سطح برخورد بادهای ۱۲۰ روزه سیستان مواجه است و آس‌باد ورمال نیز در این بخش واقع شده است، بیشتر مورد تأکید قرار گرفته است. این بخش شامل مجموعه‌ای از ساختمان‌ها در دو طبقه و چندین حیاط است و دارای یک دریچه برای ورود باد به آس‌باد است، در شبیه‌سازی چگونگی جریان باد بر مبنای سرعت‌های ۳ و ۶ متر بر ثانیه (m/s)، از جهت بادهای غالب ۱۲۰ روزه سیستان، شمال و شمال غربی اجرا شده است. بر اساس «شاخص بوفورت» در پژوهش حاضر از بهترین نمونه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه، برای عملیات شبیه‌سازی در آس‌باد ورمال استفاده شد. برای تولید و انجام استقلال شبکه (مش‌بندی)، از نرم‌افزار Ansys Meshing استفاده شد و نوع مش بدون ساختار است. انجام عملیات مش‌بندی وقت و زمان زیادی از حجم عملیات CFD را به خود اختصاص می‌دهد. بعد از انجام عملیات مش‌بندی، بستر انجام عملیات شبیه‌سازی CFD مهیا شد و بر اساس هدف پژوهش، انجام انواع سناریوها امکان‌پذیر گردید و خروجی‌های متعددی قابل‌اجرا و ارائه شدند.

فرایند مراحل شبیه‌سازی در نرم‌افزار، شامل محدوده بخش اصلی (مرکزی) سکونتگاه ورمال است که آس‌باد در حدفاصل مجموعه ساختمان‌ها واقع شده است. مجموعه مذکور در فضایی به‌صورت مکعب مستطیل شبیه‌سازی شده‌اند. باتوجه‌به زاویه باد، دو طرف جانبی این محدوده به‌عنوان مرزهای ورودی جریان باد و دو صفحه مخالف به‌عنوان مرزهای خروجی در نظر گرفته شده‌اند. جهت جریان باد در اطراف مجموعه ساختمان‌ها ازجمله آس‌باد زاویه خاصی دارند، بنابراین سرعت‌ها در جهت مختصات x و y تقسیم می‌شوند. کانتورهای دوبعدی و سه‌بعدی مربوط به سرعت‌ها به دست می‌آیند. خطوط دوبعدی در هر سه بخش XY، YZ و XZ فرض می‌شوند.

بحث و نتایج شبیه‌سازی CFD وضعیت جریان باد بر آس‌باد ورمال

بر اساس مسئله پژوهش، فقط برخی از خروجی‌ها که اولویت بیشتری دارند و در راستای اصل پژوهش هستند، عملیات شبیه‌سازی جریان سیالات اجرا و انجام شده است و در شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲، ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است، نتایج تحلیل‌های شبیه‌سازی بر ویژگی‌های ساختاری مجموعه سازه‌های بخش اصلی (مرکزی) سکونتگاه و اتاق پرخانه آس‌باد ورمال در «فضای باز» و بر روی دریچه ورودی آس‌باد تمرکز و اجرا گردیده است. در ادامه نمونه‌ای از خروجی‌های Ansys Fluent آمده است. لازم به ذکر است، این تصاویر از خروجی‌های متحرک (پویانمایی یا انیمیشنی) استخراج و به‌صورت تصاویر ثابت ارائه شده‌اند و در یک شکل یا فریم از نتایج، تنها دید سطحی قابل‌مشاهده است؛ درصورتی‌که در اصل عملیات شبیه‌سازی شده و مشاهدات نرم‌افزاری، فراتر از شکل‌های مذکور نتایج قابل‌مشاهده و تحلیل هستند.

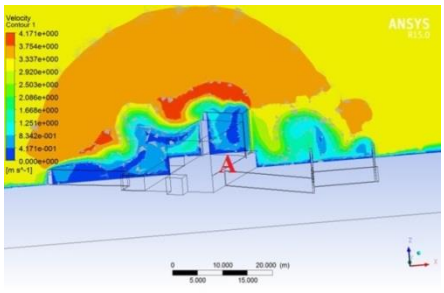
شکل ۹، نمونه کانتور سرعت ۳ متر بر ثانیه باد شمال غربی، شبیه‌سازی در بخش آس‌باد، منطقه پرفشار را به رنگ‌های قرمز و نارنجی نشان می‌دهد. الگوی جریان باد در آس‌باد و مجموعه ساختمان‌های بخش اصلی (مرکزی) که در معرض باد هستند، شبیه‌سازی شده‌اند. باد در برخورد با آس‌باد، به سمت بالا و پایین منحرف می‌شود و هم از اطراف جوانب آن عبور می‌کند. جریان باد در سطح ضلع شمالی مجموعه سازه‌های بخش مرکزی و دریچه ورودی آس‌باد و دیواره‌هایی که رو به باد هستند، برخورد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

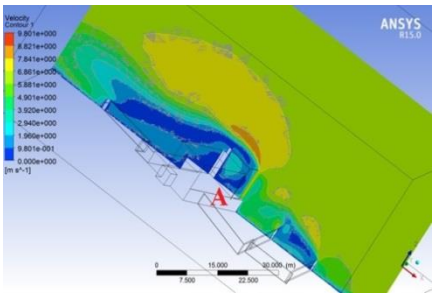
می‌نماید. ازآنجایی‌که دریافت باد باتوجه‌به گرادیان باد، هرچه ارتفاع بالا می‌رود، اصطکاک کمتر می‌شود و سرعت باد افزایش می‌یابد، همچنان که در شکل ۹ مشخص است، رنگ‌های قرمز و نارنجی، در ارتفاع بیش از ۱۰ متر، سرعت بیشتر باد را در محدوده بالای آس‌باد نشان می‌دهد، در این قسمت سرعت باد افزایش یافته است.

شکل ۱۰، نمونه‌ای از اجرای عملیات شبیه‌سازی سرعت ۶ متر بر ثانیه باد از جهت شمال، نشان می‌دهد که بیشترین سرعت باد در بالای دریچه آس‌باد (A) است. دریچه آس‌باد، اجازه ورود باد را به بخش پرخانه (محل پروانه آس‌باد) می‌دهد و در مقابل بخش پرخانه هیچ‌گونه مانعی برای ورود باد به حیاط و ساختمان‌ها وجود ندارد. مسیر جریان باد باز است و به‌خوبی وارد بخش‌های حیاط، طبقات اول، دوم و ایوان‌ها می‌شده است. این شرایط باعث برابری فشار داخلی و خارجی جریان هوای ساختمان‌ها می‌شود و می‌تواند باعث تهویه طبیعی و ایجاد شرایط مطلوب «خنک‌سازی» گردد. بعد از عبور جریان باد از آس‌باد به حیاط و اتاق‌های جنبی، جریان هوای آرام (طیف‌های مختلف رنگ آبی) وارد فضاهای داخلی اتاق‌ها می‌شود که نشان‌دهنده کاربرد آس‌باد جهت تهویه طبیعی و خنک‌سازی و تعامل معماری آس‌باد وَرمال با محیط طبیعی است.

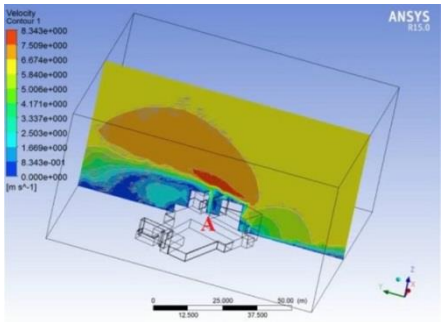
شکل ۱۱، نمونه کانتور سرعت ۶ متر بر ثانیه (m/s)، موقعیت آس‌باد (A) باد جهت شمال غربی، مجرای ورود باد به پرخانه آس‌باد را به رنگ‌های طیف‌های آبی تا سبز را نشان می‌دهد. با ایجاد دریچه در آس‌باد که نقش هدایت باد را عهده‌دار است، باد وارد بخش اصلی (پرخانه) می‌شود. دریچه ورودی به‌گونه‌ای طراحی شده که باد را تا جلوی پره‌ها، هدایت می‌نموده است. در فضای پرخانه آس‌باد، فشار هوای باد به میزان بالایی افزایش می‌یافته است. پره‌های آس‌باد چوبی و سبک بوده و به‌راحتی با جریان باد به چرخش درمی‌آمده است. بر این اساس، عملکردهای مهم آس‌باد، (چرخش پره‌ها) تأمین می‌شده است. ازآنجاکه جریان باد از بالا و اطراف ساختمان (دیوارهای جانبی ساختمان)، پشت‌بام، بادگیرها و دریچه آس‌باد به درون فضاهای داخلی کشیده می‌شود و بعد از ورود به فضاهای داخلی ساختمان، مخالف جریان اولیه (جهت عکس، نسبت به جریان اصلی) حرکت می‌کند. این موضوع عامل شکل‌گیری «پیچانه» که حرکت هوای داخل آن غیرمستقیم و گاهی موجی است، در اطراف ساختمان‌های بخش اصلی (مرکزی) می‌شده است، در کانتورهای شکل‌های ۹ و ۱۰، با طیف‌های رنگی آبی تا سبز به‌خوبی ملاحظه می‌شود.



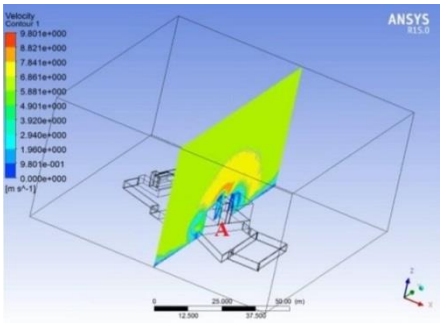
شکل ۹. نمونه کانتور سرعت ۳ متر بر ثانیه باد شمال غربی، (A) موقعیت آس‌باد



شکل ۱۰. نمونه کانتور سرعت ٦ متر بر ثانیه باد شمال،(A) موقعیت آس‌باد



شکل ۱۱. نمونه کانتور سرعت ٦ متر بر ثانیه باد شمال غربی، (A) موقعیت آس‌باد



شکل ۱۲. نمونه کانتور سرعت ٦ متر بر ثانیه باد شمال، (A) موقعیت آس‌باد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

شکل ۱۲، نمونه کانتور سرعت ۶ متر بر ثانیه (m/s)، موقعیت آس‌باد (A)، باد جهت شمال را نشان می‌دهد. معمولاً آس‌بادها در منطقه سیستان، خارج از فضاهای مسکونی احداث می‌شدند، اما آس‌باد ورمال در داخل مجموعه ساختمان‌های مسکونی و حدفاصل اتاق‌ها ساخته شده است. این وضعیت تطبیق معماری آس‌باد، با بادهای ۱۲۰ روزه سیستان یا به عبارتی «تعامل معماری آس‌باد وَرمال با محیط طبیعی» را به‌خوبی نشان می‌دهد. تنوع بازشوها (دریچه آس‌باد، بادگیرها، پنجره‌های مشبک و ...) در بخش ساختمان‌های ضلع شمالی (شکل ۴)، شیوه قرارگیری و طراحی آس‌باد به‌گونه‌ای است که در صورت فشار زیاد باد (سرعت‌های ۱۲۰ کیلومتر در ساعت)، مقاومت داشته و از خسارت به تأسیسات آن جلوگیری به عمل می‌آمده است.

مقایسه و تحلیل نتایج نهایی پژوهش حاضر، نشانگر آن است که باد شمال نسبت به باد شمال غربی جریان هوای بیشتری را در آس‌باد ایجاد می‌نموده است و به‌تبع آن افزایش گردش هوا برای عملکردهای بیشتر آس‌باد را به وجود می‌آورده است. بادهای شمالی نسبت به باد شمال غربی تأثیرات بیشتری در تعامل معماری آس‌باد ورمال با طبیعت منطقه داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

بهره‌برداری از انرژی باد طی قرون متمادی در ایران و جهان موردتوجه بوده است. وجود بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، باعث شده است که این منطقه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خاستگاه‌های اصلی ابداع آس‌بادها شناخته شود، چنانکه منابع تاریخی نیز اشاره به این مسئله دارند. پژوهش‌های محققین نشان می‌دهد که بعدها تکنیک ساخت آس‌بادها به سایر سرزمین‌های خارج از ایران نیز راه یافته است، به‌طور نمونه اسپانیایی‌ها نیز از آسیاهای بادی استفاده می‌نمودند، با این تفاوت که ازنظر اجزاء ویژه معماری با آس‌بادهای سیستان بسیار اختلاف دارند.

نتایج سایر پژوهش‌ها در ایران نیز نشان می‌دهد، آس‌بادها به‌صورت مجموعه‌ای، متصل به یکدیگر و نزدیک بافت مسکونی احداث می‌شدند (نمونه آس‌بادهای نشتیفان) و یا به‌صورت منفرد در جوار مراکز جمعیتی (نمونه آس‌بادهای منطقه حوض‌دار) ساخته می‌شدند، موقعیت آس‌بادها بیشتر خارج از فضاهای سکونتگاهی بنا می‌گردیدند و اکثریت آن‌ها تنوع عملکردی کمتری (آسیاب غلات) نسبت به آس‌باد ورمال داشته‌اند.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که آس‌باد ورمال با جهت و سرعت بادهای غالب ۱۲۰ روزه سیستان انطباق دارد. برای تحلیل بخش اصلی (مرکزی) سکونتگاه و آس‌باد ورمال با در نظر گرفتن «شاخص بوفورت» و با کمک CFD بر مبنای سرعت‌های ۳ و ۶ متر بر ثانیه (m/s)، از جهت شمال و شمال غربی فرایند شبیه‌سازی انجام شد. کانتور سرعت ۳ متر بر ثانیه باد شمال غربی نشان داد که جریان باد در برخورد با آس‌باد، به سمت بالا و پایین منحرف می‌شود و هم از اطراف جوانب آن عبور می‌کند. اجرای عملیات شبیه‌سازی سرعت ۶ متر بر ثانیه (m/s)، از جهت شمال و شمال غربی نشان می‌دهند، بیشترین سرعت باد در بالای دریچه آس‌باد است. دریچه آس‌باد، به‌خوبی اجازه ورود باد را به بخش پرخانه آس‌باد می‌داده است، این امر نشانگر آگاهی مهندسان کهن ایرانی از اصول آیرودینامیک است. در مقابل بخش پرخانه هیچ‌گونه مانعی برای ورود باد به حیاط بخش مرکزی و ساختمان‌ها وجود ندارد. جریان باد از بالا و اطراف ساختمان، پشت‌بام، بادگیرها و دریچه آس‌باد به درون فضاهای داخلی کشیده می‌شود و بعد از ورود به فضاهای داخلی ساختمان، مخالف جریان اولیه حرکت می‌کند. ازاین‌رو، جریان هوای آرام وارد فضاهای داخلی اتاق‌ها می‌شده است که نشان‌دهنده کاربرد آس‌باد جهت تهویه طبیعی، خنک‌سازی و تعامل معماری آس‌باد وَرمال با محیط طبیعی است.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد؛ باتوجه‌به موقعیت آس‌باد ورمال در داخل مجموعه ساختمان‌های مسکونی، این نوع خاص از آس‌باد، عملکردهای متنوع‌تری نسبت به سایر آس‌بادهای شرق ایران داشته است. به‌گونه‌ای که بهره‌گیری مناسب از بادهای ۱۲۰ روزه، کمک مؤثری در ایجاد گردش هوا در طبقات ساختمان و تهویه طبیعی در فضاهای داخلی در ایام گرم سال می‌نموده است و تعامل معماری آس‌باد وَرمال با محیط طبیعی را به‌خوبی نشان می‌دهد. ازاین‌رو، کاربردهای آس‌باد ورمال به‌غیراز آسیاب غلات، جهت تهویه طبیعی و خنک‌سازی نیز بوده است.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

فهرست منابع

ابراهیمی حامد؛ مرتضوی، مهدی؛ موسی پور نگاری، فریبا. (۱۳۹۹). تحلیل و مقایسه عملکرد جریان باد در آس‌باد منفرد سیستان و آس‌باد ساده خراسان با استفاده از نرم‌افزار ANSYS، *نشریه معماری اقلیم گرم و خشک*، ۸(۱۱)، ۱۰۹ -۱۲۳.

سعیدیان، امین؛کابلی، احمدرضا؛ احمدی‌زاده، محمد؛ قشقایی، رضا. (۱۳۹۰). آس بادهای مناطق کویری ایران و پل- آسیاب های آبی شهر دزفول مصادیق معماری پایدار در معماری فراموش شده ایرانی، دومین همایش معماری پایدار، همدان.

اتحادی، نیما. (۱۳۹۰). آس‌بادهای سیستان، الگویی برگرفته از معماری پایدار (نمونه موردی آس‌باد قلعه مچی منطقه حوض دار)، *دومین همایش معماری پایدار*، همدان.

احمدی، زهرا؛ شهیدی، آرزو. (۱۳۹۰). آس‌باد الگویی بومی از کاربرد انرژی‌های تجدید پذیر، *اولین همایش اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی (با رویکرد توسعه پایدار)*، اصفهان.

علایی مقدم، جواد. (۱۳۹۳). *گزارش مستندسازی و ثبت آثار شاخص سیستان، شرکت باستان‌پژوهان سرزمین اهورایی*، اداره کل میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان سیستان و بلوچستان، چاپ‌نشده.

پیش‌یار، سارا؛ خسروی، حسن؛ شکوهی، سحر. (۱۳۹۳). آس‌باد الگویی از معماری بومی در استفاده از انرژی باد در منطقه خواف. *نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۱(۲)، ۲۲-۲۸.

حسینی، آرزو، میرزمانی، لیلا. (۱۳۹۲). آس‌بادهای خراسان نمودی از معماری همساز با اقلیم – مطالعه موردی: آس‌بادهای منطقه خواف، *کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری*، تبریز.

حیدری، ابوالفضل؛ داوطلب، جمشید. (۱۴۰۱). بررسی نقش باد در شکل‌دهی منظر انسان‌ساخت سیستان و راهکارهای به‌کارگیری و مقابله با آن به استناد منابع تاریخی. *باغ نظر*، ۱۹(۱۰۶)، ۳۳-۴۴.

خضری زهره و ایمانی نادیه. (۱۳۸۸). آس‌باد: تجلی‌گاه هنر و صنعت (بررسی ویژگی‌های معماری آس‌بادهای نشتیفان)، *نشریه نامه معماری و شهرسازی*، ۲(۲)، ۱۱۱-۱۲۳.

رحیمی، غلامحسین. (۱۳۸۶). ایران، زادگاه آسیاهای بادی عمود محور، *کتاب ماه علوم و فنون*، ۹۷، ۷-۱۳.

روضاتی، سید حمیدرضا؛ قنبران، عبدالحمید. (۱۳۹۳). ارزیابی آسایش در فضاهای باز شهری بر اساس شاخص‌های آسایش باد (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، *فصلنامه علوم محیطی*، ۱۲(۴)، ۱۰۵-۱۱۲.

زارعی، محمدابراهیم؛ بهبودی، نغمه. (۱۳۹۵). بررسی سرعت و فشار حرکت باد در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال سیستان با بهره‌گیری از شبیه‌سازی CFD، *فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی*، ۴ (۱)، ۹۴-۱۱۰.

سازمان هواشناسی کشور. (۱۴۰۱). *سالنامه‌های هواشناسی*، وزارت راه و شهرسازی، سایت سازمان هواشناسی کشور (www.irimo.ir).

سلیقه، محمد. (۱۳۸۲). توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل، *نشریه جغرافیا و توسعه*، ۱(۲)، ۱۰۹-۱۲۱.

سید سجادی سید منصور. (۱۳۷۹). محیط طبیعی و آثار باستانی دشت سیستان، *مجله تحقیقات جغرافیایی*، ۱۵(۵۶-۵۷)، ۱۴۶-۱۸۶.

غلامی غلامحسین؛ کاویان، مجتبی؛ رضازاده، نیکی. (۱۳۹۶). آسیاهای بادی سیستان، بررسی تجارب معماری پایدار دشت‌های بادخیز با تأکید بر تحلیل اجزای کالبدی آس‌باد شماره ۲ مچی «قلعه چه رئیس»، *فصلنامه مسکن و محیط روستا*، ۳۶(۱۵۹)، ۳-۱۸.

فتاحی، احمد؛ غبرایی، ملیحه؛ زمانی، فرزانه. (۱۳۹۲). استفاده از انرژی باد در ایران باستان و نقش آن در اقتصاد، *اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک*، همدان.

فرشاد، مهدی. (۱۳۷۶). *تاریخ مهندسی در ایران، به کوشش سید محمد رئیسی*، چاپ سوم، انتشارات بلخ، تهران.

قزوینی، زکریا بن محمدبن محمود. (۱۳۷۳). *آثار البلاد و اخبار العباد*، ترجمه با اضافات؛ جهانگیر میرزا قاجار به تصحیح و تکمیل میرهاشم محدث، چاپ اول، مؤسسه انتشارات امیرکبیر، تهران.

قهرمانی، بیتا؛ بهادری، علی‌اصغر. (۱۳۹۲). آس‌بادهای نشتیفان مثالی برای مهندسی هوشمندانه ایرانی، *صفه*، (۶۰)، ۵۱-۶۴.

مسعودی، ابوالحسن علی بن حسین. (۱۳۷۰). *مروج الذهب*، جلد اول و دوم، ترجمه ابوالقاسم پاینده، چاپ چهارم، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.

معماریان، غلامحسین؛ محمدمرادی، اصغر؛ حسینعلی پور، سیدمصطفی؛ حیدری، ابوالفضل؛ دودی، سعیده. (۱۳۹۶). تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی مسکن بومی روستای قلعه‌نوی سیستان به کمک CFD، *فصلنامه مسکن و محیط روستا*، ۳۶ (۱۵۷)، ۲۱-۳۶.

مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ بمانیان، محمدرضا؛ مشایخی، محمد. (۱۳۹۱). آس بادها قدیمی‌ترین آسیاهای بادی در جهان. *نقش‌جهان*، ۲(۱)،

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

۵۴-۴۳.

مولانایی، صلاح‌الدین؛ سلیمانی، سارا. (۱۳۹۵). عناصر باارزش معماری بومی منطقه سیستان بر مبنای مؤلفه‌های اقلیمی معماری پایدار، *باغ نظر*، ۱۳(۴۱)، ۵۷-۶۶.

ورمقانی، حسنا. (۱۳۹۲). معماری سنتی ایران در پناه باد: رهنمودی بر کاربرد انرژی‌های پاک، *اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک*، همدان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]

References

Hatef Naiemi, A. & Yeganehfarzand, S.H. (2019). Nashtifan Windmills in their Environmental Context, Khurasan, Iran, Vernacular Architecture, Volume 50, 2019,Issue 1, 57-77.

Mishmastnehi, M. (2015). Conservation Policy on Āsbāds (Persian Windmills) Based on Archaeological Categorization, June 2015, Conference: TIMS 14th Symposium 2015, At: Sibiu, Romania.

Mishmastnehi, M. (2021). Technological Heritage of Persian Windmills, Iran, Journal of the British Institute of Persian Studies, Published online: 12 Aug 2021, DOI: 10.1080/05786967.2021.1960885.

Mishmastnehi Moslem, Milke Reinhard, Bernbeck Ralf. (2021). A forgotten technology: The production of artificial millstones for windmills in Sistan, southeastern Iran, Journal of Archaeological, Science6 July 2021, Volume 133, (Cover date: September 2021)Article 105440.

Mohammadi, Elham., Jarkeh Mohammadreza, Arbabi Vahid and Zolfaghari, Alireza. (2022). Effect of resilient architecture in an ancient windmill in the Sistan region on natural ventilation enhancement. Sci Rep 12, 18240.

Martín Enrique, Herrero-Tejedor Tomás Ramón, Conejo-Martin Miguel Ángel. (2011). Graphic study and geovisualization of the old windmills of La Mancha (Spain), Applied Geography, July 2011, Volume 31, Issue 3, 941-949.

Rojas-Sola, José Ignacio, Bouza-Rodríguez José Benito, Menéndez-Díaz Agustín. (2016). Technical and functional analysis of Spanish windmills: 3D modeling, computational-fluid-dynamics simulation and finite-element analysis, Energy Conversion and Management, September 2016, Volume 123, 130-139.

Saeidian, A., His Elixir. Preser. (2012). Windmills in Iran, Historic Preservation, Available online at www.elixirpublishers.com (Elixir International Journal), 42 (2012) 6507-6515.

Saeidian, A., Bemanian, M. R., Zamani, E., Pourjafar, M. R., & Gholi M. (2012), A survey in sustainable design of Iranian windmill technology in desert areas, Sustainable Architecture,Available online at www.elixirpublishers.com (Elixir International Journal), Elixir Sustain. Arc. 48 (2012) 9295-9307.

Toja-Silva Francisco, Kono Takaaki, Peralta Carlos, Lopez-Garcia Oscar, Chen Jia. (2018). A review of computational fluid dynamics (CFD) simulations of the wind flow around buildings for urban wind energy exploitation, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 180, September 2018, 66-87.

Zarrabi, M., & Valibeig, N. (2021), 3D modelling of an Asbad (Persian windmill): a link between vernacular architecture and mechanical system with a focus on Nehbandan windmill, Heritage Science volume 9: 108, P 1-11.

Zayats, I. (2015). The Historical Aspect of Windmills Architectural Forms Transformation, Procedia Engineering, 2015, Volume 117, 685-695.

Zhao, D.X., & He B.J. (2017). Effects of architectural shapes on surface wind pressure distribution: Case studies of oval-shaped tall buildings, Journal of Building Engineering, Volume 12, 219-228.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.185.31]