Journal of Athar
ISSN: 2538-1830 | Volume 45 | Issue 105 | Summer 2024

From Description to Reality: Analyzing the Technology and Physical Representation of the First Sistani Windmill Described by Shams al-Din al-Ansari al-Dimashqi

Maziyar Nikbar[1], Mahdi Motamedmanesh[2], Kamyab Kiani[3]

1. Ph.D. Student of Architecture, Institut für Architektur, Technische Universität Berlin, Berlin, Germany
2. Assistant Professor of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: m.motamed@modares.ac.ir
3. Ph.D. student of Architecture, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

Article Info

Pp: 31-59

Original Article

Received: 2024/05/09
Revised: 2024/07/10
Accepted: 2024/07/15

https://doi.org/10.66224/Athar.45.105.2

Use your device to scan and read the article online

Athar Journal
Journal of Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT), Tehran, Iran

Publisher:
Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT).

ABSTRACT

One of the earliest and most significant historical records of wind-powered structures is provided by the 13th-century geographer and historian Shams al-Din al-Dimashqi in Nukhbat al-Dahr fi Aja'ib al-Barr wa al-Bahr (The Choice of Times in the Wonders of Land and Sea). His description and illustration of a windmill from the Sistan region serve as invaluable documentation, particularly in the absence of physical remains of such structures. This study critically examines the architectural and technological features of al-Dimashqi's Sistani windmill, employing a qualitative and interpretative methodology grounded in logical reasoning. By analyzing the only surviving historical image and textual description, this research enhances our understanding of early Iranian windmill technology. Findings indicate that this windmill differs fundamentally from known Iranian examples in terms of architecture and wind utilization. Unlike later vertical-axis windmills, the Sistani windmill features unique adaptations, including funnel-shaped wind guides, animal skin applications, and intricate mechanical connections, suggesting an advanced grasp of fluid dynamics and engineering. Furthermore, its placement on an elevated site, smaller scale, and strategic reconfiguration of grinding and storage areas demonstrate a sophisticated response to environmental and functional needs. Given the perishable nature of these structures, significant historical gaps remain, particularly regarding the technological lineage linking al-Dimashqi's windmill to later Iranian windmills. Addressing these gaps through field research in Sistan could provide crucial insights into the evolution of wind-powered technology and Iran's role in its development. Ultimately, this study highlights the historical significance of renewable energy technologies in Iran and their potential to inspire contemporary innovations in sustainable design and energy efficiency.

Keywords: Asbad, Shams al-Din al-Ansari al-Dimashqi, Sistan, History of Building Technology, Climate-responsive Architecture.

Copyright © 2023. This open-access journal is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the AttributionNonCommercial terms.

URL: https://athar.richt.ir/article-2-1687-en.html

How to Cite This Article:

Nikbar, M., Motamedmanesh, M. & Kiani, K., (2024). "From Description to Reality: Analyzing the Technology and Physical Representation of the First Sistani Windmill Described by Shams al-Din al-Ansari al-Dimashqi". *Athar,* 45 (105): 31-59. https://dx.doi.org/10.22034/45.105.2

Introduction

The utilization of wind energy has been an integral part of architectural and technological advancements in various civilizations, with Iran being a pioneering region in windmill development. Wind-powered structures, particularly windmills, have played a crucial role in the built environment, especially in areas with limited conventional energy sources. Among the earliest known records of a windmill is the account provided by the 13th-century geographer and historian, Shams al-Din al-Ansari al-Dimashqi, in his work *Nukhbat al-Dahr fi Aja'ib al-Barr wa al-Bahr* (The Choice of Times in the Wonders of Land and Sea). His description and illustration of a windmill from the Sistan region serve as invaluable documentation, particularly given the absence of physical remains of such structures. This historical record provides a rare opportunity to reconstruct and analyze the technological and architectural aspects of early windmills in the Iranian plateau.

This study critically examines the architectural configuration and mechanical functionality of the Sistani windmill described by al-Dimashqi, employing a qualitative and interpretative methodology based on historical textual analysis, comparative studies, and logical reasoning. Through the only surviving historical image and textual description, this research reconstructs the windmill's structural and operational principles. The findings indicate that the Sistani windmill diverges from later Iranian windmills in several key aspects, including its spatial organization, use of funnel-shaped wind guides, application of animal skins in mechanical components, and wind-channeling mechanisms. These features reflect a sophisticated understanding of aerodynamics and mechanical efficiency that challenges prevailing assumptions about early windmill technology.

Furthermore, this study positions the Sistani windmill within the broader historical context of wind energy applications, exploring its potential links to later developments in Iranian wind-powered architecture. The structure's elevated placement, compact scale, and unique spatial configuration suggest an advanced adaptation to environmental conditions. By comparing this windmill to later Iranian windmills, this study aims to clarify its role in the evolution of wind-powered technology and bridge existing research gaps.

Ultimately, this research highlights the historical significance of renewable energy solutions in medieval Iran, demonstrating how engineers of the time leveraged natural forces to develop efficient and adaptive architectural solutions. By contextualizing al-Dimashqi's observations within the broader trajectory of windmill evolution, this study contributes to the historiography of ancient technology and underscores the relevance of historical engineering knowledge in contemporary sustainability discussions.

Discussion

The analysis of al-Dimashqi's windmill reveals architectural and technological attributes that differentiate it from other known historical windmills. Unlike the vertical-axis windmills commonly found in later Iranian and Central Asian contexts, this structure appears to have a distinct two-tiered spatial organization. It was likely positioned on an elevated site, such as a hill or fortress, to optimize wind capture from the

persistent 120-day winds of the Sistan region. The upper chamber housed the millstone, while the lower chamber contained the wind-catching and mechanical mechanisms.

One of the most significant architectural innovations of this windmill is its funnel-shaped wind guides, which directed wind towards the rotor. Additionally, animal skins were used in certain mechanical components, possibly covering wind-catching vanes to enhance aerodynamics and durability. These features suggest a sophisticated understanding of fluid dynamics, emphasizing efficiency in wind energy utilization. Unlike conventional Iranian windmills, which rely on rectangular wind tunnels, this windmill's design appears to incorporate curved aerodynamic elements to enhance airflow.

Another notable aspect of the Sistani windmill is its adaptation to local environmental constraints. The structure's compact scale and strategic placement reflect deliberate efforts to maximize wind energy capture while minimizing structural vulnerability. Constructed primarily of mudbrick and wood, the materials chosen for the windmill ensured sustainability and compatibility with the region's harsh climate. The strategic reconfiguration of grinding and storage areas also suggests a highly functional design tailored to the social and economic needs of the time.

Despite the absence of surviving physical evidence, a comprehensive reconstruction based on textual sources, comparative studies, and engineering interpretations provides a plausible representation of the windmill's operation. The placement of wind-catching mechanisms in the lower chamber, the integration of curved wind-guiding elements, and the use of lightweight but durable materials distinguish this structure from later Iranian windmills.

This study also highlights important research gaps in the history of windmill technology. While al-Dimashqi's description provides a rare insight into early wind-powered structures, further field investigations in Sistan are necessary to determine whether remnants of similar windmills can be found. Additionally, comparing the technological lineage of this windmill to later Iranian windmills remains a challenge due to the limited number of historical records. The findings underscore the importance of interdisciplinary approaches that integrate historical research, architectural analysis, and engineering principles to reconstruct lost technologies and better understand the role of wind energy in early sustainable architectural practices.

Conclusion

The findings of this research underscore the advanced level of technological and environmental knowledge possessed by medieval Iranian engineers. Al-Dimashqi's description, though brief, offers an invaluable glimpse into the historical use of wind energy and challenges existing assumptions about early windmill development. The Sistani windmill represents an early example of sustainable architecture, designed to function optimally within its environmental and social context.

By systematically analyzing the only surviving textual and visual documentation, this study provides the first structured reconstruction of al-Dimashqi's windmill design, mechanical principles, and architectural significance. The findings highlight key differences between this windmill and later Iranian windmills, particularly in terms of aerodynamics, spatial organization, and mechanical components. The use of wind

funnels, lightweight materials, and adaptive spatial planning demonstrate a sophisticated approach to harnessing renewable energy in medieval Iran.

This research also emphasizes the necessity of interdisciplinary approaches in the study of historical architecture and engineering. The integration of historical analysis, structural engineering, and environmental considerations has enabled a more nuanced understanding of how medieval architects designed efficient and adaptive structures using natural forces. Future research should explore potential archaeological remnants of early windmills in Sistan and conduct comparative studies with other regions that utilized wind energy.

The broader implications of this study extend beyond architectural historiography. By contextualizing al-Dimashqi's observations within the global history of wind-powered technology, this research highlights Iran's significant contributions to the early development of wind energy systems. The study also underscores how traditional engineering knowledge can inform modern sustainable practices, particularly in the fields of passive wind energy utilization and climate-responsive design.

Given the increasing global emphasis on renewable energy solutions, this study provides valuable historical insights into the adaptive reuse of wind power. The Sistani windmill, despite being a lost architectural form, exemplifies a highly efficient and contextually responsive approach to sustainable energy use. The lessons derived from this research can inspire contemporary architects, engineers, and policymakers to integrate historical wind-powered technologies into modern sustainable design strategies.

Ultimately, this study reaffirms the importance of preserving and studying historical architectural innovations. As climate challenges intensify, the rediscovery of lost sustainable technologies—such as wind-powered structures—offers valuable precedents for designing energy-efficient buildings today. The findings of this research bridge the past and the present, demonstrating how historical knowledge can contribute to shaping a more sustainable architectural future.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the Cultural Heritage Organization of Sistan and Baluchestan Province for their support. This study utilized the research project *Compilation and Preparation of the Map Album of Sistan Region Windmills for the World Heritage Registration File*, which was financially supported by this organization and compiled by the first author of the present research.

Observation Contribution

The authors have contributed equally to the preparation of this research.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest. All financial resources for this study were provided independently by the researchers.

مجلهٔ علمی اثر

شاپا: ۱۸۳۰-۲۵۳۸ دوره ۴۵ | شمارهٔ ۱۰۵ | تابستان ۱۴۰۳

مقالهٔ پژوهشی

از توصیف تا واقعیت: واکاوی فناوری و بازنمایی کالبدی نخستین آسباد سیستانی توصیف شده توسط شمس‌الدین دمشقی

مازیار نیک‌بر[۱]، مهدی معتمدمنش[۲]، کامیاب کیانی[۳]

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکدهٔ معماری، دانشگاه صنعتی برلین، برلین، آلمان

۲. استادیار گروه معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول)

Email: m.motamed@modares.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری معماری، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

اطلاعات مقاله

صفحات: ۵۹-۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵

https://doi.org/10.66224/Athar.45.105.2

فصلنامهٔ اثر

نشریهٔ پژوهشکدهٔ ابنیه و بافت‌های تاریخی، پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

ناشر:

پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری

خلاصه

یکی از نخستین و مهم‌ترین اسناد در دسترس از سازه‌های مبتنی‌بر فناوری باد توسط شمس‌الدین دمشقی، جغرافیدان و مورخ قرون هفتم و هشتم هجری‌قمری در کتاب *نخبهٔ الدهر فی عجائب البر و البحر* از یک آسباد درسرزمین سیستان ترسیم و توصیف شده است. تا به امروز شواهد یا بقایایی فیزیکی از سازهٔ موردبحث یافت نشده، اما سند برجای‌مانده از دمشقی که شامل تصویر و توصیف مختصری از آسباد موردبررسی است، مبدأ مناسبی برای رویدادنگاری این‌دسته از آسیادهاست که فراتر از روایت‌ها، خاطرات و افسانه‌ها، فرصت مناسبی برای پرکردن شکاف‌های تاریخ‌نگاری فراهم می‌آورد. در این‌راستا، پژوهش حاضر به بررسی و تحلیل معماری آسباد دمشقی[۱] و شناخت فناوری خاص آن پرداخته و تلاش دارد تا با استناد بر تنها تصویر و توصیف تاریخی در دسترس، که در منابع بسیاری نیز تکرار شده، به ارائه تصویری واضح از این سازه و نحوهٔ عملکرد آن بپردازد. روش تحقیق این پژوهش از نوع تفسیری/کیفی و مبتنی‌بر روش استدلال منطقی است، که با هدف ارتقای دانش موجود دربارهٔ پیشینهٔ آسیادها انجام گرفته است. اگرچه مطابق با یافته‌های پژوهش‌حاضر این آسباد از جهت شیوهٔ معماری و چگونگی به‌کاربستن نیروی باد با دیگر آسیادهای شناخته شده در ایران تفاوت اساسی دارد، اما این تحقیق می‌تواند گامی نخستین در شناخت و معرفی اولین نمونه‌های آسباد در ایران و به‌ویژه منبعی قابل‌اتکاء برای پژوهش‌های بعدی جهت شناخت بهتر پیشینهٔ فناوری‌های مبتنی‌بر انرژی باد در کشورمان باشد.

کلید واژه‌ها: آسباد، شمس‌الدین دمشقی، سیستان، تاریخ فناوری ساختمان، معماری همساز با اقلیم.

حق کپی رایت انتشار: این نشریه دارای دسترسی باز، تحت قوانین گواهینامه بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 International License منتشر می‌شود که اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را می‌دهد.

URL: https://athar.richt.ir/article-2-1687-fa.html

نیک‌بر، مازیار؛ معتمدمنش، مهدی؛ و کیانی، کامیاب، (۱۴۰۳). «از توصیف تا واقعیت: واکاوی فناوری و بازنمایی کالبدی نخستین آسباد سیستانی توصیف شده توسط شمس‌الدین دمشقی». *اثر*، ۴۵ (۱۰۵): ۳۱-۵۹. https://dx.doi.org/10.22034/45.105.2

۱. برای رعایت اختصار و جلوگیری از تکرار در متن، از آسباد توصیف شده توسط دمشقی با عنوان آسباد دمشقی یاد می‌گردد.

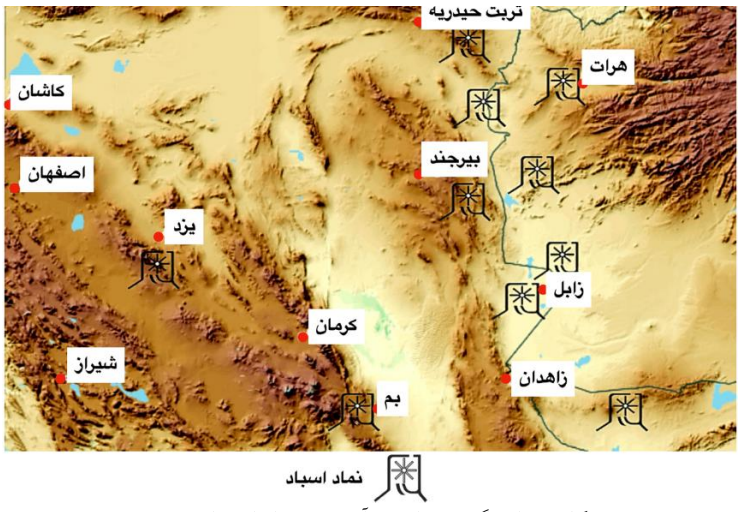
مقدمه

آسبادها به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین سازه‌های مهندسی ایرانی نمونه‌ای بارز از هماهنگی انسان با طبیعت جهت بهره‌برداری از منابع طبیعی و تجدیدپذیر مانند باد هستند. این سازه‌ها به‌ویژه در مناطقی که از اقلیم بادخیز برخوردارند، اهمیت بالایی داشته‌اند (خضری و ایمانی، ۱۳۸۸: ۱۱۱–۱۱۲). آسبادها نه‌تنها نقش مهمی در تأمین انرژی برای آسیاب‌ها و تولید آذوقه زندگی مردمان داشته‌اند، بلکه به‌عنوان نمادی از خلاقیت و دانش مهندسی ایرانیان در مواجهه با شرایط محیطی نیز شناخته می‌شوند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۱۲–۱۱۳). به‌عبارت دیگر، این بناها همواره به‌عنوان نمونه‌هایی موفق از هماهنگی انسان با محیط‌زیست، و نیز نمادی از اندیشه و خلاقیت مردمان گذشته ظاهر شده‌اند (Akbari et al., 2014: 102-104; Alaei et al., 2023: 248-250). عموم آسبادهای برجای مانده در سرزمین ایران بزرگ نیروی باد را با کمک پره‌های عمودی محفوظ در جداره‌های یک ساختمان به‌کار گرفته‌اند و مکانیزمی کاملاً متفاوت با نمونه‌های شناخته شده متأخر در اروپا دارند (شکل ۱). این سازه‌ها در مناطقی نظیر سرزمین سیستان و نیز گستره وسیعی شامل خراسان جنوبی و بخش‌هایی از افغانستان بنا شده‌اند. اصطلاح "آسباد" از واژه‌های "آس" که به سنگ‌های آسیا اشاره دارد و "باد" که عامل ایجاد انرژی برای چرخش آسیاب است، تشکیل شده و درفرهنگ دهخدا نیز به‌عنوان یک سازه مهم برای تأمین انرژی آسیاب و تولید آرد معرفی شده است (Ayatollahi, 2016: 16-18; Azizi and Jahangirian, 2020: 2169-2172; Ghahremaninejad et al., 2021: 1-4).

شکل ۱. آسباد قلعه‌مچی در منطقه حوضدار (در ۵ کیلومتری شهرسوخته) (منبع مازیار نیک‌بر)

Fig. 1. The Qaleh-Machi windmill in the Hozdar region (located 5 km from Shahr-e Sukhteh) (Source: Maziyar Nikbar)

یکی از نخستین توصیف‌های علمی این سازه‌ها توسط جغرافی‌دان و مورخ عرب‌زبان، دمشقی در در حوالی سال ۶۹۰ قمری (۱۲۹۰ میلادی)، ارائه شده است که اطلاعاتی دربارهٔ ساختار و عملکرد آسبادهای اولیه سیستان در اختیار قرار می‌دهد (دمشقی، ۱۳۵۷: ۳۰۷–۳۱۱). توصیف آسباد از زوایای مختلف توسط دمشقی با توجه به‌داده‌های علمی دوران وی اهمیت دارد. می‌توان اذعان داشت که این توصیف از آسبادهای کهن ایرانی و نحوه عملکرد آن‌ها، از نظر علمی بسیار ارزشمند است. پیش از این، توصیف‌ها و اظهارنظرهای مرتبط با آسبادها اغلب باحالت حیرت و شگفتی همراه بوده، و به‌دلیل نبود اسناد علمی و مستند، تصویر کاملی از این بناها و نحوه عملکرد آن‌ها در زمان حیاتشان فراهم نمی‌شد. توصیف شهودی و در عین‌حال نیمه‌علمی دمشقی نقاط قوت و ضعف آسبادها را برجسته کرده و به بررسی دقیق چگونگی کاربست فناوری و مهندسی کهن در ساخت آسبادها پرداخته و از این‌رو، اطلاعات کم‌نظیری از جنبه‌های ساختاری و معماری آن‌ها در اختیار انسان معاصر قرار می‌دهد. از دیگر سو، تحلیل دقیق داده‌های تاریخی و مستندسازی آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در توسعه تحقیقات معاصر در زمینه آسبادها داشته باشد. آس‌ها (اعم از آبی و بادی) وجه تمایز مهم‌تری نیز دارند که کمتر به‌چشم آمده است: آس‌های آبی و بادی بیش از آن‌که یک فناوری برآمده در شهرها باشند به روستاها تعلق دارند و گواهی بر رونق آن سامان هستند، چنان‌که باستانی پاریزی در کتاب «آسیای هفت سنگ» آس‌ها را از مظاهر خاص تمدن ایرانی در هر شهر و قریه و کوردهی، معرفی کرده و استدلال می‌کند که اگر آبادانی امروز شهرها را به تعداد سینماها و مراکز هنری آن می‌شناسند، در روزگاران گذشته، آسیا برای هر ده و کوهستان سمبل و نشانهٔ آبادانی آن بوده است و با استناد به شعر حکیم طوس «یکی کوهش آمد به ره پرگیا، بدو اندرون چشمه و آسیا»، آن‌ها را مظهر آبادانی ده و کوهستان دانسته است (باستانی پاریزی، ۲۶۵: ۱۳۶۷). پراکندگی جغرافیایی آسبادها (شکل ۲) نشانگر آن است که این سازه‌ها بیشتر در مناطقی ساخته شده است که اولاً اقتصاد مبتنی بر کشاورزی داشته‌اند و دوم به‌طور پیوسته در معرض بادهای شدید بوده‌اند و ساکنان این مناطق به‌تدریج فرا گرفتند که چگونه تهدید را به فرصت تبدیل کنند.



شکل۲. پراکندگی جغرافیایی آسبادها در ایران و افغانستان

Fig. 2. The geographical distribution of windmills in Iran and Afghanistan.

بروز ویژگی‌های منحصربه‌فرد معماری آسباد دمشقی دلایل خاص خود را داشته که این پژوهش در جستجوی شناخت آن‌ها برآمده است. به‌نظر می‌رسد از دیدگاه تاریخی این‌سازه یک "نمونهٔ اولیه[1]" است که شکاف بین آسبادهای اولیه و آسبادهای مکانیزه را نمایش می‌دهد. از آنجاکه آسباد دمشقی از سرزمین سیستان نشأت گرفته و

1. prototype

یکی از نخستین نمونه‌های موفق در این منطقه است، ارائهٔ یک روایت جامع از آن به تحلیل نحوهٔ تکامل تاریخی آسبادهای این منطقه کمک می‌کند؛ همچنین این موضوع به ما امکان می‌دهد تا درک عمیق‌تری از نقش آسبادها در حیات اجتماعی و اقتصادی چنین مناطق در ظاهر کم‌بضاعت از منابع پیدا کنیم.

عدم‌وجود منابع مستند علمی و پژوهش‌های کافی دربارهٔ نحوهٔ عملکرد و ارزش واقعی آسبادها باعث شده است که تصویر کامل و دقیقی از آسبادهای ایرانی و نقش آن‌ها در توسعه فناوری‌های بادی در دنیای امروز در دسترس نباشد. به‌ویژه توصیف‌های دمشقی از آسبادهای سیستان که از منابع اصلی و قدیمی در این زمینه است، تا به‌حال به‌طور جامع مورد تحلیل علمی قرار نگرفته است. این پژوهش به‌دنبال رفع خلأهای موجود است. بر این اساس پرسش‌های اصلی این پژوهش از قرار زیر می‌باشند:

- آسباد توصیف‌شده توسط دمشقی تا چه حد با واقعیت‌های تاریخی و علمی همخوانی دارد؟
- چگونه می‌توان از این توصیفات تاریخی برای شناخت بهتر فناوری آسبادها و توسعه آن‌ها در سرزمین‌مان کمک بگیریم؟

پیشینهٔ پژوهش

استفاده از انرژی باد به‌عنوان یکی از منابع پایدار انرژی تاریخچه‌ای طولانی دارد. نخستین نشانه‌های بهره‌برداری از این فناوری به ایران بازمی‌گردد، جایی‌که این انرژی به‌عنوان یک مؤلفهٔ حیاتی و پرکاربرد در زندگی مردمان و در کاربری‌هایی همچون چرخ چاه و آسیاب مورد استفاده قرارگرفت (مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵: ۶۸-۶۶)(Zarabi and Valibeig, 2021: 1-3). کتبی نظیر"امپراطوری پارتیان و ساسانیان" و "شهرهای ایران" جزئیاتی از شهرها و مناطق سیستان را ذکر می‌کنند که از این فناوری در دوران‌های باستانی بهره‌مند بودند (Gaube, 2008:159-162). در دوران اسلامی مفصل به اهمیت انرژی باد اشاره شده و نویسندگان معتبری مانند اصطخری و ابن‌حوقل به توان بادهای سیستان اشاره کرده‌اند. این بادها به‌طور مداوم و با شدت در منطقه وزش می‌کنند و به‌عنوان منبعی اساسی برای خردکردن غلات و بالا بردن آب از چاه‌ها به‌کار می‌رفته‌اند. این توضیحات نشان‌دهندهٔ ابتدایی‌ترین کاربردهای انرژی باد در سطح خاورمیانه و نقش برجسته ایران در توسعه این فناوری است (M. J. Mahdavinejad et al., 2012: 1141-1143; Mishmastnehi, 2021:1-5). قدیمی ترین اشاره در منابع تاریخی به آسباد به ماجرای مواجهه پیروز نهاوندی (معروف به ابولؤلؤ) با خلیفه دوم باز می‌گردد. پیروز نهاوندی صنعتگری بود که در نجاری، آهنگری و نقاشی مهارت داشت. او به سبب کینه‌ای که از عمر داشت مترصد انتقام بود. در تاریخ این گفتگو میان پیروز نهاوندی و عمر ثبت شده «عمر گفت: شنیدم گفته‌ای اگر بخواهم آسیابی بسازم که به کمک باد کار کند و نهاوندی به کنایه پاسخ داده اگر سالم ماندم آسیایی برایت بسازم که مردم مشرق و مغرب از آن سخن کنند. آن‌گاه ابولولو برفت و عمر (به اطرافیان خود) گفت: «این غلام هم‌اکنون مرا تهدید کرد» (تاریخی طبری، جلد پنجم، ۱۳۷۵: ۲۰۲۶).

در راستای شناخت آسبادها در ایران و جهان پژوهش‌های متعددی صورت گرفته که پاره‌ای از مهم‌ترین رویکردهای این پژوهش‌ها در جدول ۱ دیده می‌شود. نمایش ساختار آسبادها و اهمیت استفاده از آن‌ها در طول تاریخ، چگونگی گسترش فناوری استفاده از باد درجهان و به‌ویژه نحوه انتقال آن به اروپا، نیز نمایش انواع آسبادهای موجود در ایران و جهان از عمده رویکردهای این پژوهش‌ها بوده است. پژوهش حاضر از این جهت حائز اهمیت است که تلاش می‌کند تا با استناد به شواهد، مستندات و داده‌های تاریخی، تصویری نسبتاً واضح از عملکرد، سازه و مکانیزم آسباد دمشقی را بازنمایی و ارائه نماید.

جدول ۱. برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در دو دهه اخیر در حوزه آسبادها و کاربردشان
Table 1. Key studies conducted in the past two decades on windmills and their applications

شماره	نویسنده / تاریخ	توضیحات
۱	Alaei) Moghadam and Mousavi Haji, (2023	این پژوهش بررسی جامعی از آسیاب‌های بادی ایرانی، به‌خصوص آسبادهای منطقه سیستان را ارائه می‌دهد. مطابق با یافته‌های این پژوهش، آسبادها نمونه‌هایی از فناوری‌های سنتی ایرانی هستند که گسترش کاربردشان به قرون ششم تا نهم هجری برمی‌گردد. آسبادها و محوطه‌های مجموعه رنده بیشترین تعداد آسیاب بادی را در خود جای داده و به بزرگ‌ترین مجتمع تولید آرد سیستان تبدیل شده‌اند. این پژوهش با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی به بررسی گسترده ساختار معماری آسیاب‌های بادی و سایر بناهای مجموعه رنده پرداخته و نشان می‌دهد که این آسبادها قدیمی‌ترین نمونه‌های آسیاب‌های بادی در ایران هستند.
۲	Mohammadi) (et al., 2022	این پژوهش به بررسی تأثیر تهویهٔ طبیعی در عملکرد آسیاب‌های بادی باستانی در سیستان می‌پردازد. از تجزیه‌وتحلیل سی.اف.دی برای بررسی چگونگی تهویهٔ طبیعی در این سازه استفاده شده و باد غالب در منطقه از جهت شمال باختری به جنوب‌شرقی معرفی می‌گردد. این مطالعات نشان می‌دهد که آسیاب بادی براساس الگوی باد منطقه ساخته شده و دو راهروی جانبی در آن برای افزایش تهویه ایجاد شده‌اند. نتایج مدل‌سازی‌های رایانه‌ای نشان می‌دهند که تغییرات در سرعت و جهت باد تأثیر چشمگیری بر تهویه داخلی آسباد دارند. این مدل‌سازی‌ها همچنین ثابت می‌کند که معماری آسیاب بادی باستانی می‌تواند الگوی مناسبی برای تهویهٔ طبیعی ساختمان‌ها در مناطق با الگوی وزش باد مشابه باشد.
۳	(اکبری فر، ۱۴۰۰)	این پژوهش به بررسی آسبادهای شرق ایران به‌عنوان نمادی از یک معماری پایدار می‌پردازد. روش تحقیق شامل توصیف و تحلیل اطلاعات به‌صورت کتابخانه‌ای است. نتایج این پژوهش نشان از آن دارد که آسبادها می‌توانند به‌عنوان الگوی معماری پایدار در ایران شناخته شوند و با به‌روزرسانی معماری آن‌ها ، گامی جدید در معماری پایدار ایرانی برداشته شود.
٤	Zarabi and) (Valibeig, 2021	هدف این پژوهش شناخت معماری و ساختار مهندسی آسیاب بادی در ایران است. آسیاب، به‌عنوان نمونه‌ای از یک سازه سنتی ایرانی، نشان می‌دهد که چگونه معماری سنتی این سرزمین و عناصر مکانیکی با هم انسجام دارند. اگرچه از مواد محلی مانند چوب، خشت و سنگ برای ساخت این سازه‌ها استفاده شده، مدل‌سازی سه بعدی نشان می‌دهد که معماری حاصله با انعطاف خاص خود، به‌عنوان ابزاری مؤثر برای انسان تبدیل شده است. آسیاب‌های بادی با بهره‌بردن از این معماری انعطاف‌پذیر، با اجزای مکانیکی هماهنگی یافته و نیازهای جوامع محلی را در انطباق کامل با امکانات محیطی برطرف می‌کنند.
٥	Mishmastnehi,) (2021	مطابق با یافته‌های این پژوهش، آسیاب‌های بادی ایران به‌عنوان نخستین آسیاب‌های بادی در جهان شناخت می‌شوند، این آسیاب‌ها با مکانیزم عملکردی که بر محورهای عمودی استوار است در مرز ایران و افغانستان وجود دارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که انواع مختلفی از آسیاب‌های بادی در شرق ایران وجود داشته که در چهار گونه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند. کاربرد آسیاب‌های بادی فقط در مناطق نیمه‌مرتفع گزارش شده است. این مقاله جزئیات فنی و تاریخچه این آسیاب‌ها را بررسی و به روند بازسازی آن‌ها در عصر حاضر کمک می‌کند.
٦	(مهدوی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱)	این پژوهش نشان می‌دهد که آسبادها ساختمان‌های تاریخی و با ارزش معماری در سیستان و جنوب خراسان هستند که نمادی موفق از ترکیب معماری سنتی برای کاربرد انرژی‌های پاک می‌باشند.
۷	(خضری و ایمانی، ۱۳۸۸)	آسبادها نمادی از تلفیق موفق هنر و دانش معماری صنعتی ایرانیان در استفاده از منابع محلی و نیروهای طبیعت برای تأمین نیازهای ابتدایی وی هستند. این پژوهش به‌طور خاص بر روی آسبادهای منطقه نشتیفان انجام شده و نشان می‌دهد که این سازه‌ها علاوه‌بر ارزش‌های فرهنگی و تاریخی، قابلیت‌ها و ارزش‌های بالقوه دیگری همچون نمایش هنر و فن مردمان کهن ایران را دارند که تاکنون به آن‌ها توجه کافی نشده است.

از زمانی‌که انسان با چرخهٔ زندگی کشاورزی آشنا شد، استفاده از انرژی باد برای آسیاب کردن گندم به یکی از نیازهای حیاتی وی تبدیل شده و نقشی بنیادین در ارتقاء فرهنگ و اقتصاد جوامع باستانی ایفا کرده است. اگرچه مطالعات تاریخی به تأثیر بی‌بدلیل ایرانیان در استفاده از انرژی باد اشاره دارند (Mishmastnehi, 2021: 3-6; Nagasaka et al., 2017: 243-245; Saeidian et al., 2012: 20-22)، ارتباط ایرانیان با سایر اقوام و مرزهای گسترده جغرافیایی ایران زمین به انتقال این فناوری به دیگر سرزمین‌ها نقش داشته است. برای نمونه، با ورود اعراب به این سرزمین، آن‌ها به شگفتی با آسیاهای بادی (طواحین الریاح) برخورد و از تأثیر برجسته آن‌ها در ایجاد تمدن‌های بشری بهره‌مند شدند. در طول تاریخ و با گسترش کاربرد این سازه در جغرافیای متنوع، نحوهٔ کاربرد آسیادها و معماری‌شان دستخوش تحولاتی شده است (جدول ۲).

جدول۲: روند تحول آسیادها (اکبری فر، ۱۴۰۰؛ بهزاد پور و زرگر، ۱۳۹۹؛ خضری و ایمانی، ۱۳۸۸؛ مهدوی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱؛ مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵)

Table 2. The evolutionary process of windmills) Alaei et al., 2023; Alaei Moghadam and Mousavi Haji, 2023; Behzadpour and Zargar, 2020; Farsani et al., 2014; Zarabi and Valibeig, 2021; Mishmastnehi, 2021; Mohammadi et al., 2022; Nagasaka et al., 2017; Saeidian et al., 2012; Tsai et al., 2010)

دوره تاریخی (میلادی)		موقعیت جغرافیایی	توضیحات
قمری	میلادی		
حدود قرن ۸ پیش از هجرت	دویست سال پیش از میلاد	ایران	• استفاده از آسیادهای اولیه در منطقه سیستان امروزی برای آسیاب‌کردن غلات.
حدود قرن ۷ پیش از هجرت	قرن ۱	ایران و افغانستان	• ظهور اولین نشانه‌های گسترش استفاده از آسیاب‌های بادی در مناطقی از ایران و افغانستان.
حدود قرن ۱	قرن ٤ تا ٦	خاورمیانه و مدیترانه	• ظهور آسیادهای بزرگ‌تر و پیچیده‌تر در خاورمیانه و اطراف مدیترانه.
حدود قرن ۱ تا ۲	قرن ۷	خاورمیانه (ایران)	• آغاز بهره‌برداری از آسیادها در ایران برای تولید غذا، به‌خصوص در مناطق مرکزی و شمالی • انتقال تکنولوژی آسیادها به اروپا به وسیلهٔ صلیبیون، بازرگانان و سیاحان. • دوران شکوفایی استفاده از آسیادها در عصر ساسانیان، که به ایجاد نقاطی ایمن برای آسیاب و پرورش دام منجر می‌گردید.
حدود قرن ۲ تا ۳	قرن ۸	اروپا	• پایه‌گزاری ساخت آسیادها با محور عمودی در اروپا.
حدود قرن ۱ تا ۳	قرن ۷ تا ۹	خاورمیانه و آفریقا	• توسعه و بهره‌برداری فراوان از آسیادها در امپراطوری‌های اسلامی، به‌ویژه در خاورمیانه و شمال آفریقا.
حدود قرن ٤ تا ٥	قرن ۱۱	ایران	• توسعه بیشتر و تکامل آسیادها به‌خصوص در عصر سلجوقیان، که برای تأمین آبیاری زمین‌های کشاورزی، توسعه و دامپروری و نیز استفاده از انرژی باد برای آسیاب کردن محصولات زراعی به‌کار می‌رفت.
حدود قرن ٥ تا ٦	قرن ۱۲	شمال اروپا	• کاربرد آسیاب‌های بادی برای زه‌کشی دلتای رودخانه‌ها، احیای زمین و تولید محصولات کشاورزی. اینگونه نیروی بادی هسته اصلی اقتصاد روستایی را تا آغاز انقلاب صنعتی تشکیل داد.
حدود قرن ٤ تا ٦	قرن ۱۰ تا ۱۲	اروپا	• افزایش تعداد آسیادها در اروپا، به‌ویژه در کشورهای هلند، انگلستان، و آلمان.
حدود قرن ۱۰ تا ۱۲	قرن ۱۷	ایران	• توسعهٔ آسیادها در دوران صفویان، به‌ویژه در منطقه خوزستان و همچنین استفاده از آن‌ها در فرآوری محصولات کشاورزی و دامپروری.
حدود قرن ۹ تا ۱۲	قرن ۱۵ تا ۱۷	اروپا	• توسعهٔ فناوری‌های جدید برای بهبود عملکرد آسیادها و افزایش بهره‌وری آن‌ها به‌ویژه در انگلستان و هلند.
حدود قرن ۱۲ تا ۱٤	قرن ۱۸	ایران	• توسعه آسیادها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع انرژی برای تولید آرد و دیگر محصولات غذایی، به‌ویژه در آذربایجان و خوزستان.

		اروپا	•	زمان رونق بیشتر آسیادها در اروپا و استفاده گسترده از آن‌ها در فرآوری غلات و دیگر محصولات کشاورزی.
		اروپا	•	کاهش استفاده از آسیادها به‌دلیل رشد صنعت و توسعه سیستم‌های انرژی جایگزین با باد
حدود قرن ۱۳ تا ۱۵	قرن ۱۹	آمریکا	•	آسیاب‌های بادی در طول قرن نوزدهم در ایالات‌متحده برای پمپاژ آب به زمین‌های کشاورزی و بعداً برای تولید برق برای خانه‌ها و صنایع استفاده شد. رشد صنعتی منجر به کاهش استفاده از آسیاب‌های بادی شد.
		ایران	•	افول آسیادها به‌دلیل توسعه سیستم‌های انرژی الکتریکی و کاهش استفاده از انرژی بادی، به‌ویژه در دوره پهلوی.
		ایران	•	حفظ و توسعهٔ برخی آسیادها به‌عنوان جاذبه‌های گردشگری و صنعتی، به‌ویژه در مناطقی مانند خوزستان و استان فارس.
حدود قرن ١٤ تا ١٦	قرن ۲۰	جهانی	•	پس از بحران نفتی دههٔ هفتاد، کاربرد انرژی پاک باد برای تولید برق گسترش یافت.
			•	حفظ و حمایت از آسیادها به‌عنوان جاذبه‌های گردشگری و فرهنگی در برخی مناطق اروپا و جهان.
حدود قرن ۱۵ تا ١٦	قرن ۲۱	جهانی	•	تا پایان قرن بیست و یکم زیرساخت‌های انرژی قطعاً دستخوش تغییرات قابل‌توجهی خواهند شد. تغییرات آینده در حوزه استفاده از انرژی، که شامل کاربرد گسترده‌تر منابع انرژی تجدیدپذیر می‌شود، می‌تواند در کاربرد دیدگاه‌هایی از معماری قدیم تأثیر داشته باشد.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع کیفی و تفسیری است و به‌طور خاص از استدلال منطقی (Misra, 1989) بهره می‌برد. هدف اصلی این پژوهش، ارائهٔ نتایجی جامع و تبیینی از توصیف‌های تاریخی در مورد نخستین آسباد سیستان است. در این راستا، روش‌های گردآوری داده‌ها شامل بخش‌های اصلی زیر است.

۱. **مطالعات کتابخانه‌ای:** اطلاعات اولیه از تحلیل نوشته‌ها و تصاویر دمشقی استخراج شده است. علاوه‌بر آن، اسناد تاریخی و منابع علمی مرتبط با فناوری آسیادها در سیستان و دیگر مناطق مورد استفاده قرار گرفته است. برای تکمیل این تحلیل‌ها، پژوهش‌های معاصر دربارهٔ ساختار و عملکرد آسیادهای تاریخی ایران و دیگر مناطق مشابه بررسی شده‌اند.

۲. **مشاوره با متخصصین:** برای تحلیل جنبه‌های فنی آسیادها، به‌ویژه در زمینه عملکرد مکانیکی و بهره‌برداری از باد، از نظرات کارشناسان حوزه معماری و مکانیک سیالات استفاده شده است. این مشاوره‌ها تأیید یا رد فرضیات اولیه نویسندگان از آثار مکتوب تاریخی را موجب شده است.

۳. **مطالعات میدانی:** به‌منظور تطبیق توصیفات دمشقی با واقعیت‌های تاریخی و فنی، بازدیدهای متعدد از آسیادهای موجود در سیستان و خراسان صورت گرفته است. در این بازدیدها، ساختار، مصالح، و نحوه عملکرد آسیادهای موجود مستند و با توصیفات دمشقی مقایسه شد.

انجام این مراحل به پژوهش اعتبار علمی بخشیده و تضمین می‌کند نتایج به‌دست‌آمده مبتنی بر شواهد تاریخی و علمی، و با پشتوانهٔ تجربیات میدانی و مشاوره‌های تخصصی است. برای تکمیل داده‌های پژوهش و دریافت تصویری ذهنی شفاف از آسباد مورد مطالعه، تحقیقات دیگر ازجمله مقاله «تاریخ توسعه آسباد»[1] (Shepherd, 1990) که در آن نویسنده برخی از ابهامات موجود در ترجمهٔ دمشقی را برطرف نموده، مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به‌ذکر است سایر منابعی که درباره این آسباد مطالبی را مطرح کرده‌اند عمدتاً با ارجاع به‌کتاب دمشقی و صرفاً از

1. Historical Development of the Windmill

منظر تاریخی اشاره‌ای گذرا به موضوع داشته و مطلب تازه‌ای را مطرح نکرده‌اند. با درنظر گرفتن موارد فوق، و نیز تصمیم محققین حاضر به ارائه یک بازسازی معاصر از آسباد دمشقی، ترکیب دیدگاه‌های برآمده از علوم مختلف همچون تاریخ، جغرافیا، باستان‌شناسی، معماری و مکانیک سیالات در دستور کار پژوهش قرار داشته است. این رویکرد بین رشته‌ای با هدف ارتقاء دقت و شفافیت بازنمایی معماری از آسباد دمشقی انتخاب شده است.
در طرح بازنمایی و جزییات آن، موارد ذیل مورد توجه قرار گرفته‌اند.

- اقلیم، مکان‌های تاریخی، و جزئیات فضایی سرزمین سیستان موردبررسی قرار گرفته‌اند.
- دیدگاه‌های کارشناسان فناوری، به‌ویژه کارشناسان مهندسی مکانیک جهت چگونگی چیدمان پره‌ها به‌نحوی‌که بهترین عملکرد را داشته باشند، نیز نحوهٔ هدایت و خروج باد در کل سازه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.
- اطلاعات به‌دست‌آمده از تصاویر و نقوش تاریخی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت تا بتوان رابطه‌ای منطقی میان تصویرپردازی و واقعیت تاریخی موجود برقرار نمود. همچنین نمونه‌های مشابه معاصر موردتحلیل قرار گرفته‌اند.

آسباد دمشقی

شمس‌الدین دمشقی، یا به اختصار شیخ ربوهٔ، که نام کامل او شمس‌الدین ابوعبدالله محمدبن‌ابی‌طالب انصاری دمشقی بود، در حدود سال ٦٥٤ قمری (١٢٥٦ میلادی) متولد و در حدود سال ٧٠٤ قمری (١٣٢٦ میلادی) درگذشت (دمشقی، ١٣٥٧، ص. الف). او یکی از دانشمندان هم‌عصر با ممالیک و ایلخانان بود و سال‌های اولیه و دوران میانسالی خود را در شهر دمشق، زادگاه خویش، سپری کرد. در اثر خود به نام «نخبهٔ الدهر فی عجائب البر و البحر»، شیخ‌ربوهٔ به بررسی موضوعات مختلفی ازجمله تاریخ علوم و مهندسی اسلامی در دوران مغول پرداخت (دمشقی، ١٣٥٧). در بخشی از این کتاب او به‌تشریح جزئیات آسبادهایی که در سرزمین سیستان (شکل ٣) واقع شده بودند پرداخته و براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، تفسیر و نحوه عملکرد آن‌ها را شرح داده است. با توجه به تاریخ تولد و درگذشت شیخ ربوهٔ، می‌توان حدس زد که احتمالاً وی حوالی سال ٦٨٨ قمری (١٢٩٠ میلادی)، از آسبادهای سیستان بازدید کرده است (دمشقی، ١٣٥٧: ٣٠٧ –٣١١). برخی از این توصیفات وی به‌شرح ذیل است:

«...در پس این‌دیار، سرزمین‌های بزرگ و گسترده زابلستان واقع است و بزرگ‌ترین شهر آنجا غزنه است که مرزی رو به‌روی هند و جایگاه سلطان محمود پسرسبکتکین بوده است، در دیارغزنه شهر بوران واقع است که مملکتی بزرگ می‌باشد و شهر اردلان نیز همانند آن است» (دمشقی، ١٣٥٧: ٣٠٧–٣٠٨).

«...دیگر از شهرهای زابلستان خواش و جروس و سکاوند و دسک و کابل است که کابل کابلستان نیز خوانده می‌شود و درکوه‌های آن درخت هلیله می‌روید. این سرزمین‌ها با سرزمین سیستان مجاور است و پاره‌ای از آن‌ها در اقلیم دوم و اواخر اقلیم اول، و پاره‌ای از شمال آن‌ها در اقلیم دوم و اوایل اقلیم سوم قرار دارد و سرزمین سیستان از سوی باختر در پس آن‌ها واقع است و اقلیمی پر از باد و شن می‌باشد و مردمان آن‌جا باد را برای به‌گردش درآوردن آسیاب‌ها و جابه‌جا کردن شن‌ها، از جایی به جای دیگر برمی‌گردانند و منحرف می‌سازند تا به جایی‌که باد فرمان‌بردار آنان شده است، چنان‌که فرمان‌بردار سلیمان (درود بر وی) گردید» (دمشقی، ١٣٥٧: ٣٠٨).

شکل ۳. جغرافیای سرزمین سیستان
Fig. 3. The geography of the Sistan region

آسباد دمشقی در متون کهن و مستندات معاصر

قبل از ورود به جزئیات و تصاویر گرافیکی برجای مانده از آسباد دمشقی ضروری است که چگونگی دستیابی به فرم کلی، نحوهٔ عملکرد، و دیگر جنبه‌های مهم این سازه مورد بررسی قرارگیرد. این تحلیل، با استفاده از توصیفات دمشقی در اثر نامبرده شده در بالا انجام می‌شود (دمشقی، ۱۳۵۷: ۳۰۷ –۳۱۱؛ نیک‌بر و پارساییان، ۱۳۹۹). اطلاعات تاریخی توسط دمشقی به‌طور دقیق و مفصل ارائه شده‌اند و به‌عنوان مهم‌ترین سند برای بررسی و اثبات ادعاهای وی به‌کار می‌رود. دمشقی نه‌تنها به‌شرح دقیق فرم کلی آسباد، بلکه به‌نحوه عملکرد و جزئیات مختلف آن نیز پرداخته است. براساس توصیفات دمشقی، می‌توان مواردی نظیر ساختار، محل قرارگیری، و عملکرد بخش‌های مختلف آسباد را تحلیل‌کرد. تحلیلی که در ادامه می‌آید به سایر محققین امکان راستی‌آزمایی ویژگی‌ها و ادعاهای مطرح شده در توصیفات دمشقی را می‌دهد. تحلیل‌های میان رشته‌ای از این دست در شناسایی و ارتقاء دانش مرتبط با فناوری آسبادهای سنتی ایران زمین نقش مهمی را ایفا خواهند کرد.

لازم به ذکر است که کتاب «نخبةالدهر فی عجائب البر و البحر» که به فارسی نیز ترجمه شده، برای شناخت کامل آسبادهای سنتی منطقه سیستان ناکافی به‌نظر می‌رسید، به‌ویژه آن‌که بخشی از ترجمه آن ابهام‌آمیز و بخشی دیگر با علامت سوال و ارجاع به توضیحات بیشتر در فصول بعدی همراه است. جالب آنکه مترجم مربوطه به این امر اشاره دارد که توضیحات بیشتر در هیچ جای دیگری از کتاب نیامده است (دمشقی، ۱۳۵۷، ص. الف – ب)[۱]. در نتیجه فراخور تحقیق، پژوهشگران حاضر در بخش‌های مختلف پژوهش از منابع و شواهد دیگر برای روشن‌شدن زوایای پنهان موضوع استفاده کرده‌اند. برخی از مهم‌ترین نکاتی که اکتفای کامل به نوشتار دمشقی را ناممکن می‌سازد عبارتند از:

۱. برای نمونه نگاه کنید به پیشگفتار مترجم برای کتاب نخبه الدهر، صفحات الف و ب.

- استفاده از علامت سؤال در ترجمه مخاطب را دچار ابهام کرده و نشان از وجود ناهماهنگی در متن اصلی یا نقص در ترجمه‌های متأخر دارد، برای مثال در متن اصلی نیز توضیحات بیشتری درباره واژهٔ خمس وجود ندارد.
- ارجاع نویسنده به‌توضیحات بیشتر در فصول بعدی نیز نشان‌دهنده این است که برخی بخش‌های کتاب به‌طور کامل توضیح داده نشده‌اند.

مکانیزم عملکردی آسباد دمشقی براساس مستندات تاریخی و آثار برجای‌مانده

متن زیر، که از نسخه فارسی کتاب «نخبهٔ الدهر فی عجائب البر و البحر» برداشت شده، به تفسیر توضیح قابل‌توجهی در مورد این بنا می‌دهد.

«چگونگی ساختن آسیاب‌های بادی به‌وسیله مردم این دیار چنان است که بر روی مناره یا قله یا تپه و یا برجی از برج‌های دژ اطاقکی برروی اطاقکی دیگر بنا می‌نهند و در آن اطاقک بالایی سنگ آسیابی می‌گذارند که می‌چرخد و گندم آرد می‌کند و در اطاقک زیرین پره‌ای می‌گذارند که باد آن را می‌چرخاند، به‌طوری‌که چون آن چرخ در اطاقک پایین بگردد آن آسیاب را در اطاقک بالای خود می‌گرداند. بنابراین با هربادی که وزیدن گیرد آن سنگ آسیاب که سنگی یکپارچه است می‌چرخد. این شکل یکی از آن آسیاب‌ها و دو اطاقک بالا و پایین آن است که می‌بینی و همانند «خمس[۱]»[؟]است که وصف آن پس از این خواهد آمد و خدا آگاه‌تر است. چون بنای آن دو اطاقک را بالا آورند برای اطاقک پایین چهار دریچه می‌گذارند همچنان‌که برای بوق چهار سوراخ درست می‌کنند؛ ولیکن ساختمان این دریچه‌ها به‌طوری است که سوی فراخ آن‌ها به جانب هوا و سوی تنگ آن‌ها به درون است و مانند ناودانی هستند که هوا با نیرو به درون آن‌ها می‌آید و نیز همچون دمه زرگری هستند که سوی گشاد آن به سوی دهان وی و سوی تنگ آن به درون کوره است تا باد از هر سو که بوزد از میان آن‌ها با نیروی بیشتری به درون اطاقک آسیاب وارد گردد. چون هوا از جایی که برای آن ساخته شده است به درون اطاقک آید به‌ستون یا دیرکی همانند منوال و پیکان دوک بافندگان که بر روی آن نخ می‌پیچند برمی‌خورد و این دیرک دوازده، تا شش پره دارد که بر روی آن پره‌ها، روپوش‌هایی از پوست دباغت نشده همچون روپوش فانوسی واقع شده است ولیکن این روکش‌های پوستی بر روی آن پره‌ها راست و مستقیم قرار گرفته و پهن شده است به‌نحوی‌که هر پره‌ای روکشی پوستین و تیریزی دارد که هوا از میان آن تیریز آن را پر می‌کند و به جلو می‌راند آن‌گاه پره پس از آن را پر می‌کند و به جلو می‌راند و پس از آن پره سوم را تا آن دیرک به چرخش درآید و سنگ آسیاب نیز از دوران آن بچرخد و دانه‌ها را آرد کند و به چنین آسیاب‌هایی در دژهای بلند و سرزمین‌های کم آب و پر باد نیاز فراوان است» (دمشقی: ۳۰۸-۳۱۰).

اهم نکاتی که از تحلیل فناورانه این متن تاریخی برداشت می‌شود عبارتند از:

مکانیسم عملکردی سازه:

براساس توصیفات، آسیاب از دو اطاقک بالا و پایین تشکیل شده است. در اطاقک پایینی، پره‌ها به‌وسیلهٔ نیروی باد چرخش محوری یک دیرک مرکزی را موجب شده و این محور سنگ آسیاب را که در طبقه فوقانی قرار گرفته به حرکت درمی‌آورد.

۱. مترجم کتاب در برابر این واژه علامت سؤال (؟) قرار داده اما به‌طور قطع منظور دمشقی از خمس (خمسه، همسه، همسا و یا دست فاتیما) بوده که در فرهنگ محدوده وسیعی از دنیا حضور دارد. خمس در واقع اشاره به پنج انگشت و یک چشم در پایین آن دارد. پنج انگشت نشان‌دهندهٔ پنج رکن اسلام است؛ اما عمدتاً نمادی است که برای محافظت در برابر چشم‌زخم استفاده می‌شود.

جریان هوا:

برای بهینه‌سازی استفاده از جریان هوا، چهار دریچه با ساختاری خاص در اطاقک پایینی قرار می‌گیرند. این دریچه‌ها به تعبیر دمشقی مانند دمه‌زرگری (دم آهنگری) یا بوق‌هایی با چهار سوراخ طراحی شده‌اند. ساختار دریچه‌ها به‌گونه‌ای است که هوا از سوی فراخ به درون آن‌ها وارد و از سوی تنگ به درون اطاقک آسیاب هدایت می‌شود.

پره‌ها:

دیرک آسیاب دوازده پره دارد و هر پره مجهز به روکشی از پوست دباغی نشده است. این روکش‌ها به شکلی منظم و پهن طراحی شده‌اند، به‌طوری‌که هوا از میان تیریزهای آن‌ها عبور کرده و نیروی لازم برای چرخش پره‌ها را ایجاد می‌کند. به نظر می‌رسد این سیستم طرحی بهبود یافته از مفهوم ناودان و پیکان دوک بافندگان است. ناودان یا چرخ آب، یک ماشین ساده است که از قدیمی‌ترین ابزارهای تولید انرژی به‌شمار می‌رود. در ناودان، یک چرخ به کمک جریان آب به حرکت درآمده و انرژی حاصله برای کارهای مختلف همانند آسیاب‌کردن غلات یا تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیکان دوک نیز یک سیستم مشابه است که برای تولید انرژی در کارگاه‌های بافندگی و آسیاب‌ها استفاده می‌شود. این سیستم شامل یک چرخ کوچک است که به وسیله آب یا باد حرکت می‌یابد و انرژی مورد نیاز برای چرخاندن ماشین‌آلات بافندگی را فراهم می‌کند. بنابراین، اشاره به ناودان و پیکان دوک بافندگان در متن دمشقی معرفی سیستم‌هایی است که سال‌ها قبل از استفاده در آسیاب مورد مطالعه، کاربرد داشته و احتمالاً الهام‌بخش طراحی آن سازه بوده‌اند.

ساختار کلی:

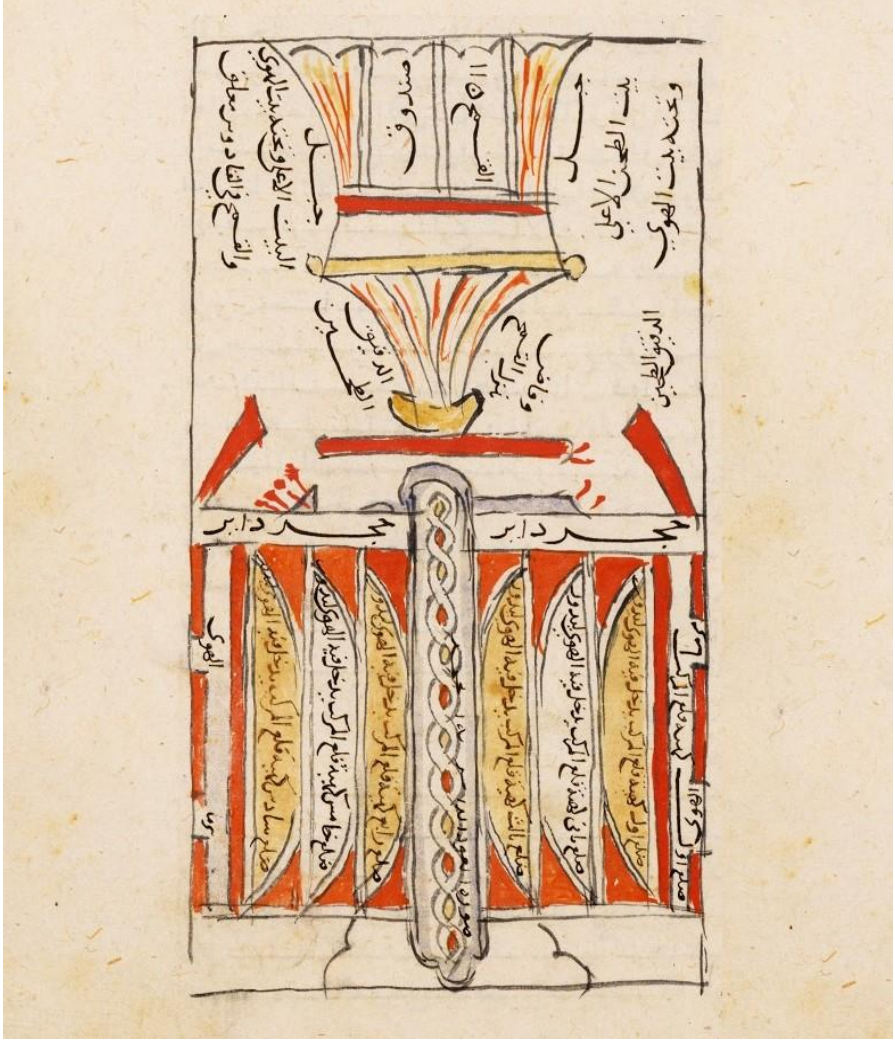
داده‌های علمی و فناوری مدرن می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در عملکرد و کارایی آسیاب‌ها با تغییر در ساختار مکانیکی آن‌ها ایجاد نماید. این موضوع از آن جهت حائزاهمیت است که این نوع سازه‌ها به‌ویژه در مناطق با دسترسی محدود به منابع آبی و پتانسیل بالای باد، ابزاری اقتصادی و کارآمد برای تولید قوت غالب مردمان محسوب می‌شوند. جدول ۳ برای درک بهتری از این عناصر و جزییات مفید می‌افتد.

علاوه‌بر توصیفات فوق، دمشقی به ارائه تصویری از آسباد (شکل ٤) پرداخته که از دو جهت اهمیت دارد: نخست آن‌که شیوه کار نخستین نمونه‌های آسباد را به ما می‌نمایاند، نمونه‌هایی که هم اکنون از آن‌ها هیچ اثری موجود نیست. دیگر آن‌که این تصویر از لحاظ گرافیکی نه دو بعدی است و نه سه بعدی، بلکه سطح مقطع آسباد را ترسیم کرده است. در حقیقت این تصویر همانند برشی عمودی است که یک معمار امروزی از یک مدل پرسپکتیو و برای تبیین بهتر یک فرم پیچیده ترسیم می‌کند.

جدول ۳. توضیحات دمشقی از مکانیزم آسباد سیستان و معادل فارسی آن واژگان (دمشقی، ۱۳۵۷: ۳۰۸–۳۱۰)

Table 3. Al-Dimashqi's descriptions of the mechanism of the Sistani windmill and their Persian equivalents (Dimashqi, 1979: 308-310).

شماره	متن اصلی	برابر فارسی
۱	صندوق القمح	صندوق گندم
۲	جبل بیت الطحین الأعلی و تحته بین‌الهوی والقمح فی القادوس معلق	قسمت بالای اطاقک زیرین آسیاب که اطاقک هوا زیر آن قرار دارد و گندم در میان سبد یا صندوقی ریخته و آویخته می‌گردد.
۳	الدقیق الطحین	آرد
٤	وفاض منزل القمح	پوستی قیف مانند که گندم‌ها را روی سنگ زیرین آسیاب می‌ریزد.
٥	حجردایر	سنگ مدور زیرین آسیاب که می‌گردد.
٦	صوره العمود الدایربه الحجر	نمای دیرکی که سنگ آسیاب به‌وسیله آن می‌چرخد.
۷	مرما (یا به آن‌گونه که در متن آمده: مرمی الهوی)	روزنه هوا و هواکش
۸	ضلع اول ... کهیئه قلع المرکب یدخل فیه الهوی لیدور	پره یکم تا ششم که همانند بادبان کشتی هستند و باد در آن‌ها داخل می‌شود تا به چرخش درآیند



شکل ٤. توصیف گرافیکی دمشقی از یک آسیادهای قدیمی در سیستان (Al-Hassani, 2012: 131)

Fig. 4. Al-Dimashqi's graphical depiction of an ancient windmill in Sistan (Al-Hassani, 2012: 131)

تصویر فوق به‌عنوان مرجعی برای بازسازی‌های معاصر از این سازه قرار گرفته است. برای مثال، موزه آثار ترکی و اسلامی در استانبول[1] با ایجاد یک مدل کوچک از این آسیاد، تلاشی برای بازنمایی یک اثر تاریخی کرده است (شکل ۵). این مدل مشابهت‌ها و اختلافاتی با ترسیم و توصیفات دمشقی دارد که عبارتند از:

جابه‌جایی آس‌خانه و پرخانه: تمرکز موزه بر جابه‌جایی این فضاها یکی از نقاط افتراق این مدل با نمونه‌های شناخته شده و در جهت تجلیل از دیدگاه دمشقی است.

عدم‌وجود مشابهت در دریچه‌ها و فرم‌ها: دریچه‌های ورود باد، فرم کاسه یا ظرف ورود گندم و فرم کلی آسیاد در این مدل‌سازی معاصر مشابهت کمی با ترسیم و توصیفات دمشقی دارند. این اختلافات ممکن است به عدم‌دقت در بازنمایی یا عدم‌درک دقیق از مفاهیم معماری روی داده باشد. با این‌وجود، مدل ارائه شده در موزه آثار ترکی و اسلامی به‌عنوان نخستین تلاش برای بازنمایی آسیاد دمشقی شایسته ستایش است. این مدل تلاش قابل‌توجهی برای حفظ و ارتقاء تاریخ و فرهنگ فناوری در مشرق زمین دارد.

1. The Museum of Turkish and Islamic Arts

شکل ۵. مدل بازسازی شده از آسباد دمشقی در موزه آثار ترکی و اسلامی استانبول (Kılınç, 2019)

Fig. 5. The reconstructed model of Al-Dimashqi's windmill at the Museum of Turkish and Islamic Arts in Istanbul (Kılınç, 2019).

تحلیلی فناورانه و معاصر بر عملکرد آسباد دمشقی

همچنان که در بالا اشاره شد، علیرغم محدودیت‌های موجود در توصیف و ترسیم دمشقی، با به‌کاربستن تحلیلی فنی از این داده تاریخی و همچنین مطالعات تطبیقی با آسبادهای موجود در سیستان می‌توان نمونه‌ای سه بعدی را بازنمایی کرد که درک کامل‌تری از این آسباد تاریخی را ارائه نماید.

مهم‌ترین نکات قابل برداشت از این مدل‌سازی عبارتند از:

الف. آسباد دمشقی دارای ابعادی کوچک‌تر از آسبادهای رایج در سیستان و حتی آسبادهای کوچک‌تر موجود در نشتیفان در استان خراسان رضوی می‌باشد. دلیل این امر، محل قرارگیری آن است که بنابر روایت موجود، این سازه بر بلندای تپه‌ای احداث شده بود. تمامی آسبادهای برجای مانده در سراسر سیستان در بلندی و یا تپه واقع نشده و در عوض، ارتفاع دیوارهای آسباد تا بدان‌جا افزایش می‌یافته که سازه حاصله بتواند به‌خوبی از وزش باد غالب استفاده کند (صرفاً یک سکو یا مصطبه با ارتفاعی نهایتاً نیم متری در پیرامون این سازه‌ها وجود دارد). با در نظر گرفتن شواهد جغرافیایی، احتمالا منظور دمشقی از کاربرد واژه «بلند» در تبیین کیفیت تپه محل ساخت سازه، تپه‌های «نسبتاً بلند» بوده است. اشاره وی به ساخت آسباد در داخل دژهای بلند نیز چنین رویکردی دارد. برداشت‌های میدانی نویسندگان حاضر نشان می‌دهد که تنها یک آسباد کوچک در سیستان وجود دارد که در طبقهٔ دوم و درون یک ساختمان اعیانی ساخته شده و نمونه‌ای منحصربه‌فرد محسوب می‌شود (آسباد واقع شده در ارگ ورمال در نزدیکی لوتک در سیستان). مابقی آسبادها در زمین‌های پست ساخته می‌شدند. در سیستان که شدت باد بسیار زیاد است اگر ابعاد آسباد بزرگ باشد، اساساً ساختن آن بر بلندی ضرورت نخواهد داشت. در مناطقی چون نشتیفان آسبادها بر تپه‌های بلند ساخته می‌شوند چون شدت و سرعت باد از دشت سیستان به‌مراتب کمتر است.

یکی از بهترین توصیفات در خصوص مکانیزم عملکردی نمونه‌های متاخر آسبادهای سیستانی را آرنولد هنری ساویج لندور[1] در اوایل قرن بیستم ارائه کرده است: «عملکرد این آسیاب‌های بادی، همانند آسیاب‌های بادی ما نیستند که توسط پره‌های خود در موقعیت عمودی کار می‌کنند، بلکه ساده‌ترین و مبتکرانه‌ترین نمونه‌هایی هستند که تاکنون دیده‌ام. چرخ محرک آن‌ها که در موقعیتی افقی دوران دارند، از سه طرف درون دیوارهای بلندی محصور شده است و در سمت شمالی آن شکافی رو به جهت وزش بادهای غالب سیستان ایجاد شده است. باد با نیروی زیاد از طریق این شکاف عمودی وارد می‌شود، دیوارها به‌نحوی برش خورده‌اند تا بدان‌جا که ممکن است این باد

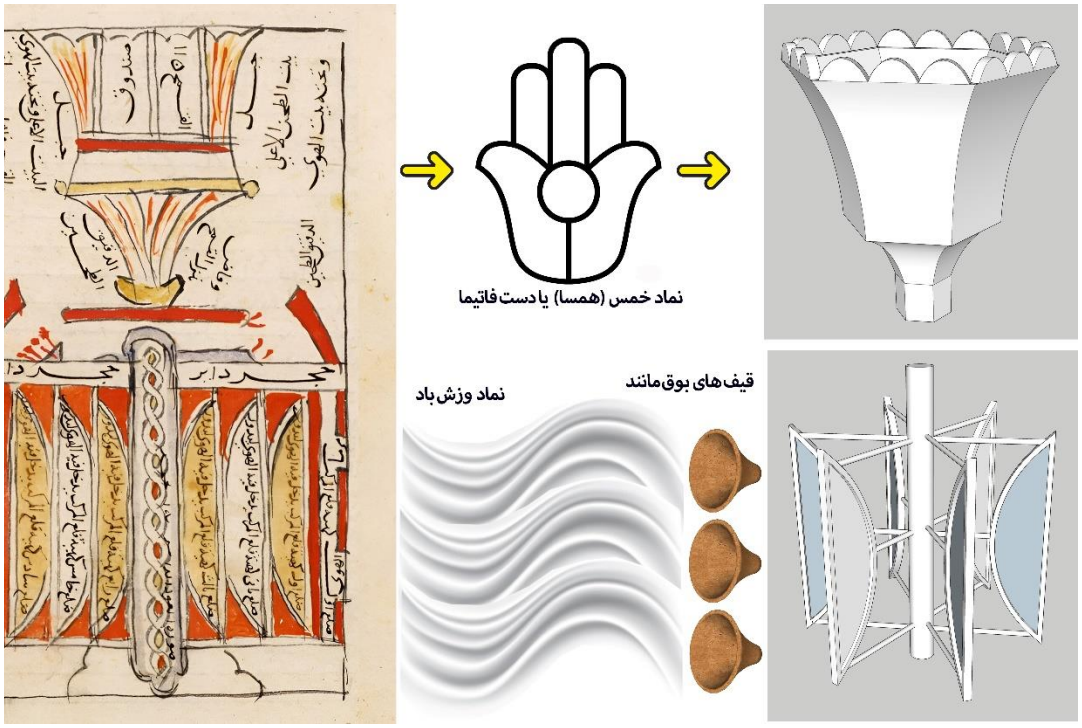
1. Arnold Henry Savage Landor

را به‌خود گیرند، چرخ را به حرکت می‌اندازند، چرخی که اگرچه باریکه‌های نی در دسته‌های شش‌تایی با یکدیگر به صلیبی چوبی بسته شده، اما به‌راحتی حول محوری فلزی می‌چرخد دارد و هنگامی‌که به راه می‌افتد به سرعت بالایی می‌رسد... آسیاب کردن آرد دو مرحله دارد، چرخ محرک تمامی فضای بالا را اشغال می‌کند، درحالی‌که به محور آن در طبقه پایین و به سنگ واقعی آسیاب متصل است. گندم به سوی پایین از طریق دیافراگم مرکزی در این سنگ، و از طریق ظرفی معلق سرازیر می‌شود، سیستمی ساده از ریسمان و طناب‌ها به‌عنوان یک ترمز کارآمد در محور چرخ بالایی جهت کنترل سرعت آن عمل می‌کند و اجازه می‌دهد تا دانه‌ها به‌صورت یکنواخت و هنگامی که لازم است، سرازیر شوند» (Landor, 1903: 149-150). با اینحال، درباره شکل پره‌ها و جنسشان بین محققین معاصر اختلاف‌نظر وجود دارد. به‌عنوان نمونه، "شپرد" می‌نویسد: «سنگ‌های آسیاب بالای روتور با بادبآن‌ها ی پارچه‌ای شکمی آن قرار دارند. و دیوارها دارای منافذی برای ورود و خروج باد هستند» (Shepherd, 1990). الحسنی درباره پره‌ها این چنین باور دارد: «شش تا دوازده بادبان که با پارچه پوشانده شده بود» (Al-Hassani, 2012:128)؛ اما در هر روی، فرض آنکه این پره‌ها باد کرده بوده یا فرمی منحنی داشته باشند، از منظر علمی و کاربردی منطقی نیست. افزون بر این‌ها، استفاده از پوست به‌عنوان پره‌های آسباد بدان معنی است که نهایت بلندای هر کدام از پره‌ها به اندازه پوست ستوران بوده است. دوخت و الصاق چند پوست نیز عملی غیرمنطقی می‌نماید، چرا که در این حالت پره‌ها بسیار بزرگ شده و نیروی باد فراوانی را به‌خود گرفته و با سرعت و شدت بیشتری می‌چرخیدند. این موضوع برای پره‌هایی با آن ظرافت که باید با میزان معینی از وزش باد به حرکت درمی‌آمدند مناسب نبوده و زود دچار پارگی می‌شدند.

ب. آسباد دمشقی در مقایسه با آسبادهای شناخته شده در سراسر ایران تفاوت ساختاری بزرگی داشته چراکه بخش آس‌خانه و متعلقات در طبقه فوقانی و پرخانه (پره‌ها) در پایین قرار می‌گرفته‌اند. این امر در نگاه اول غیرمنطقی به نظر می‌رسد؛ زیرا حمل گندم و آرد آسیاب شده به بنا کاری طاقت‌فرسا بوده و از دیدگاه عملکردی مناسب‌تر می‌نماید که پره‌ها همانند آسبادهای متأخر در بالا، و بخش آس‌خانه در طبقه پایین ساخته می‌شدند؛ اما مسلماً سازندگان تاریخی دلایل منطقی برای این انتخاب داشته‌اند. از یک‌سو، دشواری در انتقال محصولات آسیاب‌شده از طبقات بالاتر می‌توانسته عاملی بازدارنده در برابر سرقت احتمالی باشد. مهم‌تر آنکه بسیاری از مناطق سیستان که آسبادها در آنجا ساخته می‌شدند، دارای ارتفاع بسیار پایینی نسبت به سطح آب‌های آزاد بوده و عملاً توپوگرافی طبیعی با ارتفاع قابل‌توجه (به‌جز کوه خواجه) در سرزمین سیستان وجود ندارد. جالب آنکه که در کوه خواجه و پیرامون آن نیز آسبادی ساخته نشده است. این سازه‌ها معمولاً در کنار مزارع غلات و یا در مجاورت دریاچه‌ها و رودخانه‌ها بنا می‌شدند، بنابراین خطر سیلاب‌های فصلی برایشان جدی بوده است. گزارش‌های تاریخی از جمله نوشته‌های لندور (Landor, 1903: 138-139) و چارلز ادوارد ییت[1] (ییت ۱۳۶۵)، که حدود یک قرن پیش از سیستان بازدید داشته‌اند، به وجود سیلاب‌ها و طغیان‌های فصلی در این منطقه اشاره دارد. این شواهد نشان می‌دهد که سیستان در گذشته بسیار پرآب بوده و دائماً در معرض سیلاب‌هایی قرار داشته که از رشته کوه‌های هندوکوش به دشت سیستان سرازیر می‌شدند. متعاقباً مردمان آن دیار مجبور بودند زندگی و ابنیه خویش را در انطباق کامل با چنین ناملایمات اقلیمی بسازند.

1. Charles Edward Yate

ج. دمشقی پس از مشاهده بخش فوقانی آسباد (قسمت فوقانی اطاقک بالای آس‌خانه شامل صندوق گندم) فرم خمس (همسا یا دست فاتیما)[1] را در ذهن خود تداعی کرده است (شکل ٦). بنابراین اشاره به همسا یا خمس بیشتر از آن که به اعتقادات فرهنگی دمشقی مربوط باشد، تنها باید به‌عنوان ابزاری جهت انتقال شکل ظرف چوبین بخش فوقانی آسباد به خواننده تلقی گردد.



شکل ٦. تحلیل جزییات فنی توصیف‌شده از آسباد دمشقی برای مدل‌سازی در پژوهش حاضر

Fig. 6. Technical analysis of the details described by Al-Dimashqi for modeling in the present study.

د. اشاره دمشقی به چهار دریچه همانند بوق که سوی فراخ آن‌ها رو به بیرون بوده است، توصیفی از منافذی قیف مانند است که باد را به درون آسباد و به شکلی کنترل شده بر روی پره‌ها منتقل می‌کرد. بنابر قوانین مکانیک سیالات، و به جهت آنکه پره‌ها در یک جهت خاص به گردش درآیند، ضرورت دارد تا این دریچه‌ها نه در وسط، بلکه در کناره‌ها و روی هم (و نه در کنار هم) واقع شوند تا با ایجاد دمش لازم، پره‌ها به‌حرکت درآید. از سوی دیگر، دریچه‌های خروجی باد نیز می‌توانسته در نقطه مقابل یا به‌صورت برگردان جانبی قرار گیرند تا به ایجاد حالت دورانی در وزش باد کمک نمایند. ضرورت تعبیه دریچه‌های ورود و خروج باد برآمده از شناخت و درک جامعی است که سازندگان از ماهیت دوگانه مخرب و مفید باد سیستان داشته‌اند: دریچه‌های قیف مانند عملکردی دوگانه داشته‌اند، نخست هدایت باد به سوی پره‌ها و دوم کنترل و کاستن از شدت باد در مواقعی که سرعت باد بسیار زیاد و مخرب بوده است. بدین‌ترتیب در مواقعی که شدت باد کمتر بوده، دریچه ها باد را گردآوری و متمرکز می‌کردند و در مواقعی که شدت باد زیاد بوده، مانع از ورود باد مخرب به درون آسباد می‌شدند. ادعای دمشقی مبنی بر اینکه باد از هر جهت بوزد، آسبادها کار می‌کنند به‌طور قطع اشتباه است. منطقه سیستان، خراسان‌جنوبی و بخشی از افغانستان در یک کرویدور بادی مهم قرار دارند که در بخش قابل‌توجهی از سال باد صرفاً در یک جهت وزش دارد

[1] . خمس به‌عنوان یک نماد مذهبی و طرحی برای تولید زیورآلات در فرهنگ‌های مختلف، به‌ویژه در خاورمیانه، شمال آفریقا و بخش‌هایی از اسپانیا و پرتغال کاربرد داشته است. در اروپا به آن «دست فاتیما» نیز گفته می‌شود. واژه Hamsa در زبان لاتین را برای اطلاعات بیشتر جستجو کنید.

و به بادهای صد و بیست روزه سیستان[۱] شهرت دارد (شکل ۷). دمشقی جغرافیادان، دانشمند و مورخ قابلی است؛ اما ساکن دائمی سیستان نبود تا با این موضوع به قدر کفایت آشنایی داشته باشد و مشخصاً شناختی از کرویدور معروف فوق نداشت. تمامی آسبادهای برجای‌مانده در سیستان، در بخش پشتی خود دارای دیوارهایی مایل برای هدایت باد بودند. این موضوع در بازدیدهای میدانی از آسبادهای موجود مشخص و امری محرز است. بسیار محتمل است که ساخت این دیوارهای مایل جهت‌دهنده، به‌تدریج و در یک فرآیند ناشی از انباشت تجربه به ذهن معماران سیستانی رسیده باشد. آسباد توصیف شده دمشقی فاقد چنین دیوارهای هدایت‌کننده بوده و به‌جای آن روزنه‌هایی به شکل شیپور داشته است. بدین‌ترتیب آسباد توصیف شده توسط دمشقی، به‌طور قطع به‌نحوی در جهت باد ساخته می‌شده تا بتوانند از کریدور مشهور باد در سیستان استفاده کند.

شکل ۷. مسیر کریدور باد موسوم به بادهای ۱۲۰ روزه سیستان
Fig. 7. The wind corridor path known as the "120-day winds of Sistan

در تکمیل استدلال بالا، بر طبق بازدید و مطالعات میدانی صورت گرفت از اسباد شورابه، لازم به اشاره است که معماری یزدی و ساکن سیستان در هنگام بازگشت به زادگاه خود تصمیم می‌گیرد تا با الهام از ساختار آسبادهای سیستان یک آسباد مبتکرانه در روستای خود (حسین‌آباد شورابه در نزدیکی یزد) بسازد. با توجه به اینکه یزد فاقد کرویدور بادی مشابه با سیستان است، وی ابتکار عمل به خرج داده و آسباد را به‌گونه‌ای ساخت تا همان‌گونه که دمشقی اشاره کرده، آسباد با وزش باد در همه جهات کار کند. بنابر گفته ساکنان محلی، تلاش او موفقیت‌آمیز نبوده و آسباد مورد اشاره تنها در روزهای اندکی چرخش داشت و چون از هر چهار جهت باز بود در عمل بخش زیادی از باد از درون آسباد به بیرون هدایت و نیروی باد هدر می‌رفته است. در نتیجه گندم‌ها به جای آسیاب‌شدن صرفاً بلغور (نیم‌دانه و خرد) می‌شد. به این دلیل آسباد مورد اشاره به سرعت متروک می‌شود (شکل ۸).

۱. گاهی تا یکصد و هفتاد روز به طول می‌انجامند.

شکل ۸. آسباد شورآبه یزد (تصویراز: فرشید حیدری)
Fig. 8. The Shurabeh windmill in Yazd (Photo by Farshid Heidari)

ه. پره‌هایی که بنابر توصیف دمشقی از جنس پوست بوده‌اند احتمالاً با الیاف مقاوم به‌دور قابی فانوس مانند دوخته می‌شد. همان‌طور که اشاره شد، از دیدگاه عملکردی منطقی به‌نظر می‌رسد این قاب که در تصویر کتاب نیز دیده می‌شود همانند برخی از دیگر بخش‌های آسباد از چوب ساخته شده باشد. این احتمال وجود دارد که چرم چهارپایان که در مقام مقایسه استحکام قابل‌توجهی داشته و دارای انعطاف‌پذیری مناسب می‌باشد، و از نظر لغوی نیز با واژهٔ پوست تقریباً مشابه است، مورد استفاده سازندگان بوده باشد. در بخش میانی تصویر ترسیم شده توسط دمشقی، فرمی شبیه چوب یا طنابی پیچیده شده مشاهده می‌شود که با توجه به محل قرارگیری و نحوهٔ اتصالات آن، به احتمال فراوان دیرک اصلی و یا همان قطعه استوانه‌ای شکل است که پره‌های جانبی آسباد بدان متصل شده و دارای حرکت و چرخش می‌باشد. فرم پیچ و تاب خورده این تصویر می‌تواند حکایت از روش ساخت داشته باشد. مثلاً این دیرک می‌تواند از تابیدن شاخه‌های درخت (همچون نخل) ساخته شده باشد، تا بتوان پره‌های جانبی را به سهولت در میان پیچش آن قرار دهند. هرچند نباید این احتمال را هم از ذهن دور داشت که شاید این تصویرسازی صرفاً اشاره‌ای گرافیکی به چرخش این قطعه باشد.

و. با استناد به متن و تصویر برجای‌مانده درکتاب دمشقی، سنگ زیرین آسیاب با نیروی باد می‌چرخیده، درحالی‌که در آسبادهای کنونی این سنگ رویین است که به‌چرخش درمی‌آید. این تفاوت ممکن است به‌دلیل مکانیک خاص ساختار دیرک اصلی و سازمان آسباد بوده باشد.

ز. دسترسی به طبقه فوقانی برای حمل گندم و آرد حاصله دشوار به‌نظر می‌رسد. البته به‌دلیل ابعاد و ارتفاع نه‌چندان بلند آسباد مورد اشاره، استفاده از چند سکوی پلکان مانند یانردبانی چوبی ممکن بوده است. این دست از الحاقات از نظر عملی و اقتصادی مناسب بوده و به‌سادگی قابل جابه‌جا کردن هستند. می‌توان متصور شد که در هنگام عملکرد آسباد و به جهت جلوگیری از خروج نیروی باد، این دریچه با تخته پوشانده و بر روی آن وزنه‌ای قرار می‌گرفته است.

ح. بنابر اصول معماری ایرانی، ذیل عناوین بوم‌آورد و ایدری (سرپوشیدن سقف با موادی مانند سفال، گل به‌منظور محافظت در برابر حرارت و سرما) و همچنین بررسی آسبادهای متأخرتر، کالبد آسباد دمشقی همانند سایر آسبادهای سیستان از جنس خشت و گل بوده است.

با نگاهی به‌دیگر فصل‌های کتاب دمشقی و شرح و توصیف‌های اغراق‌آمیز دیگر دربارهٔ شگفتی‌هایی که وی مشاهده کرده،[۱] این فرضیه تقویت می‌شود که‌شاید به‌سبب فاصله زمانی میان مشاهده، و ترسیم و توصیف آن چیزی که مشاهده گشته بود، نویسنده مزبور دچار اشتباهاتی گشته و یا از حدس و خیال برای تکمیل مشاهدات و نگارش خویش استفاده کرده باشد. شاید حتی دمشقی فرصت مشاهده آسبادها را از فاصلهٔ نزدیک نیافته و شرح و توصیف آن را تنها از افراد محلی شنیده باشد.[۲] شاید خطای محاسباتی در هنگام ترسیم به‌وجود آمده و آسباد را وارونه ترسیم کرده و یا در رونوشت‌های دیگری که از این کتاب در زمان‌های بعدی انجام شده چنین خطایی روی داده باشد.[۳] حتی می‌توان تصور کرد که در جمع‌بندی مشاهدات، دمشقی دو ابزار مختلفی را که در نقاط مختلف دیده با یکدیگر ادغام کرده باشد. اگرچه همه این فرض‌ها می‌توانند واقعیت داشته باشند، اما روی‌دیگر سکه آن است که نمی‌توان با تکیه صرف بر فرض و گمان، چنین مستند مکتوبی ازگذشته را یکسره باطل دانست. پس آن‌چه در بالا برای مدل‌سازی از آسباد دمشقی مطرح شد، ناگزیر تکیه و استناد فراوانی برشرح و مشاهدات یک نویسنده هوشمند تاریخی از یک سازه خاص دارد. اگرچه برخی جزییات آن با دانسته‌های امروزین ما همخوانی ندارد؛ اما به‌کاربستن دانش نوین مهندسی، همان‌طور که در اینجا به‌کار رفت، برای تحلیل چگونگی درک بهتر عملکرد این سازه راهگشا خواهد بود. توجه به این نکته نیز ضروی است که برخی از اختلافات ممکن است از تفاوت در زبان، فرهنگ، و یا فرصت‌های مشاهده ناشی شده باشد.

مقایسه تطبیقی از آسباد توصیف شده توسط دمشقی با آسبادهای شناخته شده سیستانی

برای مقایسه تطبیقی بین آسباد دمشقی و آسبادهای متأخرتر در جهت ایجاد تصور بهتری از چیستی و چگونگی سازه‌ای که دیگر در اختیار محقق نیست، تحلیل‌های مهندسی از ساختار و عملکرد مؤثر می‌افتند. در بررسی و مطابقت با آسبادهایی که امروزه پابرجا هستند (ازجمله آسبادهای منطقه حوضدار که نویسندگان به اطلاعات به‌دست‌آمده از آنجا اتکای بسیار داشته‌اند) اهم تفاوت‌های موجود بین سازه‌های موجود و آسباد دمشقی آشکار می‌شود (جدول ٤)

جدول ٤. مؤلفه‌های فضایی- ساختاری و عملکردی آسباد توصیف شده توسط دمشقی

Table 4. Spatial-structural and functional components of the windmill described by Al-Dimashqi.

فضایی- ساختاری	**ابعاد**	• کوچک‌تر از آسبادهای امروزی سیستان و خراسان در نشتیفان.
	محل قرارگیری	• برخلاف آسبادهای برجای‌مانده در سیستان و خراسان که روی زمین صاف ساخته می‌شدند، آسباد دمشقی بر روی تپه ساخته شده بود. در سازه‌های برجای‌مانده متأخر از دیوارهای بلند برای بهره‌گیری بهتر از باد استفاده می‌گردد.
	ساختار کالبدی	• در آسباد دمشقی بخش آس‌خانه در طبقه فوقانی و پرخانه (پره‌ها) در طبقه پایین قرار داشتند (برعکس آسبادهای متأخر).
	بخش فوقانی آسباد	• ظرفی چندضلعی دارای تزیینات مشابه نماد خمس که در آسباد دمشقی مورد اشاره قرار گرفته در دیگر سازه‌های سیستان دیده نمی‌شود.

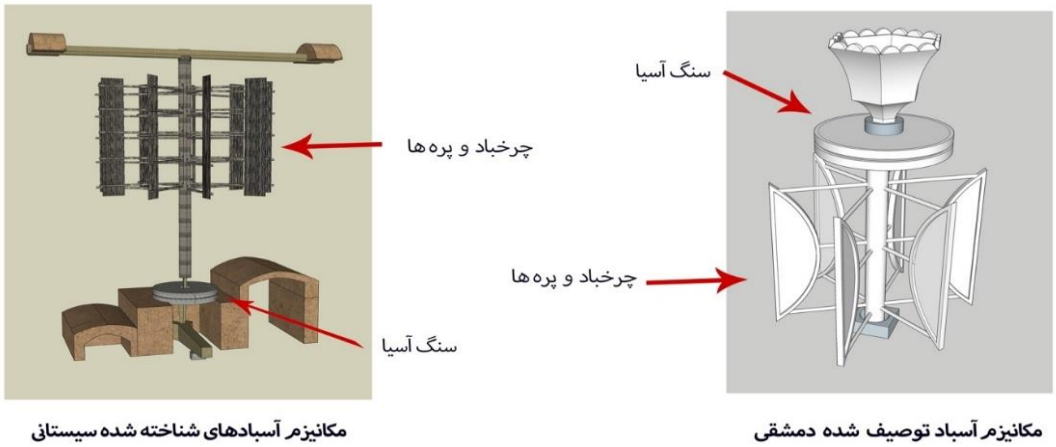
۱ . به‌عنوان نمونه، توصیف و تحلیل دمشقی از ارم ذات العباد (شهری تاریخی در یمن) بیشتر مبتنی بر افسانه‌هایی است که شنیده تا مکان‌هایی که خود بازدید کرده است (دمشقی ۱۳۵۷، صفحات ٤٥ و ٤٦)

۲ . به‌طور مشابه چنین گمانی دربارهٔ میزان صحت نوشته‌های جهانگرد ونیزی، مارکوپولو نیز وجود دارد که باعث شده تا برخی از محققان، نوشته‌های مارکوپولو را شنیده‌های او (و نه مشاهدات او) در نظر بگیرند. نگاه کنید به (Wood, 1996).

۳. به‌عنوان نمونه، دمشقی در مقدمه کتاب خود از نقشه‌ای مفصل سخن گفته و مشخصات آن را یک به یک توضیح داده اما نقشه مورد اشاره در هیچ‌جای کتاب دیده نمی‌شود. همچنین در سرفصل باب هفتم، آن را مشتمل بر چهارده فصل عنوان کرده اما این باب تنها سیزده فصل دارد.

کنترل جریان هوا	• برای هدایت باد، دریچه‌هایی شیپور مانند در جداره‌های آسباد دمشقی قرار گرفته بود. در جای دیگر نمونه آن دیده نمی‌شود.
پره‌ها	• در آسباد دمشقی پره‌ها از پوست و چوب ساخته شده و به دور قابی فانوس مانند دوخته شده بودند. استفاده از چرم چهارپایان به‌دلیل استحکام و انعطاف‌پذیر موردتوجه بوده است. در آسبادهای متأخر عموما از پره‌های چوبی یا شاخه‌های درخت نخل و ساختارهای بزرگ استفاده شده است.
محور مرکزی	• در آسباد دمشقی دیرک اصلی احتمالاً از شاخه‌های تابیده شده درخت ساخته شده بود درحالی‌که در آسبادهای دوران بعدی از تنه درختان برای ساخت تیرک اصلی استفاده شده است.
مصالح	• استفاده از مواد محلی همچون خشت و گل در کالبد آسباد دمشقی در انطباق با آسبادهای موجود در سیستان است.
دسترسی به طبقه فوقانی	• در آسباد دمشقی استفاده از سکوهای پلکانی یا نردبان‌های چوبی برای حمل گندم و آرد از طبقه فوقانی مرسوم بود. در سازه‌های موجود جابه‌جایی در محل تولید محصول صورت پذیرفته است.
چرخش سنگ آسیاب	• در آسباد دمشقی سنگ زیرین می‌چرخد، درحالی‌که در آسبادهای امروزی سنگ رویین می‌چرخد.
چرخه حیات و عملکرد	• قرارگیری آس‌خانه در طبقه فوقانی از آسباد دمشقی احتمالاً به‌منظور جلوگیری از سرقت محصولات و آسیب نخوردن از سیلاب‌ها است. در آسبادهای برجای مانده در سیستان این موضوع دیده نمی‌شود.
کاربرد علوم	• در آسباد دمشقی طراحی دریچه‌ها برای هدایت دقیق باد به‌سوی پره‌ها و ایجاد یک حرکت دورانی مؤثر، نشان‌دهنده درک سازندگان از اصول مکانیک سیالات و نیز توجه یا آگاهی دمشقی به این دسته از دانش‌ها است.

با نگاهی کلی به آسباد دمشقی و نمونه‌های برجای مانده متأخر به وضوح می‌توان مزایا و معایب خاص هریک از این سازه‌ها را مشاهده کرد. آسباد دمشقی با تمرکز بر یک موقعیت جغرافیایی و شرایط محیطی خاص ساخته شده بود، حال‌آن‌که در آسبادهای متأخر طراحی به‌سمت ایجاد بهره‌وری بیشتر و آسانی در استفاده کاربر تغییر یافته است (شکل ۹).



شکل ۹. تطبیق جزییات طرح آسباد دمشقی با آسبادهای شناخته شده سیستانی

Fig. 9. Comparison of the design details of Al-Dimashqi's windmill with known Sistani windmills.

تحلیل و بازسازی

باتوجه به نکات مطرح‌شده، و برای برآوردی تقریبی از ابعاد آسباد موردنظر، باید در جستجوی معیاری برای اندازه‌گیری بود. یکی از عناصری که می‌تواند برای این امر موردتوجه قرارگیرد پره‌های آن است که از پوست ساخته شده بودند.[۱] طول تقریبی چرم دباغی و یا پوست یک گاو ۱۸۰ سانتی‌متر و پوست گوسفند ۹۰ سانتی‌متر است. با توجه به شکل پره‌ها و همچنین شکل پوست حاصل از گاو یا گوسفند که ازجمله ستورانی است که در سرزمین سیستان امکان پرورش دارند، منطقی به‌نظر می‌رسد که هرقطعه پوست از میان به دو قسمت مساوی تقسیم شده باشد تا با هر قطعه پوست دو پره تهیه شود. میزان مفید چرم دباغی استفاده شده می‌تواند کمتر از این اعداد بوده باشد.

در خصوص نوع پوست استفاده شده منطقی به‌نظر می‌رسد که پره‌ها با پوست گوسفند ساخته شده باشند. دلیل آن غیرمعمول بودن کشتار گاو برای بهره‌مندی از پوست آن بوده است: گاو در سیستان کاربردهای مهمی در تهیه لبنیات، شخم‌زدن زمین و حتی باربری داشته و غیرمنطقی خواهد بود که گاوی را برای تهیه پره‌های آسباد که همواره در معرض آسیب و پارگی بوده‌اند، کشتار نمایند. این درحالی است که کشتار گوسفند برای استفاده از گوشت و محصولات جانبی دیگر امری رایج است. از دیگر سو، اندازه تقریبی به‌دست‌آمده از نوشته‌های دمشقی و مشخصات گرافیکی تصویر برجای مانده، به‌ویژه توجه به این نکته که ازنظر زیبایی‌شناسی باید پره‌ها در تناسب با ابعاد کل سازه باشند، می‌توان تصویری از سایر اجزای بنا به‌دست آورد. همچنین با نسبت گرفتن میان پره‌های ترسیم شده، می‌توان ابعاد تقریبی مابقی جزییات را محاسبه کرد. الحسنی نیز براساس بررسی‌های خود این ابعاد را پیشنهاد داده است: «آسیاب‌های بادی از آن زمان به‌عنوان حاوی سنگ آسیاب متصل به انتهای یک استوانه چوبی توصیف می‌شدند، این نیم متر عرض و ۳/۵ تا ٤ متر ارتفاع داشت» (Al-Hassani, 2012, p. 128). به‌نظر می‌رسد به جز عرض نیم متر مابقی اعداد از نظر منطقی می‌توانند به واقعیت نزدیک باشند.

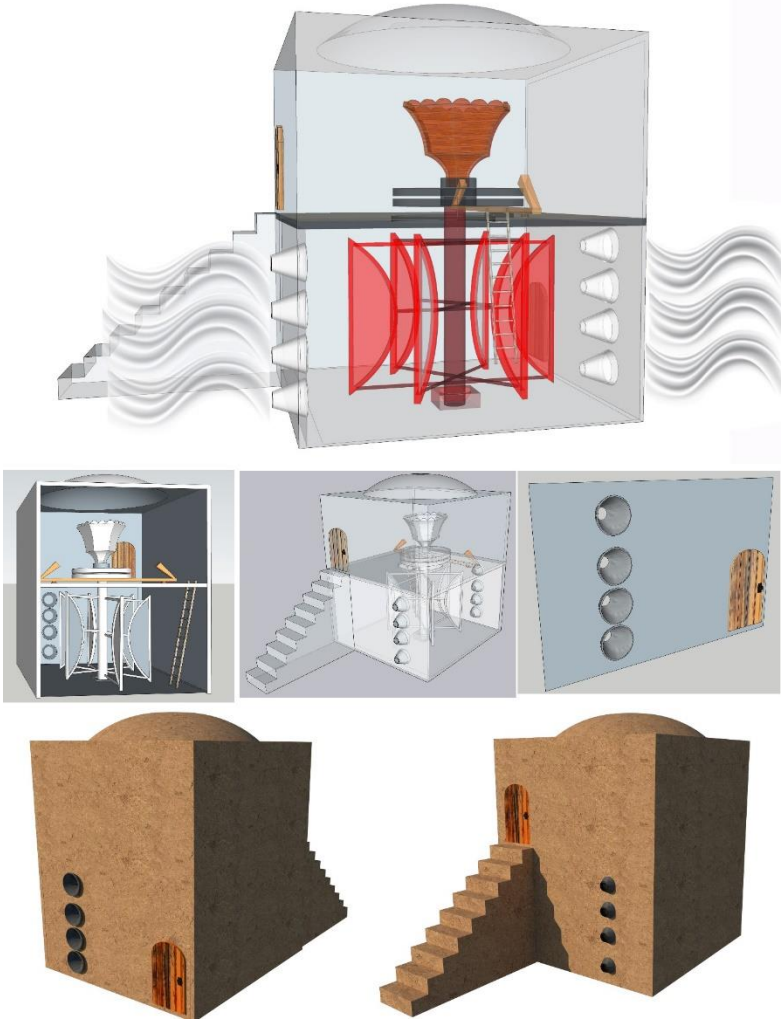
مشخصاً آسباد دمشقی از تناسبات و هماهنگی مناسب میان اجزا برخوردار بوده است. همچنین، شکل پره‌های آسباد نیز از تناسباتی برخوردار بوده که امکان استفاده بهینه از نیروی باد را فراهم آورد. این امر از طریق قرار دادن پره‌ها در مسیر باد و همچنین استفاده از دریچه‌های قیفی شکل برای هدایت باد به داخل آسباد انجام می‌شده است. چنین طرحی ازنظر سازه‌ای نیز مستحکم به نظر می‌رسد. ازنظر سازه‌ای، آسباد مورد مطالعه ازمواد محکم و بادوام محلی مانند خشت و گل ساخته شده است. این امر باعث شده است که این سازه در برابر باد، تابش مداوم خورشید (که می‌تواند باعث فرسایش سریع پوست یا چرم شود) و سایر عوامل محیطی مقاوم باشد. از این‌رو، طرح آسباد دمشقی را باید یکی از شاهکارهای معماری ایرانی دانست که می‌تواند الهام‌بخش مهندسان و معماران امروزی باشد. بدین‌ترتیب باتوجه به تناسبات به‌کاررفته در تصویر دمشقی، نیز توجه به کوچک بودن ابعاد کلی آسباد، ارتفاع سازه موردنظر دست‌کم ۳۵۰ سانتی‌متر و عرض بنا ۲۰۰ سانتی متر برآورد می‌شود. در نهایت براساس داده‌های جمع‌آوری شده در این پژوهش، می‌توان مطابق شکل‌های ۱۰ تا ۱۱ مدل‌هایی از بازسازی آسباد دمشقی به‌همراه جزئیات مربوطه را به تصویر کشید. شایان ذکر است که طبیعتاً نه تصویر دمشقی شمای کامل همراه با تمام جزئیات یک آسباد است، نه مدلی که نویسندگان حاضر ترسیم کرده‌اند همه جزئیات آسباد مورد اشاره را در خود مسطور دارد. قطعات دیگری وجود دارد که از نظر فرم و عملکرد با برخی جزییات آسباد دمشقی تفاوت دارند.[۲] این موضوع به فاصله بسیار میان زمان ساخت آسباد توصیف شده توسط دمشقی و آسبادهای چند صد سال گذشته (که همچنان

---

۱ . دنیس جی. شپرد در گزارش خودجنس پره‌ها را از پارچه معرفی می‌کند (Shepherd, 1990).

۲ . برای مثال، قطعه "میخ تیر" که در آسبادهای برجای‌مانده مشاهده می‌شود و وظیفه کنترل و یا جداسازی سنگ از پره‌ها را بر عهده داشته و برای توقف چرخش سنگ استفاده می‌شود.

وجود دارند) باز می‌گردد. می‌توان متصور شد حلقه‌های مفقوده دیگری در سیر تحول آسبادها وجود دارند. متأسفانه به‌دلیل ماهیت به شدت قابل فرسایش آسبادها (که از خشت، چوب، پوست و دیگر مواد آلی ساخته می‌شدند) این حلقه‌ها تا به امروز امکان رمزگشایی نداشته است. اگر آسباد دمشقی را بتوان به‌عنوان یک نمونه اولیه از سیر تحول آسبادها در نظر گرفت، کاستی‌ها و نقایص آن قابل‌درک است. در سیر تکامل آسبادها این نقایص برطرف شده و منجر به بروز سازه‌هایی تکامل‌یافته شده که نمونه‌های متعدد آن در پهنه سیستان و خراسان همچنان وجود دارند.



شکل ۱۰. مدل بازسازی شده از آسباد دمشقی توسط نویسندگان

Fig. 10. The reconstructed model of Al-Dimashqi's windmill by the authors.

نتیجه‌گیری

این پژوهش سعی بر آن داشته تا با بهره‌گیری از دانش مهندسی و تحلیل‌های فناورانه، تصویری واقعی و جامع از عملکرد و ساختار یک آسباد کهن ارائه دهد؛ آسبادی که به کرات در پژوهش ها ذکر آن رفته؛ اما هیچ‌گاه فراتر از توصیفات تاریخی مورد تحلیل قرار نگرفته است. آسبادی که در حدود سال ٦٨٨ قمری (۱۲۹۰ میلادی) توسط جغرافی‌دان عرب زبان دمشقی توصیف شده، نه تنها یک سازه معماری شگرف، بلکه نمادی از حضور یک دانش پیشرفته برای بهره‌برداری هوشمندانه از منابع طبیعی، به‌ویژه بادهای صد و بیست روزه سیستان است. تحلیل‌های انجام‌شده بر روی ساختار و تکنولوژی به‌کاررفته در این آسباد، ازجمله استفاده از عناصر قیفی‌شکل برای هدایت جریان باد، کاربرد پوست دام و چگونگی اتصالات میان بخش‌های مختلف عناصر مکانیکی آسباد نشان‌دهنده درک

عمیق ایرانیان از اصول دینامیک سیالات و مهندسی است. این ویژگی‌ها این سازه را به یک نمونه منحصربه‌فرد در تاریخ آسبادهای جهان تبدیل کرده است. همچنین قرارگیری آسباد بر روی تپه و ابعاد کوچک‌تر آن در مقایسه با دیگر آسبادهای سیستان و خراسان، جابجایی محل قرارگیری آس‌خانه و پرخانه، و به‌ویژه کاربرد مصالح محلی نشان از تطبیق هوشمندانه با شرایط جغرافیایی و محیطی و نیازهای جوامع محلی دارد. این طراحی هماهنگ نه تنها سبب بهره‌برداری بهینه از نیروی باد می‌شد، بلکه تضمین می‌کرد تا سازه‌ای که نقشی مهم در تأمین قوت غالب مردمان داشت بتواند در ناملایمات اقلیمی به عملکرد خود ادامه دهد.

با توجه به ماهیت به‌شدت فرسایش‌پذیر آسبادها که برآمده از مواد مورداستفاده در ساخت آن‌ها است، شکاف‌های مهمی در اطلاعات تاریخی مربوط بدان ها موجود است. برای مثال، حلقه‌های گمشده‌ای که اتصال‌دهنده آسباد توصیف‌شده توسط دمشقی و نمونه‌های متأخر که آثارشان موجود است وجود دارند که هنوز مورد پژوهش واقع نشده اند. این شکاف‌ها می‌توانند با انجام تحقیقات میدانی در سرزمین سیستان پر شود تا درک کامل‌تری از سیر تحول آسبادها در جهان و به‌ویژه نقش ایرانیان در تحولات این فناوری خاص حاصل گردد. نهایت آنکه، این پژوهش بر اهمیت سازه‌های فناورانه مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در طول تاریخ حضور ایرانیان در فلات قاره ایران تأکید می‌کند. این سازه‌های تاریخی در عین سادگی ذاتی‌شان می‌توانند منبع الهام برای خلق نوآوری‌های جدید در استفاده از انرژی‌های پاک در دنیای معاصر باشد.

سپاسگزاری

ضمن تشکر از میراث فرهنگی استان سیستان و بلوچستان، در این پژوهش از آلبوم مطالعات تحت عنوان طرح پژوهشی تدوین و آماده‌سازی آلبوم نقشه‌های آسبادهای منطقه سیستان برای تهیه پرونده ثبت جهانی، که به‌وسیله حمایت مالی این سازمان و توسط نویسنده اول پژوهش حاضر تهیه گردیده، استفاده شده است.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسندگان به صورت برابر در تهیه پژوهش حاضر همکاری داشته‌اند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی اظهار نشده است. کلیه منابع مالی این نوشتار توسط پژوهشگران تهیه شده است.

کتابنامه

– ابراهیمی، حامد؛ مرتضوی، مهدی؛ و موسی‌پورنگاری، فریبا، (۱۳۹۹). «تحلیل و مقایسه عملکرد جریان باد در آسباد منفرد سیستان و آسباد ساده خراسان با استفاده از نرم‌افزار ANSYS». *معماری اقلیم گرم و خشک*، ۸(۱۱): ۱۲۳-۱۰۹. https://doi.org/10.29252/ahdc.2021.13635.1328

– اصطخری، ابراهیم، (۱۳٦۹). *مسالک و ممالک*. ترجمه فارسی قرن پنجم/ ششم هجری، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی (آموزش انقلاب اسلامی).

اکبری‌فر، سجاد، (۱٤۰۰). «بررسی آسبادهای شرق ایران به عنوان نماد معماری پایدار». معماری‌شناسی، ٤(۲۱): ۱۳۰-۱۱۹.

– باستانی‌پاریزی، محمدابراهیم، (۱۳٦۷). *آسیای هفت سنگ*. انتشارات دنیای کتاب، چاپ ششم.

– خضری، زهره؛ و ایمانی، نادیه، (۱۳۸۸). «آسباد: تجلی‌گاه هنر و صنعت (بررسی ویژگی‌های معماری آسیادهای نشتیفان)». *نامه معماری و شهرسازی*، ۲(۲): ۱۲۳–۱۱۱.

– دمشقی، شمس‌الدین محمدبن ابی طالب انصاری، (۱۳۵۷). *نخبهٔ الدهر فی عجائب البر والبحر*. بنیاد فرهنگستان‌های ایران (فرهنگستان ادب و هنر ایران)، ترجمه سید حمید طبیبیان.

– محمدی خمک، جواد، (۱۳۷۸). *ماتیکان سیستان* (مجموعه مقالات درباره سیستان). واژیران.

مولانایی، صلاح‌الدین؛ و سلیمانی، سارا، (۱۳۹۵). «عناصر باارزش معماری بومی منطقه سیستان؛ بر مبنای مؤلفه‌های اقلیمی معماری پایدار»، *باغ نظر* ۱۳(٤١)، ٦٦–٥٧. https://www.bagh-sj.com/article_32950.html

– نیک‌بر، مازیار؛ و پارساییان، سعید، (۱۳۹۹). *تهیه و آماده‌سازی آلبوم نقشه‌های منطقه سیستان برای تهیه پرونده ثبت جهانی*. اداره میراث فرهنگی سیستان و بلوچستان.

– طبری، محمد بن جریر، (۱۳۷۵). *تاریخ طبری یا تاریخ الرسل و ملوک*. جلد پنجم، ترجمه ابوالقاسم پاینده، انتشارات اساطیر.

– ییت، ادوارد، (۱۳٦٥). *سفرنامه خراسان و سیستان*. ترجمهٔ ق. روشنی زعفرانلو و م. رهبری، تهران: یزدان.

- Akbari, A., Seyyed, M., Heidari, A. & Mohammadi, A., (2014). "Nashtyfan's windmills: The symbol of traditional technology in the East, Iran". *Afro Asian Journal of Anthropology and Social Policy, 5* (2): 100–115. https://doi.org/10.5958/2229-4414.2014.00010.6 (In Persian).

- Akbarifar, S., (2021). "Investigation of the Asbad of Eastern Iran as a symbol of sustainable architecture". *Memarishenasi*, 4(21): 119–130. https://memarishenasi.ir/fa/archive.php?pid=520&rid=22. (In Persian).

- Alaei Moghadam, J. & Mousavi Haji, S. R., (2023). "Study of Rendeh Asbad Complex, Sistan (architectural remains of the largest flour-production facilities of the Eastern Iran in the mid-Islamic centuries)". *Pazhoheshha-ye Bastan Shenasi Iran, 13* (37), 247–271. https://doi.org/10.22084/nb.2023.26798.2519.

- Al-Hassani, S. T., (2012). *1001 inventions: The enduring legacy of Muslim civilization* . National Geographic Books.

- Ayatollahi, S. M. H., (2016). "The Role of Wind as a Generator of Cultural Landscape in Desert Climate of Iran". *International Conference kerpiç'16, Istanbul Aydın University*, 16: 16-23.

- Azizi, M. & Jahangirian, A., (2020). "Multi-site aerodynamic optimization of wind turbine blades for maximum annual energy production in East Iran". *Energy Science & Engineering*, *8*(6): 2169-2186. https://doi.org/10.1002/ese3.656.

- Bastani Parizi, M. E., (1988). *Asia of the seven stones* (6th ed.). Donyaye Ketab Publications.

- Dehaqi, S. H., (2016). "Rehabilitation of Nashtifan's Windmills Cultural Landscape by Considering Vernacular Architecture Values". In: *Proceeding of TCL2016 Conference Tourism and Cultural Landscape: Towards a Sustainable Approach 12-16 June* 2016, Budapest, Hungary, 241. https://tcl.infota.org/proceedings/articles/23_a037_sogol_hashemi_dehaqi_-_rehabilitation_of_nashtifans_windmills_cultural_landscape.pdf

- Dimashqi, S. M. A. T. A., (1979). *Nukhbat al-Dahr fi Aja'ib al-Barr wa al-Bahr*. Iranian Academy Foundation (Academy of Literature and Arts of Iran), translated by Seyed Hamid Tabibian. (In Persian)

- Ebrahimi, H., Mortazavi, M. & Musapour Nogari, F.. (2020). "Analysis and comparison of wind flow performance in Sistan's single Asbad and Khorasan's simple

Asbad using ANSYS software". *Architecture in Hot and dry Climate, 8* (11): 109-123. https://doi.org/10.29252/ahdc.2021.13635.1328

- Estakhri, E., (1990). *Masalik wa mamalik* (Persian translation of the 5th/6th century Hijri). Elmi va Farhangi Publications Company (Islamic Revolution Education). (Original work published 11th–12th century CE) (In Persian).

- Farsani, M. J., Shamsipour, A. & Naghdi, Z., (2014). "Use of sustainable wind energy in traditional architecture of windmills in Iran". *Scientific Journal of Review*, *3*(7): 531-539. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143325312.

- Gaube, H., (2008). "Iranian cities". In: *The City in the Islamic World, Brill.* 2: 159-180.

- Ghahremaninejad, F., Hoseini, E. & Jalali, S., (2021). "The cultivation and domestication of wheat and barley in Iran, brief review of a long history". *The Botanical Review*, 87(1): 1-22. https://doi.org/10.1007/s12229-020-09244-w.

- Ghorbani, A., Mousazadeh, H., Taheri, F., Ehteshammajd, S., Azadi, H., Yazdanpanah, M., Khajehshahkohi, A., Tanaskovik, V. & Van Passel, S., (2021). "An attempt to develop ecotourism in an unknown area: The case of Nehbandan County, South Khorasan Province, Iran". *Environment, Development and Sustainability*, *23*: 11792-11817. https://doi.org/10.1007/s10668-020-01142-w.

- Khazri, Z. & Imani, N., (2009). "Asabad: The manifestation of art and industry (An analysis of the architectural features of Neshativan's asabads)". *Architecture and Urban Planning Letter, 2* (2): 111–123. https://doi.org/10.30480/aup.2009.211 (In Persian).

- Kılınç, K. N. E., (2019). "Prof. Dr. Fuat Sezgin Yılı Kapsamında Türkiye'deki Üniversitelerde Yapılan Etkinlikleri". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (42.1): 360-378. https://fenbilgisi.bartin.edu.tr/haberler/fen-kulubu-2019-prof.-dr.-fuat-sezgin-yili-etkinlikleri-kapsaminda-islam-bilim-ve-teknoloji-tarihi-muzesine-gezi-duzenledi....html.

- Landor, A. H. S., (1903). *Across Coveted Lands: Or, A Journey from Flushing (Holland) to Calcutta, Overland* (Vol. 2). C. Scribner's sons

- Mahdavinejad, M. J., Doroodgar, A. & Mashayekhi, M. (2012). "Utilization of wind power as a renewable energy in asbads, case of Iran, Sistan". *Advanced Materials Research*, *433*: 1141-1145. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.433-440.1141.

- Mishmastnehi, M., (2024). "Technological Heritage of Persian Windmills". *Iran*, *62*(1): 103-119. https://doi.org/10.1080/05786967.2021.1960885.

- Misra, R. P., (1989). *Research Methodology: a Hand Book*. Concept Publishing Company.

- Mohammadi Khomak, J., (1999). *Matikan-e Sistan*. Vaziran. (In Persian).

- Mohammadi, E., Jarkeh, M., Arbabi, V. & Zolfaghari, A., (2022). „Effect of Architecture on Natural Ventilation Enhancement; an Ancient Windmill in Sistan". *Research Square,* 4: 1-22. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1636810/v1.

- Molanai, S. A. D. & Solimani, S., (2016). "Valuable elements of indigenous architecture in the Sistan region; based on climatic components of sustainable architecture". *Bagh-e Nazar, 13* (41): 57–66. https://www.bagh-sj.com/article_32950.html?lang=fa (In Persian).

- Nagasaka, K., Amini, A. & Momeni, M. M. V. (2017). "WinDam: A Novel Airborne Wind Turbine". *Journal of Clean Energy Technologies*, *5*(3): 243-247. https://doi.org/10.18178/JOCET.2017.5.3.376.

- Nikbar, M. & Parsaiyan, S., (2020). *Preparation and compilation of the Sistan region map album for the preparation of a world registration dossier* (Technical Report). Sistan and Baluchestan Cultural Heritage Administration. (In Persian).

- Saeidian, A., Gholi, M. & Zamani, E., (2012). "Windmills (Asbads): remarkable example of Iranian sustainable architecture". *Architecture Civil Engineering Environment,* 5(3): 19-30. https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSL2-0026-0132.

- Shepherd, D. G., (1990). *Historical development of the windmill* (No. NASA-CR-4337). NASA.

- Tabari, M. J., (1996). *Tarikh al-Tabari or the history of the prophets and kings* [Tarikh al-Tabari ya Tarikh al-Rusul wa al-Muluk] (A. Payandeh, Trans.) (Vol. 5). Asatir Publications. (In Persian).

- Tsai, T. H., Lin, H. Y. & Chen, H. G. (2010). „Overlapped block-based adaptive bilateral motion estimation". In: *2010 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems*: 572-575. https://doi.org/10.1109/APCCAS.2010.5774980.

- Wood, F. (1996). Did Marco Polo Go to China? *Asian Affairs*, 27(3), 296-304. https://doi.org/10.4324/9780429500992.

- Yate, E., (1986). *Travelogue of Khorasan and Sistan* [Safarnāma-ye Khorāsān va Sīstān] (G. Roshani Zafaranlu & M. Rahbari, Trans.). Yazdan Publications. (In Persian).

- 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*, *9*: 1-11. https://doi.org/10.1186/s40494-021-00587-0.