40
پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
Bu-Ali Sin University
Iranian Scientific Archaeological Association
PAZHOHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN
P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500
Homepage: https://nbsh.basu.ac.ir/
Vol. 14, No. 40, Spring 2024

OPEN ACCESS
© The Author(s)
CC BY NC

# Exploring the Climatic Adaptability at the Median Complex of Nush-i Jan

**Hamed Hajilooei[1], Kazem Mollazadeh[2], Morteza Maleki[3]**

https://dx.doi.org/10.22084/NB.2023.27522.2568
Received: 2022/02/17; Accepted: 2023/04/27
Type of Article: **Research**
Pp: 93-120

## Abstract

The climatic adaptability of an ancient building's architecture can be studied by utilizing various scientific disciplines such as archaeology, architecture, geography, applied climatology, and paleoclimatology. By conducting studies on the religious complex of Nush-i Jan in the Malayer Plain, which dates to the Median Period, we can expand our understanding of the architectural practices during that era. This current research aims to address three main questions: 1) What were the physical components of Nush-i Jan complex that allowed it to adapt to the climatic conditions? 2) How effective were these components in addressing the aforementioned issue? And 3) What were the non-physical heating or cooling arrangements implemented in the complex? Through library and field methods, the essential data has been collected. The analysis was conducted using four software applications - AutoCAD, Climate Consultant, Ecotect, and DesignBuilder - in the energy and architecture domains. The information has been processed using a descriptive-analytical approach. The architectural components of the complex, such as its orientation towards the south with an east-west extension, high building density and height, narrow passages and courtyards, mud-brick walls, wooden beam roofs, entrance doors for most of the spaces, side windows in the eastern and southern walls, ventilators, counters at the entrances of most of the buildings, and two fire-places in the guard room of the fort, play crucial roles in utilizing solar heat and minimizing the impact of cold winds. These elements ensure that the residents' heating needs are met from May to September and partially during other months, while also addressing cooling requirements on hot days. However, additional heating sources were necessary during most hours from October to May (3153 hours in total); in other words, heating production was needed. It is possible that non-physical heating methods, like the tramrails used in the Assyrian imperial palaces, were employed by the inhabitants. Finally, the complex's climatic adaptability to the Malayer Plain, along with appropriate heating and cooling strategies, have guaranteed the residents' thermal comfort.

**Keywords:** Median Architecture, Nush-I Jan Tepe, Thermal Comfort, Climatic Adaptability, Environmental Archaeology.

1. M.A. in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran
2. Associate Professor, Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran (Corresponding Author)
***Email:*** mollazadeh@basu.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

**Citations:** Hajilooei, H.; Mollazadeh, K. & Maleki, M., (2024). "Exploring the Climatic Adaptability at the Median Complex of Nush-i Jan". Pazhoheshha-ye Bastan Shenasi Iran, 14(40): 93-120. doi: 10.22084/nb.2023.27522.2568
**Homepage of this Article:** https://nbsh.basu.ac.ir/article_5190.html?lang=en

***PAZHOHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN***
Archaeological Researches of Iran
Journal of Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

*Publisher: Bu-Ali Sina University. All rights reserved.*
*Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the **Creative Commons**.*

## Introduction

Since favorable climatic conditions are an important factor in the formation and continuation of human life throughout history, it was necessary to take measures to make the establishment of human societies suitable. The selection of the location of the establishment hinges on a comprehensive and precise understanding of the climatic conditions of the desired region's annual, seasonal, monthly, and daily fluctuations. Archaeological evidence and data indicate that this awareness has been present since prehistoric times, and efforts have been made to maximize the utilization of nature and mitigate the adverse effects of its risks on human life. With the formation of the first villages, buildings were gradually made in a way to adapt to the climatic conditions of the surrounding environment throughout the year, by adopting cooling and heating measures. The extent of these arrangements broadened in the post-prehistoric era as permanent settlements expanded geographically.

The limited historical records and archaeological findings pertaining to the Median civilization have left many uncertainties surrounding various aspects of their society, particularly in terms of architecture. The well-preserved architectural complex at Nush-i Jan Tepe in the Malayer Plain serves as a valuable source of information on the architectural practices of the Median Period and their adaptability to climatic conditions. It is essential for architectural structures to be designed in accordance with the local climate to ensure the thermal comfort of the residents. In cases where natural adaptability is insufficient, heating and cooling systems are implemented to regulate the temperature within the buildings. This study aims to investigate the architectural elements and heating/cooling strategies employed in the Nush-i Jan in response to the climatic conditions of the Malayer Plain.

The examination of ancient architecture's ability to adapt to different climates and its cooling and heating systems can be explored through the fields of archaeology, architecture, geography, applied climatology, and paleoclimatology. The analysis of energy usage in ancient structures falls under the domain of "Environmental Archaeology," a branch of archaeology. Given the limited research on historical and prehistoric buildings in Iran, this study marks the initial steps towards such investigations and can be extended to include other architectural structures from the Median Period, as well as prehistoric, Achaemenid, Parthian, and Sasanian buildings. By focusing on Nush-i Jan complex as a remnant of the Median religious complex, this study can provide valuable insights into the architecture of the Median Period and other times and places with similar climatic conditions to the Malayer Plain.

**Questions and Hypotheses:** The current research seeks to evaluate three main questions: 1) What were the physical components of Nush-i Jan complex that allowed it to adapt to the climatic conditions? 2) How effective were these components in addressing the aforementioned issue?

And 3) What were the non-physical heating or cooling arrangements implemented in the complex?

**Research Method:** The evidence in this research was collected using library and field methods. The Analysis was done using softwares in the fields of energy and architecture. These materials were then processed in a descriptive-analytical manner (Fig. 1). Initially, a thorough examination of the Nush-i Jan complex, which holds significance in architectural discourse, was carried out. In cases where necessary, reconstruction was undertaken based on available evidence and utilizing software tools. The architectural remains of the complex were reconstructed in 3-d using AutoCAD, and subsequently analyzed by DesignBuilder to align with the research objectives. To facilitate this research, a comprehensive understanding of the region's long-term climatic conditions was essential. Consequently, the climatic fluctuations of the Malayer Plain were studied within the time frame of 1997-2022 AD, and the required raw climatic data were extracted using Climate Consultant software via the EnergyPlus web portal. This portal sources its information from weather stations' recorded data. Subsequently, the obtained information was inputted into DesignBuilder software, enabling the generation of quantitative and graphical outputs pertaining to the relationship between the aforementioned data and the thermal comfort of the residents. Additionally, paleoclimatological studies of the Median Period were explored in this context. Based on the analysis of the climatic conditions of the mentioned plain and the thermal comfort of its inhabitants, the adaptability of both physical and non-physical components of the complex was investigated. To determine the optimal orientation of the usage area, Ecotect software was employed, and its output was compared with the modeling in DesignBuilder software.

## Analysis of the Climatic Adaptability of Nush-i Jan Complex

The analysis of the climatic conditions of Malayer Plain and the thermal comfort of its residents indicates a greater need to focus on heating measures rather than cooling measures in the architectural design of buildings in the area. Natural heating methods, such as utilizing sunlight and minimizing the impact of cold winds, help alleviate cold stress for residents from May to September and some hours on other days throughout the year. Cooling strategies, including shading and natural ventilation, offer thermal comfort from June to September and there is no need for cooling during the other days of the year. Considering these factors and the traditional architecture of Malayer Plain, the complex is strategically oriented to maximize sunlight exposure and shield against unfavorable monsoon winds from the south. The east-west elongation of the complex ensures efficient absorption of solar energy while reducing the impact of adverse winds.

As the complex was constructed over time, the high density and height of the buildings have given rise to passages and two small and narrow courtyards in the east and south. This has led to a decrease in the space

available for movement of unfavorable winds, along with shading on openings on hot days, resulting in challenges in the narrow passages. The utilization of clay in constructing walls and forming a thick, flat covering of beams with excellent capacity and thermal delay has effectively minimized heat loss during cold days and decreased heat penetration from the outside on hot days within buildings. By installing entrance doors and side windows at specific heights on the south (optimal direction in the region) or east (maximum sunlight in the region) sides of buildings, the interior temperature can be optimized. This setup promotes warmth during cold days and natural ventilation during hot days. It is common practice to keep doors closed and windows and vents blocked in colder weather. Moreover, having counters at building entrances aids in regulating indoor air quality.

## Conclusion

The application of solutions to the architectural design during the majority of the hours from October to May, totaling 3153 hours, falls short in providing adequate thermal comfort for the residents of the complex. As a result, additional heat production is required. The remains of two fireplaces were found in the counter of the fort building, but no other similar structures, like those found in the third layer of Baba Jan Tepe in Luristan, have been identified. Therefore, it is likely that the inhabitants utilized portable metal braziers, similar to the Assyrian types, to generate the necessary heat. Ultimately, the current research demonstrates that the architects of Nush-i Jan possessed ample knowledge regarding various aspects of the local climate and implemented heating and cooling measures to ensure the thermal comfort of the residents throughout different months of the year.

## Acknowledgments

We are grateful to Dr. Saheb Mohammadian Mansoor, assistant professor of the Department of Architecture of Bu-Ali Sina University, Hamedan, for providing the three-dimensional shape of the material architectural remains of the Nush-i Jan complex.

## Observation Contribution

This article is derived from a master's thesis in the field of archeology at Bu-Ali Sina University in Hamedan, which student, Hamed Hajilooei, supervisor Dr. Kazem Mollazadeh and consultant professor Dr. Morteza Maleki took part in its compilation based on the mentioned positions.

## Conflict of Interest

The Authors declares that there is no conflict of interest while observing publication ethics in referencing.

۴۰ پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران

پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500
https://nbsh.basu.ac.ir نشانی پایگاه نشریه:
شمارهٔ ۴۰، دورهٔ چهاردهم، بهار ۱۴۰۳
دانشگاه بوعلی سینا
انجمن علمی باستان‌شناسی ایران

# تحلیل انطباق‌پذیری اقلیمی و تمهیدات گرمایشی و سرمایشی معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان

حامد حاجیلوئی[I]، کاظم ملازاده[II]، مرتضی ملکی[III]

شناسهٔ دیجیتال (DOI): https://dx.doi.org/10.22084/NB.2023.27522.2568
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷
نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۱۲۰-۹۳

## چکیده

مطالعهٔ انطباق‌پذیری اقلیمی معماری یک بنای باستانی با بهره‌مندی از علوم باستان‌شناسی، معماری، جغرافیا، اقلیم‌شناسی کاربردی و دیرین‌اقلیم‌شناسی امکان‌پذیر است. انجام چنین مطالعاتی در ارتباط با مجموعهٔ مذهبی نوشیجان در دشت ملایر متعلق به دورهٔ ماد، اطلاعات نوینی به گسترهٔ دانسته‌هایمان از معماری دورهٔ مذکور می‌افزاید. پژوهش حاضر به‌دنبال ارزیابی سه پرسش اصلی است: ۱) مؤلفه‌های کالبدی معماری مجموعهٔ نوشیجان به‌منظور انطباق‌پذیری آن با شرایط اقلیمی چه بوده است؟ ۲) میزان اثربخشی این مؤلفه‌ها در راستای موضوع مذکور در چه حد بوده است؟ و ۳) تمهیدات گرمایشی یا سرمایشی غیرکالبدی مجموعه چه بوده است؟ اطلاعات لازم به روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی و تحلیل‌های چهار نرم‌افزار اتوکد، کلایمت کنسالتنت، اکوتکت و دیزاین‌بیلدر در حوزهٔ انرژی و معماری گردآوری و به روش توصیفی-تحلیلی پردازش شده است. مؤلفه‌های کالبدی معماری مجموعه شامل جهت‌گیری آن به‌سمت جنوب با کشیدگی شرقی-غربی، تراکم و ارتفاع زیاد بناها و ایجاد معابر و حیاط‌ها با عرض کم، استفاده از خشت در ساخت دیوارها و ایجاد پوشش مسطح تیرپوش، تعبیهٔ یک درگاه ورودی برای اغلب بناها، پنجره‌های جانبی در دیوارهای شرقی و جنوبی و هواکش‌ها، ساخت پیشخوان در ورودی اغلب بناها و دو اجاق مکشوف در اتاق نگهبانی قلعه است. این مؤلفه‌ها در استفاده از حرارت تابشی خورشید و کاهش تأثیرگذاری بادهای نامطلوب در جهت گرمایش ساکنان در تمامی ساعات از اواسط اردیبهشت تا اواسط شهریور و برخی ساعات روزهای دیگر سال و رفع نیاز سرمایشی آنان در تمامی روزهای گرم سال مؤثر است؛ اما به‌کارگیری این راهکارها در اغلب ساعات از اواسط مهر تا اواسط اردیبهشت (درمجموع ۳۱۵۳ ساعت) کافی نبوده و به تولید گرما نیاز بوده است. به احتمال، ساکنان از تمهیدات گرمایشی غیرکالبدی مشابه منقل‌های آتش مکشوف از کاخ‌های امپراتوری آشور استفاده می‌کرده‌اند. درنهایت، انطباق‌پذیری اقلیمی مجموعه با دشت ملایر و اتخاذ تمهیدات گرمایشی و سرمایشی مناسب در آن باعث تأمین آسایش حرارتی ساکنان می‌شده است.

**کلیدواژگان:** معماری ماد، تپه نوشیجان، آسایش حرارتی، انطباق‌پذیری اقلیمی، باستان‌شناسی محیطی.

I. کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

II. دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران. (نویسندهٔ مسئول).

***Email:*** mollazadeh@basu.ac.ir

III. استادیار گروه معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

**ارجاع به مقاله:** حاجیلوئی، حامد؛ ملازاده، کاظم؛ و ملکی، مرتضی، (۱۴۰۳). «تحلیل انطباق‌پذیری اقلیمی و تمهیدات گرمایشی و سرمایشی معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۴(۴۰): ۱۲۰-۹۳. doi: 10.22084/nb.2023.27522.2568

**صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه:**
https://nbsh.basu.ac.ir/article_5190.html?lang=fa

فصلنامهٔ علمی گروه باستان‌شناسی دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقالهٔ چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

**مقدمه**

شرایط اقلیمی مساعد از عوامل مهم در شکل‌گیری استقرار و تداوم حیات انسانی در طول تاریخ است و با توجه به گوناگونی شرایط مذکور در مناطق مختلف زمین، اتخاذ تمهیداتی جهت مناسب‌سازی استقرار جوامع انسانی ضرورت داشته است. شناخت جامع و دقیق نوسانات سالانه، فصلی، ماهانه و روزانه شرایط اقلیمی منطقهٔ موردنظر، گام نخست در مکان‌گزینی استقرار به‌شمار می‌رود که شواهد و داده‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهد این آگاهی از دوران پیش‌ازتاریخ وجود داشته و جهت بهره‌برداری بیشینه از طبیعت و کاهش تأثیرگذاری مخاطرات آن بر زندگی تلاش شده است. به‌تدریج با شکل‌گیری نخستین روستاها، بناهایی در سازگاری با شرایط اقلیمی محیط پیرامون در تمامی طول سال با اتخاذ تمهیدات سرمایشی و گرمایشی ایجاد شد. معماری بناهای مسکونی و مذهبی (معبد منقوش) مکشوف در تپه زاغه تحت عنوان «روستای زاغه» (ملک‌شهمیرزادی، ۱۳۹۱: ۳۲۶-۳۲۷) و واحدهای ساختمانی به‌دست آمده در دورهٔ فرهنگی V تپهٔ سگزآباد در دشت قزوین متعلق به مفرغ متأخر (طلایی، ۱۳۸۵: ۱۴۵-۱۴۶)، نمونه‌هایی از اِشراف زیست‌محیطی در دوران پیش‌ازتاریخ است. جهت‌گیری مجموعهٔ معماری کشف‌شده در این دو محوطه با شرایط اقلیمی منطقهٔ آن‌ها متناسب است. گسترهٔ این تمهیدات، پس از دوران پیش‌ازتاریخ با گسترش جغرافیای استقرارگاه‌های دائمی وسعت یافت.

یکی از جنبه‌های زندگی انسان که در ارتباط مستقیم با آب‌وهوا و اقلیم دارد، معماری است. سبک معماری هر منطقه از جهان تحت‌تأثیر شرایط اقلیمی همان منطقه و انعکاسی از میزان شناخت بشر از اقلیم پیرامون خود است. انتخاب شاخصه‌های کالبدی معماری بنا از خوانش بستر جغرافیایی، تاریخی و اجتماعی منطقه نشأت می‌گیرد (مؤذن و صبرنجی، ۱۴۰۰: ۱۶۸). زمانی‌که تمهیدات سرمایشی و گرمایشی لازم جهت تأمین آسایش حرارتی ساکنان بنا در کالبد معماری آن اندیشیده شود، شرایطی ذهنی در انسان ایجاد می‌شود که بیان‌کنندهٔ احساس رضایت او از شرایط حرارتی محیط است و به آن «محدودهٔ آسایش حرارتی انسان» می‌گویند (حجازی‌زاده و کربلائی‌درئی، ۱۳۹۴: ۲۲). مطالعهٔ آسایش حرارتی انسان در فضای داخلی و خارجی بنا با عنوان «معماری‌های هم‌ساز با اقلیم» در زیرمجموعهٔ علم اقلیم‌شناسی کاربردی مطالعه می‌شود (قانقرمه و روشن، ۱۳۹۷: ۱۲۸).

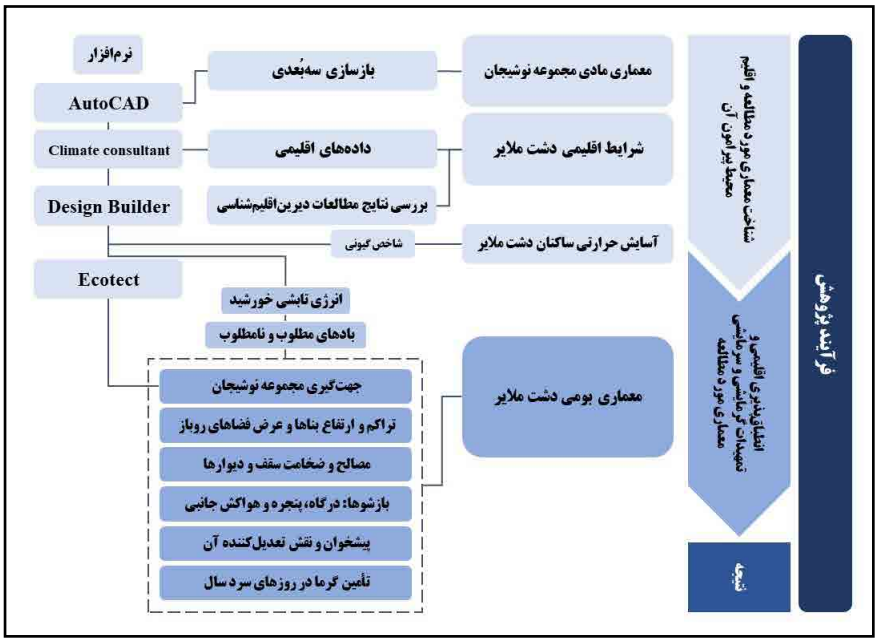
مدارک تاریخی و داده‌های باستان‌شناسی در ارتباط با اقوام ماد اندک بوده و ابهامات بسیاری درمورد جنبه‌های گوناگون زندگی آنان وجود دارد که ازجملهٔ این موارد، عرصهٔ معماری است. مجموعهٔ معماری مکشوف از تپه نوشیجان در دشت ملایر به‌دلیل ماندگاری مناسب می‌تواند اطلاعاتی دربارهٔ جنبه‌های مختلف معماری دورهٔ ماد و به‌طور خاص موضوع انطباق‌پذیری آن در زمان حیات خود با شرایط اقلیمی به‌همراه داشته باشد. کالبد معماری هر بنا جهت تأمین آسایش حرارتی ساکنان آن بایستی تا حد امکان با شرایط اقلیمی محیط پیرامون آن منطبق باشد. اگر انطباق‌پذیری کالبدی معماری کافی نباشد، راهکارهای سرمایشی و گرمایشی جهت تولید برودت یا حرارت در بنا به‌کار گرفته می‌شود. مسأله پژوهش حاضر

شناخت مؤلفه‌های کالبدی معماری و تمهیدات گرمایشی و سرمایشی اندیشیده‌شده در معماری مجموعهٔ مادی نوشیجان متناسب با شرایط اقلیمی دشت ملایر است.

انطباق‌پذیری اقلیمی و تمهیدات سرمایشی و گرمایشی اتخاذ شدهٔ معماری دوران باستان با به‌کارگیری علوم باستان‌شناسی، معماری، جغرافیا، اقلیم‌شناسی کاربردی و دیرین‌اقلیم‌شناسی قابل مطالعه است. مطالعهٔ یک بنای باستانی از لحاظ مبحث انرژی در حوزهٔ شاخه‌ای از علم باستان‌شناسی با عنوان «باستان‌شناسی محیطی» انجام می‌شود. با توجه به عدم انجام چنین مطالعاتی درمورد بناهای دوران تاریخی و پیش‌ازتاریخ ایران، پژوهش حاضر سرآغازی بر انجام این گونه مطالعات بوده و می‌تواند در ارتباط با سایر بناهای دورهٔ ماد و بناهای دوران پیش‌ازتاریخ، هخامنشی، اشکانی و ساسانی نیز انجام شود. مطالعهٔ معماری مجموعهٔ نوشیجان به‌عنوان بقایای معماری شاخص مادی با کاربری مذهبی از این دید می‌تواند مطالب جدیدی به دایرهٔ دانسته‌هایمان از دورهٔ ماد، معماری‌های محوطه‌های هم‌افق یا با شرایط اقلیمی مشابه دشت ملایر بیافزاید.

**پرسش‌ها و فرضیه‌های پژوهش:** پژوهش حاضر به‌دنبال ارزیابی سه پرسش اصلی است: ۱) مؤلفه‌های کالبدی معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان به‌منظور انطباق‌پذیری آن با شرایط اقلیمی چه بوده است؟ ۲) میزان اثربخشی این مؤلفه‌ها در راستای موضوع مذکور در چه حد بوده است؟ و ۳) تمهیدات گرمایشی یا سرمایشی غیرکالبدی مجموعه چه بوده است؟

**روش پژوهش:** مطالب این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی و تحلیل نرم‌افزارهای حوزهٔ انرژی و معماری گردآوری و سپس به روش توصیفی-تحلیلی پردازش شده است (شکل ۱). ابتدا جزئیات مجموعهٔ نوشیجان که در بحث معماری مؤثر است، مطالعه شده و در موارد ضروری طبق شواهد موجود و با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است. در این ارتباط، شبیه‌سازی سه‌بُعدی بقایای معماری مجموعه که در قالب نرم‌افزار اتوکد[1] تهیه شده، وارد نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر[2] شده و در راستای اهداف پژوهش مورد تحلیل قرار گرفته است. جهت انجام چنین پژوهش‌هایی، آگاهی از شرایط اقلیمی منطقه در بلندمدت ضرورت دارد. به‌همین سبب، شرایط اقلیمی دشت ملایر در محدودهٔ زمانی سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۲۲م. مورد مطالعه قرار گرفته و داده‌های خام اقلیمی لازم توسط نرم‌افزار کلایمت کنسالتنت[3] از طریق درگاه اینترنتی انرژی‌پلاس[4] استخراج شده است. این درگاه اینترنتی، اطلاعات خود را از داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی به‌دست می‌آورد. در ادامه، با واردکردن اطلاعات مذکور به نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، خروجی‌های کمی و نموداری درمورد ارتباط داده‌های یادشده با آسایش حرارتی ساکنان به‌دست آمده است. مطالعات دیرین‌اقلیم‌شناسی دورهٔ ماد نیز در این‌راستا مطالعه شده و سپس براساس تحلیل شرایط اقلیمی دشت مذکور و آسایش حرارتی ساکنان آن، انطباق‌پذیری مؤلفه‌های کالبدی و غیرکالبدی مجموعهٔ مورد بررسی قرار گرفته است. در این مرحله نیز از نرم‌افزار اکوتکت[5] برای تشخیص جهت‌گیری بهینهٔ منطقه استفاده و خروجی آن با مدل‌سازی‌های نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر تطابق داده شده است.




**شکل ۱: نمودار فرآیند انجام پژوهش (سلسله‌مراتب با رنگ‌بندی و خطوط مشخّص شده است)، (نگارندگان، ۱۴۰۰).** ◄

**Fig. 1: Chart of the research process(hierarchy is identified by coloring and lines), (Authors, 2021).**

## پیشینهٔ پژوهش

دانسته‌های ما درمورد معماری مادی نوشیجان براساس انتشارات کاوشگر این محوطه است. «دیوید استروناخ»، نتایج پنج فصل کاوش خود را در این محوطه در قالب مقالات متعدد و کتابی با همکاری «مایکل روف» منتشر کرده است (Stronach, 1968; 1969; Stronach & et al., 1978; Stronach & Roaf, 2007). کتاب مذکور توسط «کاظم ملازاده» به فارسی ترجمه شده است (استروناخ و روف، ۱۳۹۰). ملازاده هم‌چنین در قالب کتاب خود به معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان پرداخته است (ملازاده، ۱۳۹۳). او به‌همراه «صاحب محمدیان‌منصور»، شیوهٔ طاق‌زنی دورهٔ ماد در مجموعهٔ مذکور را مطالعه و معرفی کرده است (ملازاده و محمدیان‌منصور، ۱۳۹۰). تاکنون پژوهشی در ارتباط با انطباق‌پذیری اقلیمی و تمهیدات سرمایشی و گرمایشی معماری دوران تاریخی ایران و به‌طور خاص دورهٔ مورد بحث انجام نشده است. اما مقالاتی درمورد معماری دوران اسلامی و معاصر ایران منتشر شده است. «حجازی‌زاده» و «کربلائی‌درئی» در مطالعه‌ای کلی به آسایش حرارتی در ایران پرداخته‌اند (حجازی‌زاده و کربلائی‌درئی، ۱۳۹۴). «ظهوری قره‌درویشلو»، معماری سازگار با اقلیم سرد و کوهستانی اردبیل را درمورد خانه‌های تاریخی این شهر مطالعه کرده است (ظهوری‌قره‌درویشلو، ۱۳۹۴). «نژادابراهیمی» و «تأملی»، جهت‌گیری معماری خانه‌های تبریز را مورد مطالعه قرار داده‌اند (نژادابراهیمی و تأملی، ۱۳۹۷). «زارع مهذبیه» و همکارانش، کیفیت محیطی فضای داخلی خانهٔ نعمتی شیراز را در ارتباط با آسایش حرارتی بررسی کرده‌اند (زارع‌مهذبیه و همکاران، ۱۳۹۸). «کرمی‌راد» و همکارانش، میزان آسایش حرارتی را در حیاط خانه‌های قاجاری شیراز تحلیل کرده‌اند (کرمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۸). «زنگنه» و «برزگر»، میزان آسایش حرارتی داخلی و خارجی بخش‌هایی از خانهٔ تولایی شیراز را با یک‌دیگر مقایسه کرده‌اند (زنگنه و برزگر، ۱۳۹۷). ثروتی و لطیفی، معیارهای اقلیمی را براساس کیفیت

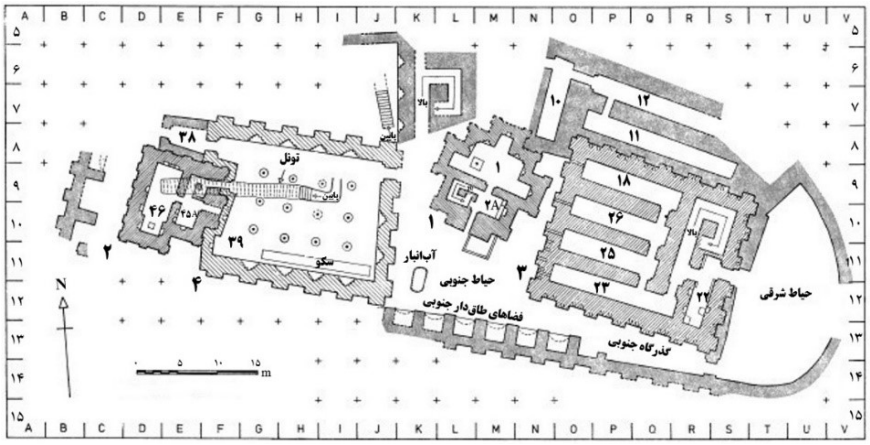
و جهت‌یابی باد غالب در ارتباط با طراحی مدل جغرافیایی میدان نبوت شرق تهران ارزیابی کرده‌اند (ثروتی و لطیفی، ۱۴۰۰). «جعفریان» و همکارانش، تأثیر سایه بر آسایش حرارتی را در فضای باز مطالعه کرده‌اند (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۹). «برزگر» و «حیدری» نیز به بررسی نقش عمق و سایه در معماری خانه‌های سنتی شیراز پرداخته‌اند (برزگر و حیدری، ۱۳۹۶). «کریم‌زاده» و همکارانش، عملکرد عناصر اقلیمی را در ایوان خانه‌های تاریخی شیراز مورد سنجش قرار داده‌اند (کریم‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰). بقایای تمهیدات گرمایشی کالبدی و غیرکالبدی در معماری برخی محوطه‌های هم‌جوار با تپه نوشیجان نیز کشف شده است. «کلر گوف» در گزارش کاوش باباجان‌تپهٔ لرستان، بخاری‌های دیواری مکشوف از طبقهٔ III را معرفی کرده است (Goff, 1970: 146; 1977: 105-107). «دیوید کرتای» در بخشی از کتاب خود به توصیف منقل‌های فلزی آتش مکشوف از کاخ‌های امپراتوری آشور پرداخته است (Kertai, 2015: 185-186). «تورنر» نیز در مقاله‌ای، مؤلفه‌های کالبدی معماری و شیوهٔ گرمایش کاخ‌های مذکور را بررسی کرده است (Turner, 1970).

## معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان

تپه نوشیجان با سطحی بیضوی‌شکل به وسعت ۴۰×۱۰۰ و ارتفاع حدود ۳۷متر در حدود ۶۰کیلومتری جنوب شهر همدان و ۲۰کیلومتری غرب شهر ملایر در دشتی به‌همین‌نام واقع شده است (استروناخ و روف، ۱۳۹۰: ۴-۱۰)، (شکل ۲). این محوطه در سال ۱۹۶۵م. شناسایی و در سال‌های ۱۹۶۷-۱۹۷۷م. طی پنج فصل به سرپرستی استروناخ کاوش شده است (همان: ۲۰-۲۷). براساس نتایج به‌دست آمده، بقایای معماری شاخصی از دورهٔ ماد متعلق به حدود سال‌های ۸۰۰-۶۵۰پ.م. در این محوطه شناسایی شده است که مجموعه‌ای شامل: معبد مرکزی، معبد غربی قدیمی، قلعه (مجموعهٔ انبارها)، تالار شمالی، فضاهای طاق‌دار و گذرگاه جنوبی، فضاهای طاق‌دار غربی، انبارهای شمالی و تالار ستون‌دار اصلی است (همان: ۳۱-۱۷۰؛ ۲۳۲-۲۳۷).

عمده مصالح به‌کار رفته در مجموعهٔ مادی نوشیجان، خشت‌های استاندارد مادی به ابعاد ۱۲×۲۴×۴۰سانتی‌متر است که با ملاط گل به‌کار گرفته شده و سطوح داخلی و خارجی آن با گِل اندود شده است. دو معبد مرکزی و غربی قدیمی به‌طور مستقیم روی بستر سنگی سطح تپه و بناهای قلعه و تالار ستون‌دار اصلی با تاریخی متأخر نسبت به دو بنای پیشین روی صفه‌ای خشتی ساخته شده است. دو حیاط جنوبی و شرقی در نتیجهٔ ساخت‌وسازهای تدریجی بناهای مجموعه شکل‌گرفته است. دروازه ورودی مجموعه نیز به حیاط شرقی گشوده می‌شده است. احتمال می‌رود ارتفاع اولیهٔ بناهای اصلی به حدود ۱۰متر می‌رسیده است. اغلب بناها دارای پیشخوانی با یک درگاه ورودی هستند. پوشش برخی فضاها مانند پیشخوان معابد مرکزی و غربی قدیمی، انبارهای قلعه و فضاهای طاق‌دار جنوبی و غربی به‌صورت طاقی و برخی قسمت‌ها مانند فضای اصلی معبد مرکزی، طبقهٔ دوم قلعه (احتمالی) و تالارهای ستون‌دار

به‌شکل مسطح تیرپوش بوده است. اغلب دیوارها در ارتفاع ۱متری دارای حفرهٔ هواکش است. بعضی فضاها به‌صورت دو طبقه بوده و احتمال می‌رود بنای قلعه نیز دارای طبقهٔ دومی با کاربری مسکونی یا تشریفاتی بوده است (استروناخ و روف، ۱۳۹۰: ۳۱-۲۱۶).




**شکل ۲: مجموعهٔ بقایای معماری استقرار اصلی مادی تپه نوشیجان؛ ۱) معبد مرکزی، ۲) معبد غربی قدیمی، ۳) قلعه و ۴) تالار ستون‌دار (Stronach & et al., 1978: 2).** ◄

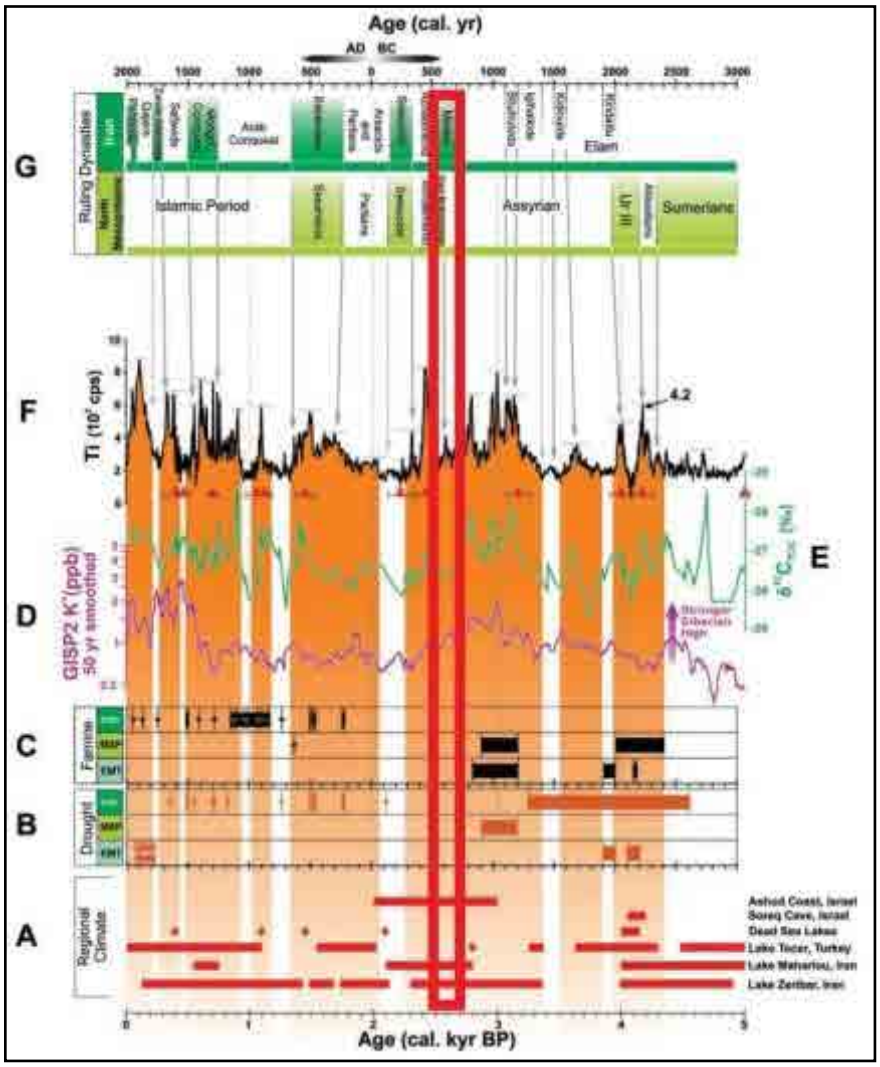
**Fig. 2: The complex of architectural remains of the Median main settlement of Tepe Nush-i Jan; 1) Central Temple, 2) Old Western Temple, 3) The Fort and 4) Columned Hall(Stronach & et al., 1978: 2).**

## شرایط اقلیمی دشت ملایر و آسایش حرارتی ساکنان آن

دشت ملایر در چین‌خوردگی‌های شرقی زاگرس‌مرکزی و غرب ایران در منطقه‌ای کوهستانی واقع شده است. ارتفاع این دشت نسبت به سطح آب‌های آزاد در نزدیکی تپهٔ باباکمال به ۱۷۵۰متر می‌رسد. آب‌های سطحی حوضهٔ آب‌ریز این دشت ازطریق ذوب برف، چشمه‌ها و رودهای دائمی تأمین می‌شود. منطقهٔ مذکور دارای برآمدگی‌هایی از جنس سنگ شیستی است که مجموعهٔ معماری نوشیجان روی یکی از آن‌ها قرار دارد. الگوی آب‌وهوایی این دشت، قاره‌ای است که با زمستان‌های سرد و طولانی و تابستان‌های گرم و کوتاه همراه است (استروناخ و روف، ۱۳۹۰: ۴-۶). سه گروه تودهٔ آب‌وهوایی، دشت ملایر را در طول سال تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. توده‌های شمالی از سمت شمال وارد استان شده و باعث کاهش میزان دما و افزایش میزان بارش به‌صورت برف می‌شود. توده‌های غربی از سمت غرب، جنوب‌غرب و شمال‌غرب وارد استان شده و باعث کاهش نسبی دما و افزایش بارش می‌شود. توده‌های جنوبی نیز از عرض‌های جنوبی وارد استان شده و باعث افزایش دما و کاهش یا قطع بارندگی می‌شود (سالنامهٔ آماری استان همدان، ۱۳۹۹: ۵۱).

براساس مطالعات دیرین‌اقلیم‌شناسی نهشته‌های دریاچه‌های مهارلوی شیراز و زریبار مریوان، آب‌وهوای منطقه در دورهٔ ماد مساعد و پایدار بوده است (Matthews & Fazeli Nashli, 2022: 398, Fig. 11.3). با توجه به موقعیت جغرافیایی نقاط مطالعه‌شده، می‌توان نتایج این مطالعات را برای دشت ملایر نیز تعمیم داد.

میزان دمای خشک و رطوبت نسبی هوای دشت ملایر به‌صورت ساعتی در ماه‌های مختلف سال نسبت به محدودهٔ آسایش حرارتی ساکنان با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر براساس داده‌های اقلیمی نرم‌افزار کلایمت کنسالتنت تحلیل شده است (شکل ۴). محور افقی، ساعات شبانه‌روز و محور عمودی، میزان

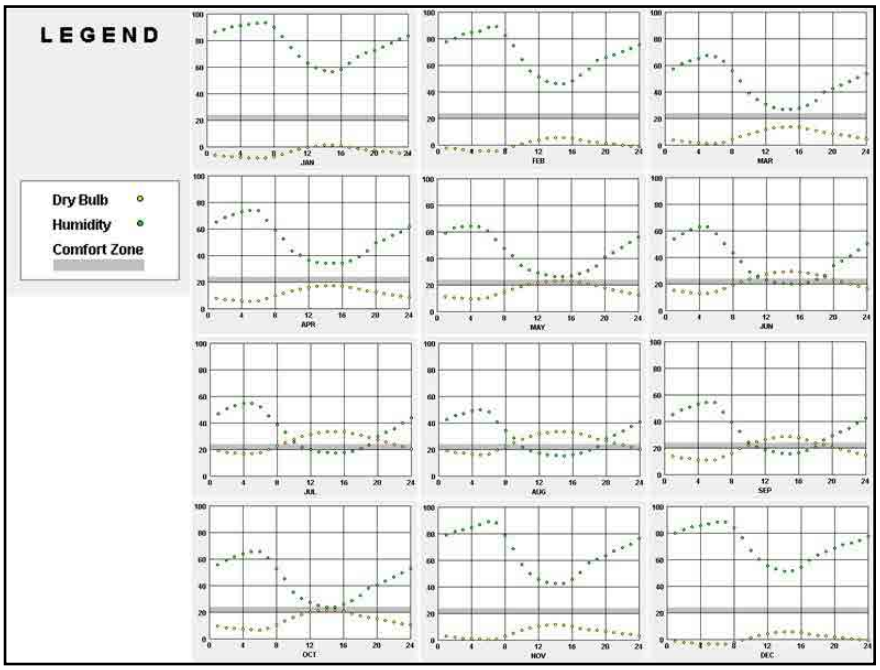



**◄ شکل ۳: نمودار مطالعات دیرین‌اقلیم‌شناسی در ارتباط با ایران و منطقه شمال بین‌النهرین در بازهٔ زمانی سال‌های ۳۰۰۰ پ.م. تا ۲۰۰۰م. (بخش قرمزرنگ مربوط به دورهٔ ماد)، (Matthews & Fazeli Nashli, 2022: 398, Fig. 11.3).**

**Fig. 3: Chart of Paleoclimatological studies in connection with Iran and the northern Mesopotamia region in the period of 3000 B.C. Until 2000 A.D., (the red part related to the Median period)(Matthews & Fazeli Nashli, 2022: 398, Fig. 11.3).**

دمای خشک و رطوبت نسبی به‌ترتیب بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد (°C) و درصد و با نقطه‌چین زرد و سبز مشخص شده است. میزان دمای خشک از اواسط آبان تا اواسط فروردین در تمامی ساعات شبانه‌روز پایین‌تر از آسایش حرارتی است که علت این موضوع، ورود توده‌های آب‌وهوایی غربی به منطقه است. برودت هوا در این مدت به‌حدی است که تولید گرما ضرورت دارد. میزان دمای خشک از اواسط فروردین تا اواسط شهریور به‌دلیل ورود توده‌های آب‌وهوایی جنوبی به‌تدریج در برخی ساعات بیش از آسایش حرارتی قرار می‌گیرد؛ اما تنش گرمایی حاصل از آن با سرمایش طبیعی قابل کنترل است. این مقدار از اواسط شهریور تا اواسط آبان با ورود توده‌های آب‌وهوایی شمالی دچار سیر نزولی می‌شود که در ساعات میانی روز در محدودهٔ آسایش حرارتی و در ساعاتی نیز پایین‌تر از آن قرار دارد. تنش سرمایی این بازهٔ زمانی با گرمایش طبیعی قابل رفع است. میزان رطوبت نسبی هوا نیز در اغلب ساعات شبانه‌روز در طول سال بیش از مقداری است که ساکنان حس آسایش داشته باشند.

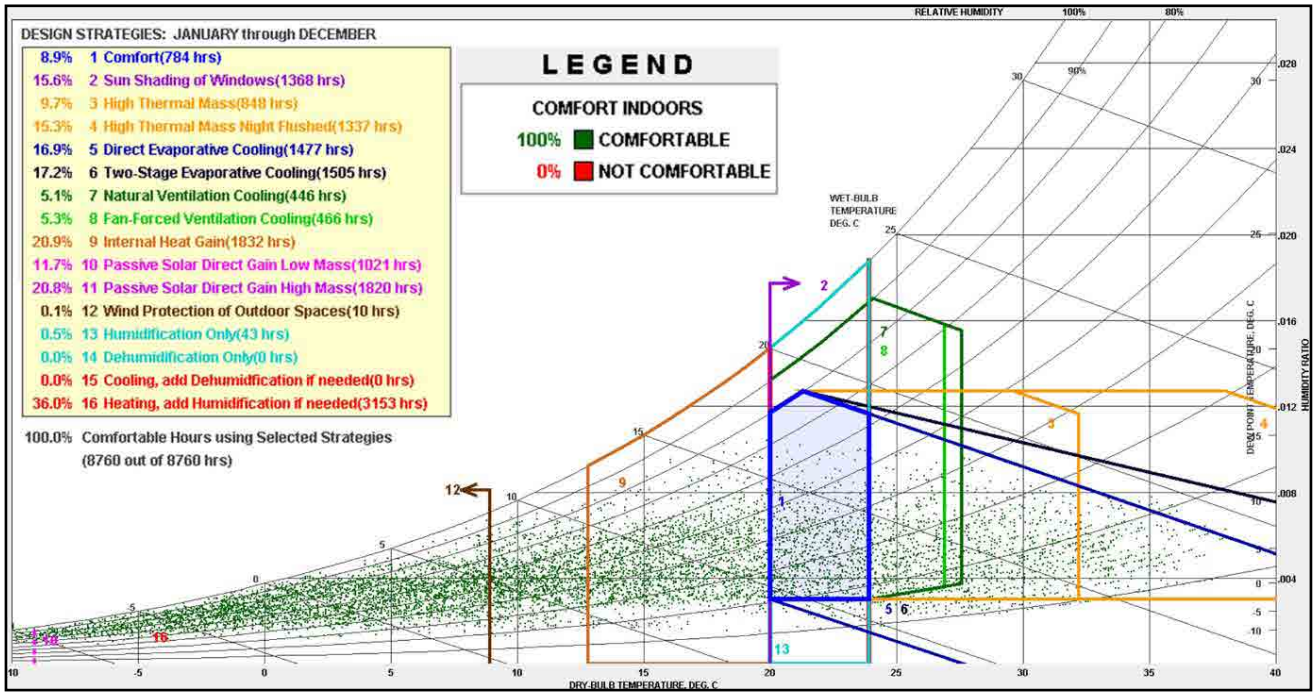
بیشینهٔ میزان دمای خشک هوا در دشت ملایر در ساعات ۱۴-۱۵ است و پس از آن روند کاهشی به خود می‌گیرد تا در ساعات ۵-۷ به کمینهٔ مقدار خود می‌رسد. پس از آن به‌طور مجدد افزایش پیدا می‌کند. همواره این میزان در تمامی طول سال در ساعات ۱-۷ پایین‌تر از محدودهٔ آسایش حرارتی ساکنان قرار دارد. باور مردم بومی دشت ملایر درمورد شرایط اقلیمی منطقه این است که: «آغاز هر فصلِ سال از نیمهٔ ماه آخر فصل پیشین است»؛ به‌طور مثال، آغاز جریان‌یافتن هوای بهاری از اواسط اسفند است.




**شکل ۴: نمودار سنجش میزان دمای خشک و رطوبت نسبی هوای دشت ملایر در ساعات مختلف هر ماه نسبت به محدودهٔ آسایش حرارتی ساکنان آن (نگارندگان، ۱۴۰۰). ◄**

**Fig. 4: The graph of measuring the dry temperature and relative humidity of the air in the Malayer Plain(at different hours of each month in relation to the thermal comfort range of its inhabitants (Authors, 2021).**

اغلب نمودارهای سنجش میزان آسایش حرارتی براساس میزان دما و رطوبت نسبی عمل می‌کنند (عیالی و موحد، ۱۳۹۵: ۱۶۲). «گیونی»[۶]، یکی از این نمودارها است که شرایط آسایش حرارتی ساکنان دشت ملایر را با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر و براساس داده‌های اقلیمی نرم‌افزار کلایمت کنسالتنت در مقیاس ۳۶۵ روز معادل ۸۷۶۰ ساعت (یک‌سال خورشیدی) تحلیل کرده و آن‌دسته از نتایج حاصل‌شده را که در راستای محور پژوهش حاضر قرار دارد، در جدول آورده شده است (شکل ۵ و جدول ۱). محور افقی نمودار، میزان دمای خشک هوا بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد و محور عمودی آن، میزان رطوبت نسبی برحسب درصد را نشان می‌دهد. محدودهٔ هر نمودار با رنگ و شمارهٔ مجزا مشخص شده است. نقاط سبزرنگ نیز نشان‌دهندهٔ شرایطی است که با اتخاذ تمهیداتی می‌توان ساکنان را در آسایش حرارتی قرار داد. بر این‌اساس، ساکنان منطقه به‌میزان ۸/۹٪ معادل ۷۸۴ ساعت (بخش شمارهٔ ۱) در طول سال در آسایش حرارتی قرار دارند که دمای C۲۰°-۲۳/۵ و رطوبت نسبی ۲۰-۸۰٪ را شامل می‌شود. چنین شرایطی از اواسط اردیبهشت تا اواسط مهر در برخی ساعات رخ می‌دهد. هر یک از راهکارها به‌میزان درج‌شده در




▲ **شکل ۵: نمودار سایکرومتریک دشت ملایر (نگارندگان، ۱۴۰۰).**

**Fig. 5: Psychometric chart of the Malayer Plain (Authors, 2021).**

جدول ۱، می‌تواند باعث افزایش میزان آسایش حرارتی آنان شود. استفاده از حرارت نور خورشید و کاهش تأثیرگذاری باد از اواسط اردیبهشت تا اواسط شهریور در ساعات سرد جهت کاهش تنش سرمایی ساکنان کافی است؛ ولی اغلب ساعات روزهای دیگر سال که درمجموع ۳۱۵۳ ساعت محاسبه شده است، میزان دمای خشک به زیر ۱۰-C۹° رسیده، گرمایش طبیعی کافی نبوده و نیاز به تولید گرما وجود دارد. سایه‌اندازی روی بازشوها و کوران یا تهویهٔ طبیعی هوا از اواسط خرداد تا اواسط شهریور تا حدودی نیاز سرمایشی ساکنان را تأمین کرده و در سایر روزهای سال نیز به سرمایش نیازی نیست؛ بنابراین، رعایت تمهیدات گرمایشی در کالبد معماری در مقایسه با تمهیدات سرمایشی جهت دست‌یابی به آسایش حرارتی در دشت ملایر ضرورت بیشتری دارد. هر یک از تمهیدات گرمایشی و سرمایشی مندرج در جدول ۱، با توجه مؤلفه‌های کالبدی معماری مجموعهٔ نوشیجان در بخش بعدی، تحلیل شده است.

◄ **جدول ۱: نتایج حاصل از نمودار تحلیل شرایط آسایش حرارتی ساکنان دشت ملایر براساس شاخص گیونی (نگارندگان، ۱۴۰۰).**

**Tab. 1: The results of the psychometric chart of Malayer Plain (Authors, 2021).**

| مفهوم محدوده | ماهیّت | شمارهٔ بخش مربوطه در نمودار | میزان تأثیرگذاری بر آسایش حرارتی ساکنان | |
|---|---|---|---|---|
| | | | درصد | میزان ساعات |
| آسایش حرارتی | آسایش | ۱ | ۸/۹ | ۷۸۴ |
| سایه‌اندازی روی بازشوها | سرمایشی | ۲ | ۱۵/۶ | ۱۳۶۸ |
| تهویهٔ طبیعی | سرمایشی | ۷ | ۵/۱ | ۴۴۶ |
| استفاده از حرارت غیر فعّال نور خورشید | گرمایشی | ۱۰ | ۱۱/۷ | ۱۰۲۱ |
| کاهش تأثیرگذاری باد | گرمایشی | ۱۲ | ۰/۱ | ۱۰ |
| رطوبت‌زدایی | گرمایشی | ۱۴ | ۰ | ۰ |
| تولید برودت | سرمایشی | ۱۵ | ۰ | ۰ |
| تولید حرارت | گرمایشی | ۱۶ | ۳۶ | ۳۱۵۳ |

## انطباق‌پذیری اقلیمی و تمهیدات گرمایشی و سرمایشی مجموعهٔ نوشیجان

### ۱) معماری بومی دشت ملایر

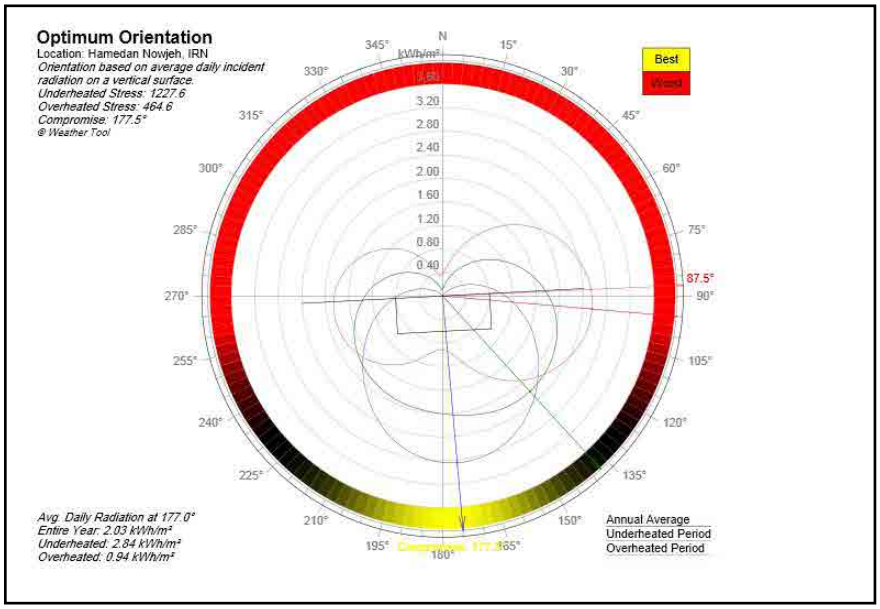
معماری بومی دشت ملایر به مانند سایر مناطق استان همدان است. منازل از خشت ساخته شده و پوشش اغلب آن‌ها از نوع مسطح تیرپوش است. در بیشتر موارد، انبارهای بزرگ خشتی جهت ذخیرهٔ غلات در طبقهٔ هم‌کف ایجاد شده است (استروناخ و روف، ۱۳۹۰: ۶). به‌طور نمونه، چهار روستای نکلیل‌آباد[۷]، شوشاب[۸]، جیجان‌رود[۹] و اسکنان[۱۰] در پیرامون تپه نوشیجان انتخاب و معماری آن‌ها طی یک بازدید میدانی و نیز با استفاده از تصاویر هوایی مورد بررسی قرار گرفته است. بر این‌اساس مشخص شد هر یک از بناها در راستای شرقی-غربی (هم‌راستا با مجموعهٔ مادی نوشیجان) در اراضی‌ای به‌شکل طولی در کنار یک‌دیگر و پشت به‌سمت غرب با بازشوهایی به‌سمت شرق ساخته شده است.

### ۲) جهت‌گیری مجموعهٔ نوشیجان

جهت‌گیری بنا، یکی از مؤلفه‌هایی است که در مواجهه با عوامل طبیعی در مبحث گرمایش و سرمایش نقش تعیین‌کننده دارد (تابان و همکاران، ۱۳۹۱: ۲). برآیند میزان تأثیرگذاری عوامل طبیعی بر این موضوع باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود (کرمی‌کردعلیوند و نارنگی‌فرد، ۱۳۹۶: ۹۸). میزان تعادل در نقشهٔ بنا، وضعیت معماری بناها در همسایگی با یک‌دیگر، سنت‌های فرهنگی، منظر و شیب زمین از عواملی است که می‌تواند در جهت‌گیری نقش داشته باشد (نژادابراهیمی و تأملی، ۱۳۹۷: ۵).

کالبد معماری بنا در هر اقلیمی باید به‌نحوی طراحی شود که بیشینهٔ میزان حرارت حاصل از تابش نور خورشید را به‌عنوان عامل طبیعی عمده در گرمایش در روزهای سرد و کمینهٔ میزان آن‌را در روزهای گرم دریافت کند (ثروتی و لطیفی، ۱۴۰۰: ۲۵۷). بهره‌مندی مناسب کالبد معماری بنا در دشت ملایر از حرارت نور خورشید (انرژی تابشی غیرفعال) به‌میزان ۱۱/۷٪ معادل ۱۰۲۱ ساعت می‌تواند به‌مدت زمان آسایش حرارتی ساکنان بیافزاید که در برخی ساعات که دما ۱۰°C-۱۸ با هر میزان رطوبت نسبی است، نیاز حرارتی ساکنان را برطرف می‌کند (شکل ۵ و جدول ۱). این شرایط از اواسط اسفند تا اواسط خرداد و از اواسط شهریور تا اواسط آبان برای آسایش حرارتی ساکنان مناسب است (شکل ۴).

جهت‌گیری بهینهٔ بنا نسبت به آزیموت[۱۱] تابش نور خورشید در استان همدان با استفاده از نرم‌افزار اکوتکت و براساس شرایط اقلیمی روزانه مشخص شده است (شکل ۶). بر این‌اساس، بیشینهٔ میزان حرارت نور خورشید در آزیموت ۸۷/۵°-۹۵° یعنی از سمت شرق دریافت می‌شود. بیشینه و کمینهٔ انرژی تابشی در این آزیموت به‌ترتیب ۲/۵۵ و ۰/۳۸ کیلووات ساعت بر متر مربع است. جهت‌گیری بهینه در آزیموت ۱۷۷/۰°، یعنی به‌طور تقریبی جهت جنوب محسوب می‌شود. بیشینه و کمینهٔ حرارت دریافتی در این آزیموت به‌ترتیب ۲/۸۴ و ۰/۹۴ کیلووات ساعت بر مترمربع است. میانگینی از دو آزیموت مذکور نیز آزیموت ۱۳۷/۵° است که بیشینه و



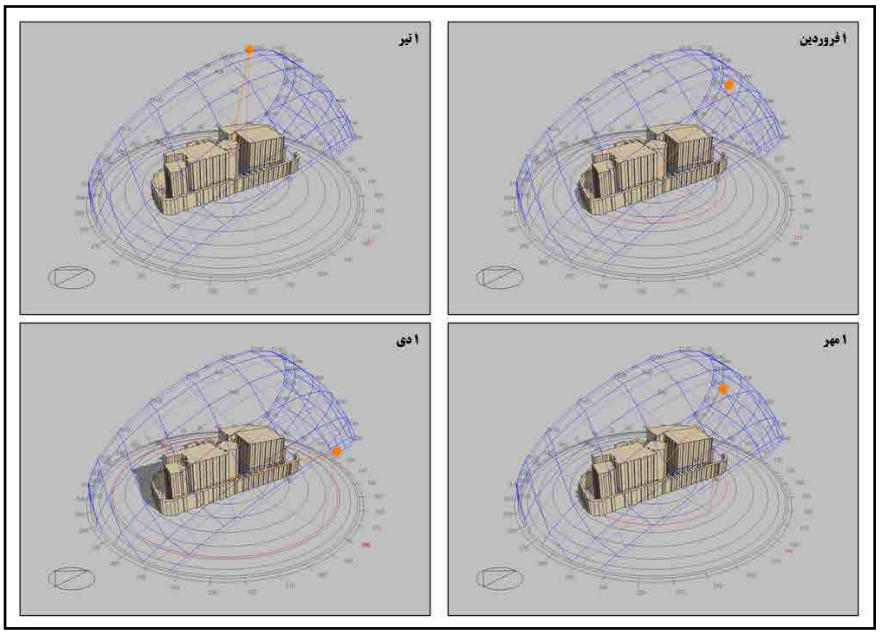

**◄ شکل ۶: نمودار جهت‌گیری بهینهٔ بنا در استان همدان (نگارندگان، ۱۴۰۰).**

**Fig. 6: Diagram of optimal building orientation in Hamadan province (Authors, 2021).**

کمینهٔ حرارت تابشی در آن به‌ترتیب برابر با ۲/۲۰ و ۰/۱۸ کیلووات ساعت بر متر مربع است؛ بنابراین، جهت‌گیری بهینهٔ بنا در استان همدان به‌طور تقریبی با کشیدگی در راستای شرقی-غربی و رو به‌سوی جنوب است.

نتایج حاصل از نرم‌افزار اکوتکت با شبیه‌سازی مجموعه در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر و آزیموت تابش نور خورشید در ساعت ۱۲ ظهر روز نخست هر فصل سال نسبت به آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به‌دست آمده از هر دوی آن‌ها، با یک‌دیگر مطابقت دارند (شکل ۷). راستای قرارگیری مجموعهٔ نوشیجان و کشیدگی آن به‌طور تقریبی شرقی-غربی است. به‌نظر می‌رسد با توجه به این موضوع که در مکان‌گزینی احداث این مجموعهٔ مذهبی، ارتفاع مکان برای اِشراف به منطقه و جهت‌گیری مناسب مجموعه نسبت به آزیموت تابش نور خورشید مدنظر معماران بوده است، این تپه انتخاب شده است؛ زیرا توپوگرافی سطح آن امکان ساخت مجموعه با کشیدگی در راستای مذکور را می‌داده و اندک انحراف موجود نیز به‌علت توپوگرافی آن است. گرچه محدودیتی ازلحاظ وسعت در مراحل ابتدایی ساخت‌وسازها وجود نداشته و با گسترس مجموعه به‌وجود آمده است.

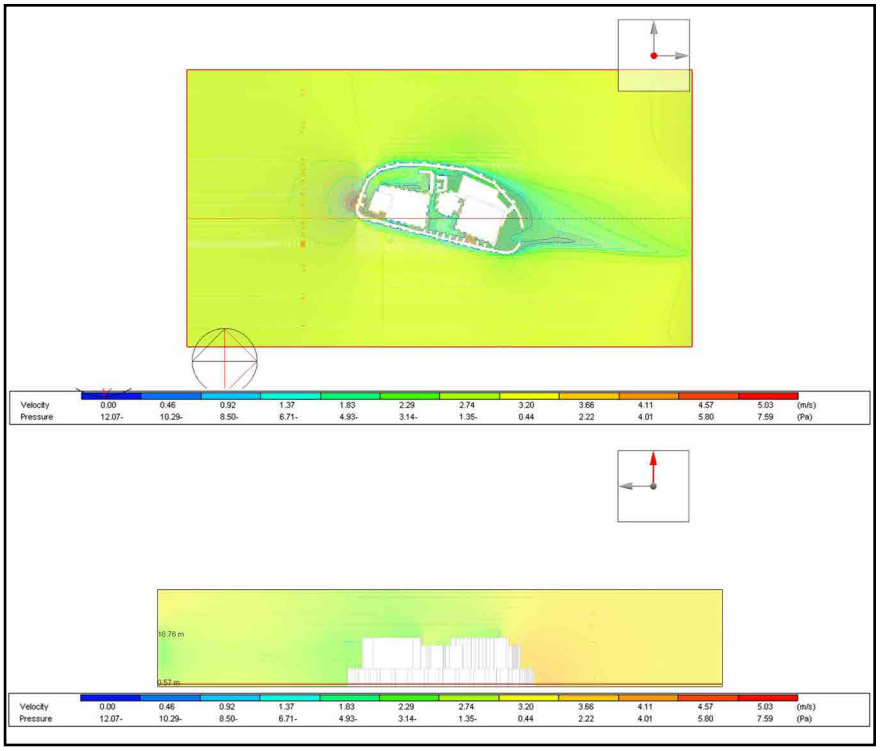
مطالعات نشان می‌دهد عامل باد درمیان متغیرهای اقلیمی بیش از سایر متغیرها در روزهای سرد بر آسایش حرارتی ساکنان اقلیم سرد و خشک مؤثر است (یادگاری و سجادزاده، ۱۴۰۰: ۲۴). جهت‌گیری مناسب بنا در مواجهه با باد نامطلوب باعث می‌شود باد عرض کمتری از بنا را دربر گرفته و از تأثیرگذاری آن کاسته شود (همان: ۲۴-۲۵). اجرای این راهکار در مجموعهٔ نوشیجان باعث افزایش آسایش حرارتی ساکنان به میزان ۰/۱٪ معادل ۱۰ ساعت در طول سال شده و در دماهای کمتر از C°۹ از افزایش تنش سرمایی ساکنان جلوگیری می‌کند (شکل ۵ و جدول ۱). این راهکار گرمایشی در تمامی ساعات از اواسط آذر تا اواسط بهمن و برخی ساعات از اواسط بهمن تا اواسط فرودین و اواسط مهر تا اواسط آبان کارآیی دارد (شکل ۴).




**شکل ۷: طرح‌های جهت‌گیری معماری مجموعهٔ نوشیجان (شبیه‌سازی‌شده)؛ آزیموت تابش خورشید در روز نخست هر یک از فصول سال در ساعت ۱۲ (نگارندگان، ۱۴۰۰).◄**

**Fig. 7: Architectural orientation plans of Nush-i Jan complex (simulated); Azimuth of sunlight on the first day of each season at 12 o'clock (Authors, 2021).**

جهت‌گیری مجموعه به‌نحوی است که نسبت به راستای حرکتی بادهای غربی از کمترین سطح تماس خارجی با آن برخوردار بوده و پشت به مسیر حرکتی بادهای شمالی دارد تا میزان تأثیرگذاری بادهای سرد و نامطلوب تا حد امکان کاهش‌یابد (شکل ۸). بادهای غربی و شمالی سرد و نامطلوب است، با این تفاوت که بادهای غربی از سرعت بیشتری برخوردار بوده و تأثیر بیشتری بر مجموعه نسبت به بادهای شمالی دارد.




**شکل ۸: طرح‌های برآیند سالانه تأثیرگذاری جهت، سرعت و میزان تأثیرگذاری باد بر کالبد خارجی معماری مجموعهٔ نوشیجان (شبیه‌سازی‌شده)؛ بالا) دید پرنده به‌صورت عمود و پایین) دید ناظر از جنوب (نگارندگان، ۱۴۰۰). ◄**

**Fig. 8: Diagram of the annual result of influencing the direction, speed and degree of wind influence on the outer body of the architecture of Nush-i Jan complex (simulated); Top) vertical bird's eye view and bottom) observer's view from south (Authors, 2021).**

### ۳) تراکم و ارتفاع بناها و عرض فضاهای روباز

تراکم و ارتفاع بناها و عرض معابر روباز در میزان دریافت حرارت نور خورشید و تأثیرگذاری باد مؤثر است(محبوبی و آذر، ۱۳۹۹: ۱۴۷). به‌طورکلی، محصور بودن نسبی بنا در اقلیم سرد به تأمین آسایش حرارتی ساکنان آن کمک می‌کند (برزگر و حیدری، ۱۳۹۶: ۲۴). با افزایش مساحت و مدت‌زمان سایه‌اندازی، بخشی از سرمایش بنا تأمین‌شده و با کاهش آن، بخشی از نیاز گرمایشی بنا برطرف می‌شود (تابان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰).

محصور بودن نسبی بنا باعث ایجاد سایه در فضای خارجی آن به‌خصوص در مقابل آستانهٔ درگاه ورودی به فضای داخلی و روی دیوار بنا در روزهای گرم و گردش جریان هوای گرم در منطقه سایه می‌شود که دمای آن‌را پیش از تأثیرگذاری بر سطح دیوارهای خارجی و ورود به فضای داخلی کاهش می‌دهد (برزگر و حیدری، ۱۳۹۶: ۲۴). سایه‌اندازی مناسب روی بازشوها باعث افزایش آسایش حرارتی ساکنان مجموعهٔ نوشیجان به‌میزان ۱۵/۶٪ معادل ۱۳۶۸ ساعت شده و لزوم به‌کارگیری آن در دماهای بیش از C۲۰° با هر میزان رطوبت نسبی است (شکل ۵ و جدول ۱). این راهکار سرمایشی از اواسط اردیبهشت تا اواسط مهر در منطقه مؤثر است (شکل ۴).

بادهای گرم توده‌های آب‌وهوایی جنوبی در روزهای گرم با عبور از مناطق سایه در فضای خارجی بناهای مجموعه در ساعات قبل و بعد از ظهر که مساحت بخش‌های سایه بیشتر است، دمایش کاهش‌یافته و سپس بر بنا تأثیر می‌گذارد. با توجه به این‌که آزیموت تابش نور خورشید در روزهای سرد به‌صورت مایل و در روزهای گرم به راستای عمود نزدیک‌تر است، تراکم زیاد بناهای مجموعه پس از احداث تمامی بناها، در روزهای مذکور به‌ترتیب در گرمایش و سرمایش آن تأثیر مناسبی داشته است (شکل ۷).

افزایش شکست معابر در یک بافت معماری باعث کاهش میزان کوران و گردش جریان هوا در آن می‌شود (مؤذن و صبرنجی، ۱۴۰۰: ۱۶۲). ساخت تدریجی مجموعهٔ نوشیجان بدون نقشه قبلی باعث ایجاد شکست‌های زیادی در معابر میان بناها شده است که در برابر بادهای سرد و نامطلوب غربی و شمالی یک تمهید گرمایشی به‌شمار می‌رود.

وسعت حیاط در مناطقی که رعایت تمهیدات گرمایشی ضرورت بیشتری دارد، در مقایسه با مناطق گرم کمتر است (ظهوری‌قره‌درویشلو، ۱۳۹۴: ۲۲۳). دو حیاط جنوبی و شرقی به‌دلیل ساخت‌وساز تدریجی مجموعه شکل‌گرفته است و به‌نظر نمی‌رسد براساس طرحی از پیش تعیین‌شده ایجاد شده باشد.

### ۳) مصالح و ضخامت سقف و دیوارها

کالبد خارجی بنا به‌عنوان مرز تبادل حرارت میان فضای داخلی و خارجی در سرمایش و گرمایش آن نقش دارد (کریم‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۹۰). گرما همواره از محیطی با دمای بیشتر به محیطی با دمای کمتر منتقل می‌شود (منشی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۵). استفاده از مصالح رسانای گرما با جرم زیاد باعث جذب و آزادسازی

حرارت به‌صورت تدریجی شده و نوسان دمای داخلی بنا را کاهش می‌دهد (طاهباز و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۲-۳۳). دیوارهای ضخیم و سقف‌های سنگین چندلایه، گرما را حبس می‌کند و تهویه باید ازطریق بازشوها صورت بگیرد (محبوبی و آذر، ۱۳۹۹: ۱۴۷). استفاده از مصالحی با ظرفیت حرارتی بالا در کف‌سازی، محوطه‌سازی و جداره‌های خارجی بنا در جهت گرمایش آن مؤثر است (منشی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۲۲). یکی از این گونه مصالح، خشت است (زنگنه و برزگر، ۱۳۹۷: ۶۶). مصالح سقف و اندود سطح خارجی آن نیز در مواجهه با حرارت نور خورشید، بر دمای فضای داخلی بنا مؤثر است (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۷: ۷). سقف‌های تیرپوش، نقش عایق حرارتی دارد (ظهوری قره‌درویشلو، ۱۳۹۴: ۲۲۸). معماران مجموعهٔ نوشیجان با توجه به شرایط زیست‌محیطی منطقه در ساخت دیوارها از خشت استفاده کرده و به احتمال زیاد، سقف بناها به‌صورت مسطح تیرپوش بوده‌اند. خشت‌های استاندارد مادی به‌کار رفته در دیوارهای قطور مجموعه در روزهای سرد در مقابل بادهای موسمی نامطلوب، کمینهٔ حرارت ممکن را از خود عبور می‌دهند. با کاهش دمای فضای خارجی بنا نسبت به فضای داخلی آن، مقداری از حرارت داخل وارد بافت دیوار شده و با پیش‌رَوی در آن، هر لایه مقداری از حرارت را در خود ذخیره می‌کند؛ بنابراین، مصالح به‌کار رفته در بنا و ضخامت درنظر گرفته‌شده برای آن‌ها در اقلیم دشت ملایر برای آسایش حرارتی ساکنان مجموعه مناسب به‌نظر می‌رسد.

### ۵) بازشوها (درگاه، پنجره و حفرهٔ هواکش)

به‌منظور دریافت انرژی تابشی خورشید و جریان هوای خنک‌کننده، گشودگی‌های فضایی در بنا، یعنی بازشوها نیاز است. راستای قرارگیری بازشوها نسبت به آزیموت تابش نور خورشید و جهت، سرعت و کیفیت وزش باد در طول سال در سرمایش و گرمایش بنا نقش دارد (رازجویان، ۱۳۸۰: ۴۰). جهت، سرعت و کیفیت باد در ارتباط با تهویهٔ طبیعی بنا مؤثر است. بازشوهای مجموعهٔ نوشیجان شامل یک درگاه ورودی و خروجی برای هر بنا است. قلعه دارای پنجره نیز هست (شکل ۹). تنها تالار ستون‌دار اصلی دارای دو درگاه است. هواکش‌ها نیز دیگر دریچهٔ ارتباطی میان فضای داخلی و خارجی بناها است، ابعاد کوچک آن‌ها نسبت به تناسبات فضای داخلی بناها گویای این است که برای ورود هوای تازه به فضای داخلی بناها ایجاد شده و در سرمایش آن نیز مؤثر بوده است. تعبیهٔ بازشوها به‌سمت جنوب (جهت بهینه در منطقه) یا شرق (بیشینهٔ تابش نور خورشید در منطقه) باعث افزایش دمای فضای داخلی بناها در روزهای سرد و کاهش تنش گرمایی ساکنان در روزهای گرم می‌شده است. آزیموت تابش خورشید در روزهای سرد به‌صورت مایل بوده و مساحت بیشتری از سطح دیواره‌های خارجی بناها را دربر می‌گیرد و درنتیجه، حرارات بیشتری به درون بناها راه می‌یافته است (شکل ۷).

تهویهٔ طبیعی هوای فضای داخلی بناهای مجموعه به‌میزان ۵/۱٪ معادل ۴۴۶ ساعت به آسایش حرارتی ساکنان می‌افزاید. رعایت تمهید سرمایشی مذکور در محدودهٔ دمای خشک C۲۰° - ۲۷/۵ و رطوبت نسبی ۱۰-۹۰٪ ضرورت دارد (شکل ۵

▲ شکل ۹: تصویر پنجرهٔ دیوار غربی انبار شمارهٔ ۲۳ از نمای خارجی بنا (Stronach, 1968: 13).

Fig. 9: The image of the window of the west wall of space 23 from the exterior of the building (Stronach, 1968: 13).

و جدول ۱). چنین بازهٔ دمایی از اواسط اردیبهشت تا اواسط مهر رخ می‌دهد (شکل ۴). سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین بیشتر می‌شود (منشی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۵). جهت‌گیری بازشوهای مجموعه در مسیر حرکتی بادهای سرد و نامطلوب غربی و شمالی قرار ندارد؛ اما بادهای گرم جنوبی پس از کاهش دمای آن‌ها در بخش‌های سایه وارد بناها می‌شده است. دو دلیل می‌توانید بر ایجاد دروازهٔ ورود به مجموعه در بخش شرقی حصار مؤثر باشد؛ یکی شیب تپه در این بخش و دوم این‌که بادهای موسمی نامطلوب در ارتفاع پایین نتوانند وارد مجموعه شده و بناها را تحت‌تأثیر قرار دهند (شکل ۸). با توجه به اقلیم سرد و خشک منطقه، بازشوها نسبت به تناسبات فضایی مجموعه در ابعاد کوچکی ایجاد شده و به احتمال در روزهای سرد نیز مسدود می‌شده است.

به‌طورکلی، سرعت باد بر لبهٔ بام و سقف بنا بیش از سایر قسمت‌های خارجی آن تأثیرگذار است (یادگاری و سجادزاده، ۱۴۰۰: ۲۱). از آنجایی‌که پنجره‌های انبارهای قلعه در ارتفاع بالا قرار داشته، تهویه به‌شکل بهتری صورت می‌گرفته است؛ زیرا همواره هوای گرم نسبت به هوای سرد در ارتفاع بالاتری قرار می‌گیرد. تعبیهٔ هواکش‌ها در ارتفاع پایین برخی دیوارها نیز باعث تهویهٔ هوای فضاهای داخلی در ارتفاع پایین می‌شود.

## ۶) پیشخوان و نقش تعدیل‌کنندهٔ آن

فضاهای ورودی ازجمله ریزفضاهایی است که میان فضای باز و بسته بنا نقش تعاملی دارد (محبوبی‌آذر، ۱۳۹۹: ۱۵۲). این گروه از فضاها، میزان دمای هوای ورودی به فضای داخلی را تعدیل می‌کند (کریم‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۸۹). با توجه به‌وجود پیشخوان پس از درگاه ورودی معبد مرکزی، معبد غربی قدیمی و قلعه در مجموعهٔ نوشیجان، دسترسی به درون بنا به‌صورت غیرمستقیم و ازطریق فضای واسط امکان‌پذیر است. ایجاد چنین فضایی باعث کاهش اتلاف انرژی در روزهای سرد می‌شود و از تغییر ناگهانی میزان دمای بدن و بروز تنش گرمایی یا سرمایی آن جلوگیری می‌کنند؛ زیرا شخص مراجعه‌کننده به بناهای مذکور، از هوای خارجی گرم یا سرد وارد پیشخوان شده و از حرارت یا برودت بدن او کاسته می‌شود. به‌عبارت دیگر میزان دمای بدن او به محدودهٔ آسایش حرارتی نزدیک می‌شود؛ سپس این میزان با ورود به فضای اصلی بنا افزایش پیدا می‌کند. پیشخوان این روند تدریجی را ایجاد می‌کند تا از بروز آن به‌صورت ناگهانی جلوگیری شود.

## ۷) تأمین گرما در روزهای سرد سال

تولید گرما در فضاهای داخلی مجموعهٔ نوشیجان به‌میزان ۳۶٪ معادل ۳۱۵۳ ساعت به‌مدت زمان آسایش حرارتی ساکنان آن می‌افزاید. زمانی‌که دمای خشک به زیر ۱۰-C۹° برسد و رطوبت نسبی به هر میزان که باشد، انجام این‌کار ضرورت دارد (شکل ۵ و جدول ۱). اواسط مهر تا اواسط فروردین در برخی ساعات و اواسط آذر تا اواسط بهمن در تمامی ساعات شبانه‌روز به تولید گرما نیاز است (شکل ۴). با توجه

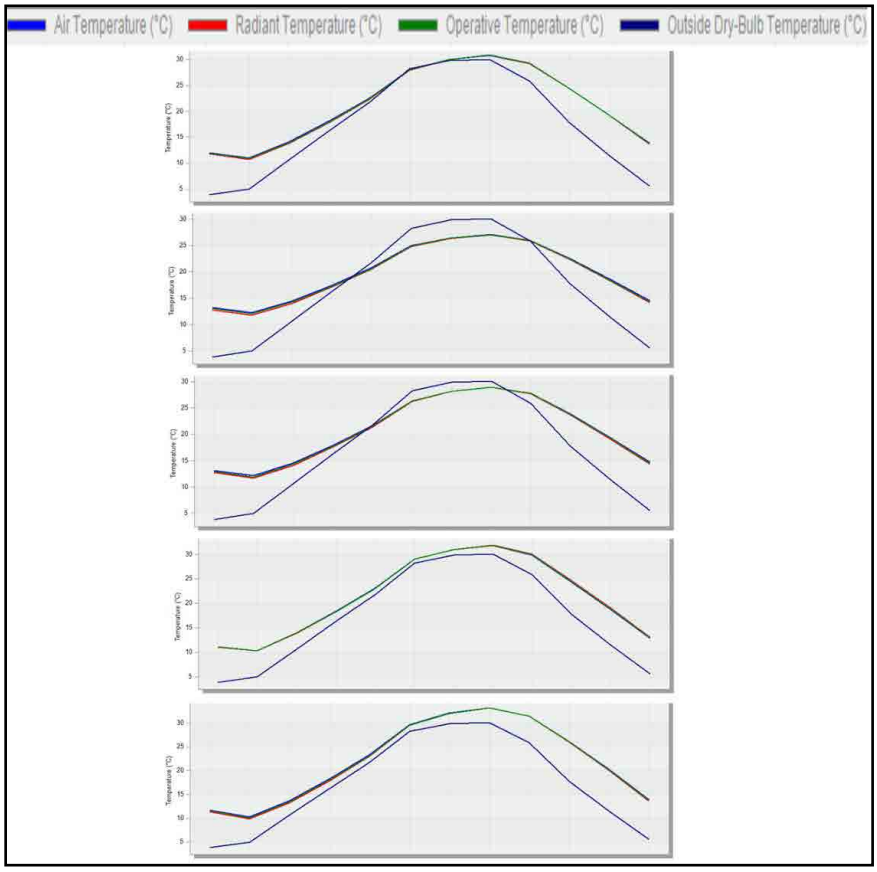
به این موضوع انتظار می‌رود شواهدی دال‌بر تولید گرما طی کاوش‌های محوطه به ثبت رسیده باشد. بقایای معماری دو اجاق در اتاق نگهبانی قلعه (فضای شمارهٔ ۲۲) کشف شده است که به احتمال برای گرم‌شدن نگهبانان یا خدمهٔ انبارها به‌کار می‌رفته است. یکی از اجاق‌ها در گوشهٔ جنوب‌غربی اتاق و دیگری در کنار دیوار شرقی و در حدود ۱متری گوشهٔ جنوب‌شرقی قرار داشته است (Stronach, 1969: 11). اما شواهد مکشوف در سایر بناهای مجموعه به‌دست نیامده‌اند و احتمال دارد که از وسایلی برای تولید حرارت استفاده می‌کرده‌اند.

براساس مدارک تاریخی و تأثیرات فرهنگی مناطق هم‌جوار بر ابعاد مختلف فرهنگی در دورهٔ ماد، شاید بتوان فرضیاتی در ارتباط با این موضوع که مردمان قلمروی ماد از چه وسایلی برای تولید گرما استفاده می‌کرده‌اند، مطرح کرد. حاکمان کاخ‌های امپراتوری آشور در کاخ‌های خود از منقل‌های حمل آتش (یا آتشدان) برای تولید گرما استفاده می‌کرده‌اند. چنین شواهدی از محوطه‌های محوطه‌های نمرود، خورس‌آباد و نینوا کشف شده‌اند (Kertai, 2019: 42). شش بخاری دیواری «A»شکل نیز از لایهٔ III تپهٔ شرقی باباجان متشکل از بناهای قلعه و تالار منقوش کشف شده است (Goff, 1977: Pl. IIb). نوع ساز و کار منقل‌های آتش کاخ‌های امپراتوری آشور و بخاری‌های دیواری قلعه و تالار منقوش باباجان مشخص است، اما از نمونه‌هایی با کاربری شمابه در دورهٔ ماد اطلاعاتی در دست نداریم که متروک‌سازی مصالحه‌آمیز مجموعهٔ نوشیجان، دلیلی‌بر عدم کشف شواهد این‌چنینی است.

میزان اثربخشی انطباق‌پذیری اقلیمی و اتخاذ تمامی تمهیدات گرمایشی و سرمایشی شرح داده شده درمورد مجموعهٔ نوشیجان در حالت شبیه‌سازی‌شدهٔ آن و با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر برمبنای داده‌های اقلیمی سال ۲۰۰۲م. سنجیده و نمایش داده شده است (شکل ۱۰). بر این‌اساس، میزان دمای فضای داخلی در هر بنا و به‌صورت کلی در مجموعه در ماه‌های مختلف سال به کمتر از C۹° نرسیده و ساکنان در حالت آسایش قرار می‌گرفته‌اند. بروز دمای بیش از آسایش نیز به‌دلیل پردازش اطلاعات در نرم‌افزار مذکور در حالت بسته‌بودن بازشوها و تولید گرما در آن است.

## نتیجه‌گیری

براساس تحلیل شرایط اقلیمی دشت ملایر و آسایش حرارتی ساکنان آن، رعایت تمهیدات گرمایشی در مقایسه با تمهیدات سرمایشی در معماری یک بنا در منطقهٔ مذکور جهت انطباق‌پذیری اقلیمی و تأمین آسایش حرارتی ساکنان ضرورت بیشتری داشته است. تمهیدات گرمایشی طبیعی شامل استفاده از حرارت حاصل از تابش نور خورشید و کاهش تأثیرگذاری بادهای نامطلوب است که تنش سرمایی ساکنان را در تمامی ساعات در محدودهٔ زمانی اواسط اردیبهشت تا اواسط شهریور و برخی ساعات روزهای دیگر سال رفع می‌کند. تمهیدات سرمایشی نیز شامل سایه‌اندازی روی بازشوها و تهویهٔ طبیعی هوا است که آسایش حرارتی ساکنان را از اواسط خرداد تا اواسط شهریور تأمین می‌کند و در سایر روزهای سال به سرمایش نیازی نبوده




**◀ شکل ۱۰: نمودارهای تحلیل آسایش حرارتی فضای داخلی بناهای مجموعهٔ نوشیجان در حالت بسته‌بودن بازشوها و تولید گرما در آن (به‌ترتیب از بالا به پایین)؛ کل مجموعه، معبد مرکزی، معبد غربی قدیمی، قلعه و تالار ستون‌دار اصلی (نگارندگان، ۱۴۰۰).**

**Fig. 10: Diagrams of the analysis of the thermal comfort of the interior of the buildings of the Nush-i Jan complex in the state of closing the openings and heat production in it (in order from top to bottom); The whole complex, the central temple, the old western temple, The fort and the Columned hall (Authors, 2021).**

است. با توجه به موارد مذکور و معماری بومی دشت ملایر، مؤلفه‌های کالبدی معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان به‌منظور اجرای این تمهیدات شامل جهت‌گیری مجموعه نسبت به آزیموت تابش نور خورشید و بادهای نامطلوب موسمی به‌سمت جنوب با کشیدگی شرقی-غربی است که در معرض بیشینهٔ میزان انرژی تابشی خورشید و کمینهٔ تأثیرگذاری بادهای نامطلوب قرار دارد. با توجه به ساخت تدریجی مجموعه، تراکم و ارتفاع زیاد بناها باعث ایجاد معابر و دو حیاط شرقی و جنوبی با عرض کم شده است که باعث کاهش مساحت میدان حرکتی بادهای نامطلوب، سایه‌اندازی روی بازشوها در روزهای گرم، ایجاد شکست زیاد در معابر و وسعت کم حیاط‌ها می‌شده است. استفاده از خشت در ساخت دیوارها و ایجاد پوشش مسطح تیرپوش با ضخامت زیاد که از ظرفیت و تأخیر حرارتی بالایی برخوردار است، باعث جلوگیری از اتلاف هرچه بیشتر گرما در روزهای سرد و کاهش ورود گرمای فضای خارجی در روزهای گرم به فضای داخلی بناها می‌شده است. تعبیه یک درگاه ورودی برای هر بنا به‌سمت جنوب (جهت بهینه در منطقه) یا شرق (بیشینهٔ تابش نور خورشید در منطقه) باعث افزایش دمای فضای داخلی بناها در روزهای سرد و تهویه طبیعی هوای آن در روزهای گرم می‌شده است. به احتمال فراوان، درگاه‌ها در روزهای سرد بسته و پنجره‌ها و هواکش‌ها نیز مسدود می‌شده است. ساخت پیشخوان در ورودی اغلب بناها نیز در تعدیل هوای داخل نقش داشته است. به‌کارگیری این

راهکارها در اغلب ساعات از اواسط مهر تا اواسط اردیبهشت که درمجموع ۳۱۵۳ ساعت محاسبه شده است، جهت تأمین آسایش حرارتی ساکنان مجموعه کافی نیست و به تولید گرما نیاز است. بقایای دو اجاق در پیشخوان بنای قلعه کشف شده است؛ اما نمونه‌های دیگر از آن یا بخاری‌های دیواری مشابه نمونه‌های طبقهٔ III باباجان‌تپهٔ لرستان شناسایی نشده است؛ به‌همین دلیل، احتمال می‌رود ساکنان از منقل‌های فلزی قابل حمل مشابه انواع آشوری استفاده و گرمای لازم را فراهم می‌کرده‌اند. درنهایت، پژوهش حاضر نشان می‌دهد معماران مجموعهٔ نوشیجان همان‌گونه که به تکنیک‌های مختلف معماری تسلط کامل داشته‌اند، از دانش کافی در ارتباط با جنبه‌های مختلف انطباق‌پذیری اقلیمی و اتخاذ تمهیدات گرمایشی و سرمایشی به‌منظور تأمین آسایش حرارتی ساکنان در ماه‌های مختلف سال نیز برخوردار بوده‌اند.

## سپاسگزاری
از آقای صاحب محمدیان‌منصور، استادیار گروه معماری دانشگاه بوعلی‌سینا همدان بابت در اختیار قرار دادن شکل سه‌بُعدی بقایای معماری مادی مجموعهٔ نوشیجان سپاسگزاریم.

## درصد مشارکت نویسندگان
این مقاله مستخرج از پایان‌نامه‌ای در مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته در رشتهٔ تحصیلی باستان‌شناسی در دانشگاه بوعلی‌سینا همدان است که دانشجو، حامد حاجیلوئی، استاد راهنما کاظم ملازاده و استاد مشاور مرتضی ملکی براساس سمت‌های مذکور در تدوین آن نقش داشته و به‌عنوان نویسندگان مقالهٔ حاضر هستند.

## تضاد منافع
نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

## پی‌نوشت
1. AutoCAD
2. Design Builder
3. Climate Consultant
4. EnergyPlus
5. Ecotect
6. Givoni
7. Nakilabad
8. Shush Ab
9. Jjjan Rud
10. Eskanan
11. Azimuth

زاویهٔ افقی بین دو راستا موافق با جهت حرکت عقربه‌های ساعت در دستگاه مختصات کروی است که به‌منظور تعیین سمت و راستا مورداستفاده قرار می‌گیرد.

## کتابنامه

- استروناخ، دیوید؛ و روف، مایکل، (۱۳۹۰). نوشیجان ۱: بناهای بزرگ دوره ماد. ترجمهٔ کاظم ملازاده، همدان: دانشگاه بوعلی‌سینا.
- برزگر، زهرا؛ و حیدری، شاهین، (۱۳۹۶). «بررسی نقش عمق و سایه ورودی خانه‌های سنتی در تأمین آسایش حرارتی بیرونی- نمونه موردی: بافت قدیم شهر شیراز». معماری اقلیم گرم و خشک، ۵(۵): ۲۱-۳۲. DOI: smb.5.5.21/10.29252
- تابان، محسن؛ پورجعفر، محمدرضا؛ بمانیان، محمدرضا؛ و حیدری، شاهین، (۱۳۹۱). «تأثیر اقلیم بر شکل تزیینات معماری با تکیه‌بر تحلیل میزان سایه‌اندازی، خوون‌چینی‌های آجری بافت تاریخی دزفول». نقش جهان، ۲(۳): ۱-۱۱. http:// bsnt.modares.ac.ir/article-2-404-fa.html
- ثروتی، زهرا؛ و لطیفی، غلامرضا، (۱۴۰۰). «ارزیابی تأثیر معیارهای اقلیمی طراحی مدل جغرافیایی میدان شهری براساس کیفیت و جهت‌یابی باد غالب به‌منظور دستیابی به آسایش حرارتی: مطالعه موردی میدان نبوت شرق تهران». اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۳۰(۱۱۷): ۲۵۱-۲۶۵. DOR: 20.1001.1.25883860.1400.30.11 7.15.2
- جعفریان، سپیده؛ سرکرده‌ئی، الهام؛ منصفی پراپری، دانیال؛ و مجاهدی، محمدرضا، (۱۳۹۹). «ایجاد سایه در فضای باز با هدف افزایش آسایش حرارتی». معماری‌شناسی، ۳(۱۸): ۱-۸. https://ensani.ir/file/download/ article/1615375297-10149-17-5.pdf
- حجازی‌زاده، زهرا؛ و کربلائی‌درئی، علیرضا، (۱۳۹۴). «آسایش حرارتی در ایران». جغرافیا، ۱۳(۴۶): ۲۱-۲۹. https://www.sid.ir/paper/506755/fa
- رازجویان، محمود، (۱۳۷۴). «شرایط کوران هوا». صفه، ۵(۱ و ۲): ۳۲-۴۳. DOR: 20.1001.1.1683870.1374.5.2.8.6
- زارع‌مهذبیه، آیدا؛ حیدری، شاهین؛ و شاهچراغی، آزاده، (۱۳۹۸). «بررسی کیفیت محیطی داخلی خانه‌های قاجاری شیراز با تأکید بر آسایش حرارتی و نور روز (نمونه موردی: خانه نعمتی)». معماری اقلیم گرم و خشک، ۷(۱۰): ۲۶۹-۲۹۰. https://jias.kashanu.ac.ir/?_ action=xml&article=111760&lang=en
- زنگنه، نجمه؛ و برزگر، زهرا، (۱۳۹۷). «مقایسهٔ میزان آسایش حرارتی درونی و بیرونی زمستان‌نشین و حیاط مرکزی در خانه سنتی به روش PMV و PPD (مطالعهٔ موردی: خانهٔ تولایی شیراز)». مطالعات محیطی هفت حصار، ۶(۲۴): ۵۵-۶۸. http://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-570-fa.html
- سال‌نامهٔ آماری استان همدان، (۱۳۹۹). تهران: مرکز آمار ایران.
- طاهباز، منصوره؛ جلیلیان، شهربانو؛ و موسوی، فاطمه، (۱۳۹۳). «نقش جرم حرارتی خاک در کنترل شرایط محیطی ساختمان؛ برداشت میدانی در تعدادی از بناهای تاریخی شهر کاشان». صفه، ۲۴(۳): ۳۱-۵۵. DOR: 20.1001.1.1683870.1393.24.3.3.6

- طلایی، حسن، (۱۳۸۵). عصر مفرغ ایران. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها(سمت)، پژوهشکدهٔ تحقیق و توسعهٔ علوم انسانی.

- ظهوری‌قره‌درویشلو، راحله، (۱۳۹۴). «معماری همساز با اقلیم کوهستانی خیلی سرد، مطالعه موردی: خانه‌های تاریخی اردبیل». جغرافیا، ۱۳(۴۷): ۲۱۱-۲۲۹. https://www.sid.ir/paper/514108/fa

- عیالی، حامد؛ و موحد، خسرو، (۱۳۹۵). «تعیین جهت بهینه‌ی حیاط مرکزی خانه‌های دوره‌ی قاجار شیراز براساس میزان دریافت تابش انرژی خورشیدی». جغرافیا و توسعه، ۱۴(۴۲): ۱۶۱-۱۸۲. DOI: gdij.2016.2349/10.22111

- قانقرمه، عبدالعظیم؛ و روشن، غلامرضا، (۱۳۹۷). «بازنگری در تعیین دمای پایهٔ آسایش حرارتی مناطق اقلیمی متفاوت ایران به‌منظور محاسبهٔ شاخص درجه-روز موردنیاز سرمایشی و گرمایشی». اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، ۲۷(۱۰۵): ۱۲۷-۱۴۳. DOR: 20.1001.1.25883860.1397.27.105.10.2

- قیابکلو، زهرا، (۱۳۸۰). «روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی». هنرهای زیبا، ۱۰: ۶۸-۷۴. https://jhz.ut.ac.ir/article_13629_2ed8138d2ef2b85fd1d03b7014b5b989.pdf

- کرمی‌راد، سینا؛ بنازاده، بهاره؛ زارعی، هانی؛ و قزلباش، ابراهیم، (۱۳۹۸). «ارزیابی و تحلیل آسایش حرارتی در حیاط خانه‌های تاریخی شهر شیراز در دوره قاجاریه». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۹(۲۰): ۱۸۳-۲۰۲. DOI:/10.22084 nbsh.2019.17023.1792

- کرمی‌کردعلیوند، فیروزه؛ و نارنگی‌فرد، مهدی، (۱۳۹۶). «بهینه‌سازی جهت‌گیری ساختمان‌ها در برابر تابش(مطالعه موردی: شهر شیراز)». اندیشهٔ جغرافیایی، ۹(۱۶): https://geonot.znu.ac.ir/?_action=xml&article=25845.96-122

- کریم‌زاده، جمشید؛ مهدی‌نژاددرزی، جمال‌الدین؛ و کریمی، باقر، (۱۴۰۰). «سنجش عملکرد عناصر اقلیمی خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز با رویکرد آسایش حرارتی؛ مورد پژوهی: ایوان». معماری ایرانی، ۱۰(۲۰): ۸۹-۱۱۵. /10.22052 DOI: jias.2022.111875

- محبوبی، قربان؛ و آذر، علی، (۱۳۹۹). «بازشناخت نقش محیط و معیشت بر تکوین گونه مسکن روستایی، مطالعه موردی: شمال شهرستان مراغه». اندیشهٔ معماری، ۴(۷): ۱۳۸-۱۵۴. DOR: 20.1001.1.25383019.1399.4.7.10.0

- ملازاده، کاظم، (۱۳۹۳). باستان‌شناسی ماد. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، پژوهشکدهٔ تحقیق و توسعهٔ علوم انسانی.

- ملازاده، کاظم؛ و محمدیان‌منصور، صاحب، (۱۳۹۰). «مطالعه و معرفی شیوه بدیع طاق‌زنی دورهٔ ماد در تپه نوشیجان ملایر». مطالعات باستان‌شناسی، ۳(۲): ۱۲۹-۱۴۸. https://jarcs.ut.ac.ir/?_action=xml&article=28859

- ملک‌شهمیرزادی، صادق، (۱۳۹۱). ایران در پیش‌ازتاریخ: باستان‌شناسی ایران از آغاز تا سپیده‌دم شهرنشینی. تهران: سبحان نور.

- منشی‌زاده، رحمت‌اله؛ حسینی، سیدابراهیم؛ اجاق، عقیل؛ و شعبانی، سیده حمیده، (۱۳۹۲). «آسایش حرارتی و تأثیر ارتفاع ساختمان‌ها بر خرد اقلیم فضاهای شهری نمونه موردی خیابان شهرداری تهران (حدفاصل میدان تجریش تا میدان قدس)». آمایش محیط، ۶(۲۰): ۱۰۹-۱۲۶. https://sid.ir/paper/130646/fa

- مؤذن، سجاد؛ و صبرنجی، شینا، (۱۴۰۰). «شناخت و تحلیل کالبدی معماری بومی روستای لیوس». معماری و شهرسازی ایران، ۱۲(۲): ۱۵۳-۱۶۹. doi. org/10.30475/isau.2021.221675.1362

- نژادابراهیمی، احد؛ و تأملی، محمود، (۱۳۹۷). «جهت‌گیری در معماری و نقش آن در شکل‌گیری خانه‌های تاریخی تبریز». معماری‌شناسی، ۱(۵): ۱-۱۲. https:// memarishenasi.ir/files/cd_papers/r_126_190121122233.pdf

- یادگاری، پگاه؛ و سجادزاده، حسن، (۱۴۰۰). «نقش الگوی فضایی و پوشش گیاهی فضاهای باز محلی بر میزان آسایش حرارتی در اقلیم سرد». مطالعات شهری، ۱۰(۴۰): ۱۵-۲۶. DOI: j011.2021.937/10.34785

- Ayali, H. & Movahhed, Kh., (2015). "Determine the Optimal Direction of Central Yard of Houses at Qajar Period in Shiraz Based on the Rate of Solar Energy Radiation". *Geography and Development,* 14(42): 161-182. DOI: 10.22111/gdij.2016.2349 (In Persian)

- Barzegar, Z. & Heydari, S., (2016). "A Study of the Functions of Traditional House Entrances' Depth and Shadow on Outdoor Thermal Comfort in the Historical Context of Shiraz". *Architecture in Hot and Dry Climate,* 5(5): 21-32. DOI: 10.29252/smb.5.5.21 (In Persian)

- Ghanghormeh, A. & Roshan, G., (2017). "The review of determining the thermal comfort base temperature in different climatic regions in order to calculate the required Degree-Day index for cooling and heating". *Geographical Data (Sepehr)*, 27(105): 127-143. DOR: 20.1001.1.25883860.1397.27.105.10.2 (In Persian).

- Ghiyabeklo, Z., (2008). "Thermal comfort range estimation methods". *Honar-ha-ye Ziba,* 10: 68-74. https://jhz.ut.ac.ir/article_13629_2ed8138d2ef2b85fd1d03b7014b5b989.pdf (In Persian)

- Goff, C., (1970). "Excavations at Bābā Jān, 1968: Third Preliminary Report". *Iran,* 8: 141-156. https://doi.org/10.2307/4299639

- Goff, C., (1977). "Excavations at Baba Jan: The Architecture of the East Mound, Levels II and III". *Iran,* 15: 103-140. Doi: 10.2307/4300567

- Hajarizadeh, Z. & Karbalai Derei, A., (2014). "Thermal comfort in Iran". *Geography,* 13(46): 21-29. https://www.sid.ir/paper/506755/fa (In Persian)

- Jafarian, S.; Sarkardei, E.; Monsefi Prapari, D. & Mojahedi, M., (2019). "Creating shade in the open space with the aim of increasing thermal comfort". *Architecture,* 3(18): 1-8. https://ensani.ir/file/download/article/1615375297-10149-17-5.pdf (In Persian)

- Karimzadeh, J.; Mahdinezhad Darzi, J. & Karimi, B., (2021). "Climatic Performance of Traditional Houses in the Old Texture of Shiraz using the Thermal Comfort Approach Case Study: the Iwan (Veranda)". *Iranian Architecture Studies,* 10(20): 89-115. 10.22052/jias.2022.111875 (In Persian)

- Karmikurd Alivand, F. & Narengifard, M., (2016). "Optimize the orientation of buildings against radiation(Case Study: Shiraz)". *Geographical Notion,* 9(16): 96-122. https://geonot.znu.ac.ir/?_action=xml&article=25845 (In Persian)

- Karamirad, S.; Banazadeh, B.; Zarei, H. & Qezelbash, I., (2018). "Assessment and Analysis of Thermal Comfort Courtyards of Shiraz Historical Houses in Qajar Era". Pazhohesh-ha-ye Bastanshenasi Iran, 9(20): 183-202. DOI: 10.22084/nbsh.2019.17023.1792 (In Persian)

- Kertai, D., (2015). *The Architecture of Late Assyrian Royal Palaces*. Oxford University Press; Illustrated edition.

- Kertai, D., (2019). "The Thronerooms of Assyria". Bietak, M. and Matthiae, P. and Prell, S. Eds. *Ancient Egyptian and Ancient Near Eastern Palaces Volume II.* Proceedings of a Workshop Held at the 10th ICAANE in Vienna, 25–26 April 2016 (Contributions to the Archaeology of Egypt, Nubia and the Levant 8). Wiesbaden: 41- 56. https://www.academia.edu/39238191/The_Thronerooms_of_Assyria

- Mahboubi, G. & Azar, A., (2019). "Recognizing the Role of Environment and Subsistence on the Genesis of Rural Housing Types(Case Study: North of Maragheh)". *Architectural Thought,* 4(7)" 138-154. DOR: 20.1001.1.25383019.1399.4.7.10.0 (In Persian)

- Malek Shahmirzadi, S., (2011). *Iran in prehistory: Iranian archeology from the beginning to the dawn of urbanization.* Tehran: Subhan-e Noor. (In Persian)

- Matthews, R. & Fazeli Nashli, H., (2022). *The Archaeology of Iran from the Palaeolithic to the Achaemenid Empire*(1st ed.). London & New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003224129

- Moazzen, S. & Sadberanji, S., (2021). "Physical Analysis and Cognition of Vernacular Architecture in Leives Village". *Iranian Architecture and*

*Urbanism,* 12(2): 153-169. doi.org/10.30475/isau.2021.221675.1362 (In Persian)

- Mollazadeh, K., (2014). *Archaeology of Media. Tehran: The* Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Islamic Sciences and the Humanities (SAMT).(In Persian)

- Mollazadeh, K. & Mohammadian Mansour, S., (2018). "Study and Introduction of Novel Arch- Construction Method During Median". *Archaeological Studies,* 3(2): 129-148. https://jarcs.ut.ac.ir/?_action=xml&article=28859 (In Persian)

- Monshizadeh, R.; Hosseini, E.; Ojaq, E. & Shabani, H., (2012). "Thermal comfort and the effect of the height of buildings on the sub climates of urban spaces, a case study of Shahradari Street in Tehran (between Tajrish Square and Quds Square)". *Environmental Studies,* 12(2): 110 123. https://sid.ir/paper/130646/fa (In Persian)

- Nezhad Ebrahimi, A. & Ta'ammoli, M., (2017). "Orientation in architecture and its role in the formation of historical houses in Tabriz". *Architecture*, 1(5): 1-12. https://memarishenasi.ir/files/cd_papers/r_126_190121122233 (In Persian)

- Razjouyan, M., (1374). "Blind air conditions". *Soffeh,* 5(1 and 2): 32-43, DOR: 20.1001.1.1683870.1374.5.2.8.6 (In Persian)

- Servati, Z. & Latifi, G., (2021). "Evaluating the impacts of climatic factors, especially quality and direction of the prevailing wind on thermal comfort using geographical models of a town square Case study: Nabovat Square in East of Tehran". *Geographical Data(Sephr),* 30(117): 251-265. DOR: 20.1001.1.25883860.1400.30.117.15.2 (In Persian)

- Stronach, D., (1968). "Tepe Nush-i Jan: A Mound in Media". *The Metropolitan Museum of Art Bulletin,* 27(3): 177-186. https://doi.org/10.2307/4299646

- Stronach, D., (1969). "Excavations at Tepe Nūsh-i Jān, 1967". *Iran*, 7, 1-20. https://doi.org/10.2307/4299610

- Stronach, D. & Roaf, M., (2007). *Nush-i Jan I: The Major Buildings of the Median Settlement(British Institute of Persian Studies).* London: Peeters Publishers; Illustrated edition.

- Stronach, D. & Roof, M., (2019). *Nush-i Jan 1: Great buildings of the Median period.* Translated by Kazem Mollazadeh, Hamadan: Bu-Ali Sina University (In Persian).

- Stronach, D.; Roaf, M.; Stronach, R. & Bökönyi, S., (1978). "Excavations at Tepe Nush-i Jan". *Iran,* 16: 1-28. https://doi.org/10.2307/4299646

- Taban, M.; Pourjafar, M.; Bamanian, M. & Heydari, Sh., (2011). "The effect of climate on the shape of architectural decorations based on the analysis of the amount of shading, the brick patterns of the historical texture of Dezful". *Naqsh-i Jahan,* 2(3): 1-11. http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-404-fa.html (In Persian)

- Tahbaz, M.; Jalilian, S. & Mousavi, F., (2013). "Subterranean Thermal Mass in Environmental Control A Field Study in Historic Houses, Kashan''. *Soffeh,* 24(3): 31 55. DOR: 20.1001.1.1683870.1393.24.3.3.6 (In Persian)

- Talai, H., (1385). *Iran's Bronze Age.* Tehran: Organization for Studying and Compiling Humanities Books of Universities (Samt), Humanities Research and Development Institute.

- Turner, G., (1970). "The State Apartments of Late Assyrian Palaces''. *Iraq,* 32(2): 177-213. https://doi.org/10.2307/4199901

- Yadegari, P. & Sajjadzadeh, H., (2021). "The impact of spatial pattern and local urban space vegetation on the thermal comfort in cold climate". *Motale'at-e Shahri,* 10(40): 15-26. DOI: 10.34785/J011.2021.937 (In Persian)

- Zanganeh, N. & Barzegar, Z., (2017). "Comparison of the internal and external thermal comfort of the winter residence and the central courtyard in a traditional house using PMV and PPD methods (Case study: Tolai House, Shiraz)". *Haft Hesar Environmental Studies,* 6(24): 55-68. http://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-570-fa.html

- Zare Mahazabieh, A.; Heydari, S. & Shahcheraghi, A., (2020). "Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House)". *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate,* 7(10): 269-291. https://jias.kashanu.ac.ir/?_action=xml&article=111760&lang=en

- Zohouri Qaradarvishlou, R., (2014). "Architecture compatible with very cold mountain climate, case study: Ardabil historical houses". *Geography,* 13(47): 211-229. https://www.sid.ir/paper/514108/fa (In Persian)